

INIAP

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS**

ESTACIÓN EXPERIMENTAL PORTOVIEJO

PROGRAMA DE CACO Y CAFÉ

INFORME TÉCNICO ANUAL

2018

INFORME ANUAL 2018

1. Programa:

Cacao y Café Estación Experimental Portoviejo

2. Director de la Estación Experimental:

Ing. Eddie Ely Zambrano Zambrano

3. Coordinador Nacional I+D+i:

Dr. Rey Gastón Loor

4. Responsable Programa en la Estación Experimental Portoviejo.

Ing. Geover Peña Monserrate

5. Equipo técnico multidisciplinario I+D (Personal del programa y departamento):

Ing Johan Párraga

Dr. Ernesto Cañarte

Ing. Benny Avellán

Ing. Cristian Subía

Ing. Darío Calderón

Ing. Grisnel Quijano

Ing. Bernardo Navarrete

Ing. Ing. Fabián Fernández

Ing. Luis Plaza

Ing. Hilton Guerrero

Ing. James Quiroz

Ing Alma Mendoza

6. Proyecto:

✓ Gasto Corriente Estación Experimental Portoviejo

6.1.- Seleccionar y recolectar accesiones de cacao tipo nacional en fincas de productores en la Provincia de Manabí y Los Ríos con fines de conservación, selección y desarrollo.

6.2.- Comportamiento de clones de cacao (*Theobroma cacao* L) bajo tres frecuencias de riego en sistema agroforestal en el valle del río Portoviejo (EEP).

6.3.- Evaluación multilocal del comportamiento agronómico, productivo, sanitario y organoléptico de variedades y clones de café arábigo y robusta en la zona centro y sur de Manabí.

7. Socios estratégicos para investigación:

7.3 Ministerio de Agricultura y ganadería-MAG

7.5 Maquita Cushunchic. Organización que promueve emprendimiento productivo.

7.6 Conservación y Desarrollo. Organización con finalidad social y ambiental.

7.7 Universidad Técnica de Manabí-UTM

7.8 Universidad Estatal del Sur de Manabí-UNESUM

8. Publicaciones:

McElroy, M. S., Navarro, A. J., Mustiga, G., Stack, C., Gezan, S., **Peña, G.**, & Migicovsky, Z. (2018). Prediction of Cacao (*Theobroma cacao*) Resistance to *Moniliophthora* spp. Diseases via Genome-Wide Association Analysis and Genomic Selection. *Frontiers in plant science*, 9, 343.

Monteros, A., Tacán, M., **Peña Monserrate, G. R.**, Tapia, B., Paredes, N., & Lima, L. (2018). Guía para el manejo y conservación de recursos fitogenéticos en Ecuador: Protocolos.

Álvarez, H. Limongi, R. **Peña, G.** Navarrete, B. Zambrano, E. Viera, W. Agromorphological Characterización *In Situ* of *Tamarindus indica* L. in the dry forest of Ecuador. *Journal of Tropical Agricultural Science* (reenviado con observaciones). Octubre del 2018.

9. Participación en eventos de difusión científica, técnica o de difusión:

9.1 Participación en eventos de capacitación técnica recibida:

Peña Monserrate Geover, Párraga Johan (2018). Capacitación en Nuevas Alternativas para Fitomejoramiento. INIAP-IICA- USDA. 4 de septiembre 2018.

Peña Monserrate Geover, (2018) Taller Regional Latinoamericano y del Caribe (LAC) MusaNet sobre Caracterización y Documentación de Musáceas. del 12 al 17 Noviembre del 2018 en las instalaciones de CORBANA, Guápiles, Costa Rica.

9.2 Participación en eventos de capacitación técnica difundida:

Peña, G., Pesantez, A., Calderón, D., Suarez, L., (2018) Diversidad genética de clones de cacao tipo Criollo de la zona norte de la costa de Ecuador. Ponencia a 22 asistentes a la “Segunda Convención Científica Internacional de la UTM”. Portoviejo-Manabí, 17-19 de Octubre de 2018.

Párraga, J. Limongi, R. Peña, G. Jaimez, R. (2018). Comportamiento de clones de cacao (*Theobroma cacao* L) bajo tres frecuencias de riego en sistema agroforestal en el valle del río Portoviejo. Ponencia a 20 asistentes a la Segunda Convención Científica Internacional de la UTM. Portoviejo-Manabí, 17-19 de Octubre de 2018.

Peña Monserrate Geover, (2018). Capacitación teórico práctico a 24 estudiantes del Instituto Técnico Superior Paulo Emilio Macías de la ciudad de Portoviejo. EE-Portoviejo-INIAP, Km 12 vía Santa Ana, Portoviejo -Manabí

10. Propuestas presentadas

Propuesta 1

Título: Conservación de especies endémicas en peligro de extinción en la provincia de Manabí. Aprobado por la Unidad de Investigación de la Universidad Técnica de Manabí

Tipo propuesta: Programa

Fondos o Convocatoria: Universidad Técnica de Manabí

Fecha presentación: marzo de 2018

Responsable: Pico José, Pinargote Miryam, Limongi, Ricardo. Peña, Geover.

Equipo multidisciplinario: Pico José, Pinargote Miryam, Limongi, Ricardo. Peña, Geover, Salas Carlos.

Propuesta 2

Título: Estudio de la diversidad genética de *Swietenia macrophylla* King (El Oro Rojo) a través de la caracterización morfológica y establecimiento de bancos genéticos

Tipo propuesta: Proyecto

Fondos o Convocatoria:

Fecha presentación: marzo de 2018

Responsable: Pinargote Miryam; Limongi Ricardo.

Equipo multidisciplinario: Pinargote Miryam; Limongi Ricardo; Pico José; Peña Geover.

Presupuesto: 12 000

Duración proyecto: 18 meses

Estado: Aprobado

Fecha probable inicio ejecución: octubre de 2018

11. Hitos/Actividades por proyecto establecidas en el POA:

11.1. Actividad 1: Seleccionar y recolectar accesiones de cacao tipo nacional en fincas de productores en la Provincia de Manabí con fines de conservación, selección y desarrollo.

Indicador POA: Accesiones de cacao nacional recolectado en la provincia de Manabí, como base para un banco de germoplasma y futuro mejoramiento genético en la (EEP).

Responsable: Geover Peña Monserrate (EEP); Johan Reinaldo Párraga Vélez (EEP); James Quiroz Vera (EELS).

Colaboradores: MAG; CONSORCIO “LA MINGA DEL CACAO”

Antecedentes

El cacao (*Theobroma cacao* L.), comprende un gran conjunto de poblaciones que ocupan un nicho ecológico específico y se localiza predominantemente en bosques húmedos. Es nativo del nuevo mundo y desde México hasta Perú se encuentran especies silvestres, con un aparente centro de origen en la cuenca alta del Amazonas (Quiroz, 2002). Esta diversidad juega un rol importante en los procesos de conservación de los recursos genéticos, tanto nativos como mejorados, así como en su utilización con fines de multiplicación, fuente de genes para programas de mejora genética y en la comprensión de estudios taxonómicos, elaboración de mapas genéticos y la secuenciación de genes (Motamayor, 2002).

Por la importancia del cacao y por potenciar las actividades de intervención de La Minga del Cacao, el INIAP considera de alta importancia el rescate de materiales de cacao nacional puro, para la conformación de bancos de germoplasma que permitan garantizar su conservación, investigación y posterior desarrollo. La Estación Experimental Portoviejo, se encuentra trabajando en la recolección de estos genotipos, con el objetivo de rescatar este germoplasma e iniciar a futuro con un programa de mejoramiento genético que permita la generación de clones adaptados a las condiciones de la zona central de Manabí, avance que podría incrementar la productividad de la zona, considerando que nos encontramos en las condiciones secas de Manabí lugar donde existen una menor incidencia de las enfermedades propias de otras zonas (INIAP 2004).

Objetivos

General.

Establecer, conservar y caracterizar genotipos de cacao nacional, adaptados a la región en un banco de germoplasma, para su inmediata y futura utilización en programas de mejoramiento.

Específico

1. Identificar y recolectar genotipos de cacao tipo nacional productivos a nivel de las diversas zonas productoras del Ecuador.
2. Evaluar el comportamiento agronómico, sanitario, productivo y organoléptico de los materiales recolectados
3. Establecer un banco de germoplasma para a futuro poder iniciar con un plan de mejoramiento genético en la EEP.

Metodología

Para la selección de las accesiones de cacao nacional, se realizó en el 2016 una caracterización morfológica previa in situ, dirigida por el INIAP, MAG (Minga del Cacao), Organización Maquita Cushunchic y la organización Conservación y Desarrollo.

Hasta el momento se ha intervenido en fincas de productores ubicadas en Manabí y los Ríos, colectando alrededor de 150 accesiones de cacao, de las cuales se establecieron en la Teodomira 51 accesiones, donde en el primer semestre se registraron dos variables agronómicas (Altura de planta y diámetro de tallo), utilizando la metodología descrita en el protocolo de evaluación y registro de datos agronómicos y productivos, desarrollado por el personal Técnico del Programa Nacional de Cacao y Café (Loor et al., 2016).

Una vez establecida la colección en la Estación Experimental Portoviejo, se pretende realizar la caracterización morfológica de la accesiones colectadas, para ello se utilizará una lista de descriptores para cacao publicadas en 1981 por el Consejo Internacional de Recursos Filogenéticos IBGRI (ahora Bioversity International) y los descriptores cualitativos y cuantitativos publicados por Engels et al. (1980):

Caracteres agronómicos.- Altura de planta (cm); diámetro del tallo (cm) incremento de altura de planta entre las evaluaciones (cm); incremento del diámetro del tallo entre las evaluaciones.

Caracteres de los frutos.- Largo del fruto (LF), Ancho del fruto (AF), Relación largo ancho del fruto (/LF), Peso del fruto (PF), Peso de cáscara (PC), Forma del ápice (FA), Constricción basal (CB), Rugosidad de la cáscara (RC), Espesor de cáscara en el lomo (EL), Espesor de cascara entre lomo (ECEL), Espesor del surco (ES), Color del Fruto (CF), Número de semillas por fruto (NSF), Forma del fruto (FF).

Caracteres de las semillas.- Peso de semilla húmeda con pulpa y testa (PSHPT), Peso de la semilla húmeda sin pulpa y testa (PSHSPT), Peso de la semilla seca (PSSST), Largo de semilla (LS), Ancho de semilla (AS), Espesor de la semilla (ES), Color de la semilla (CS).

Caracteres de las hojas.- Largo del limbo (L), Ancho del limbo (Al), Relación largo/ancho (L/A), Largo desde la base hasta el punto más ancho del limbo (LBAL), Forma de la hoja, Largo del peciolo: Angulo apical (AA), Angulo basal (AB),

Caracteres de las flores.- Ancho del pétalo (AP), Largo del estambre (LE), Largo del ovario (LO), Ancho del ovario (AO).

Resultados

Considerando la variable incremento de altura de planta, entre las accesiones no hubo diferencias estadísticas, pero en la figura 1 se muestra que para esta variable existe diferencias numéricas, incrementos que van desde 6,40 cm (A-013) hasta 63 cm (A-258).

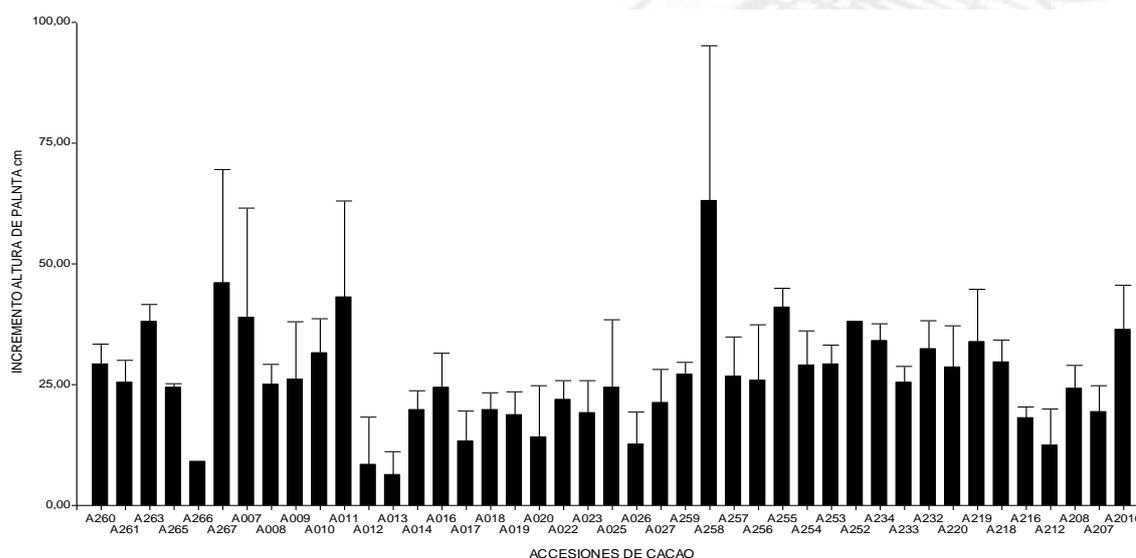


Figura 1. Valores promedios de la variable incremento de altura de planta (cm), en accesiones de cacao tipo nacional.

En cuanto a la variable incremento del diámetro del tallo (cm), el análisis de varianza determinó que existe diferencias significativas al 5% de probabilidad entre

tratamientos, en la Figura 2 se puede observar tres grupos de accesiones, tenemos así aquellas que tienen el menor incremento de diámetro rango que va entre los 0,80 cm a 1,05; el segundo presentó rango de incremento que va desde los 1,20 hasta 2,78 cm. Finalmente la accesión A-257 fue el genotipo que presentó el mayor incremento en su diámetro con 3,27 cm.

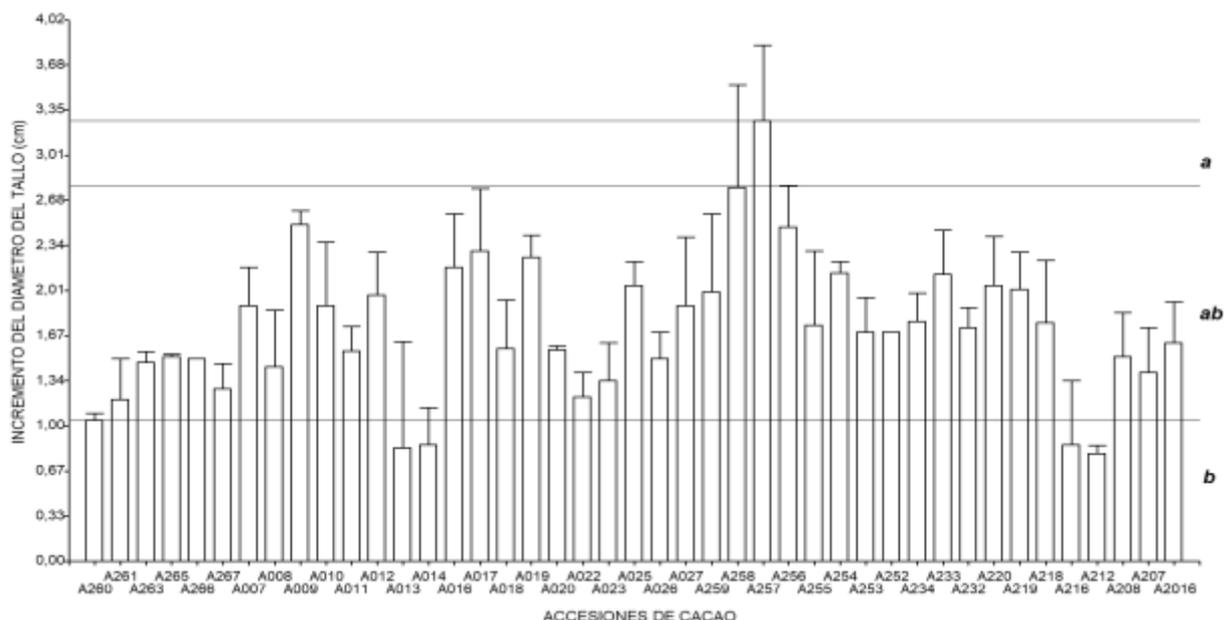


Figura 2. Valores promedios de la variable incremento del diámetro de tallo (cm), accesiones de cacao tipo nacional.

Conclusiones

El incremento de altura de planta en cm para las accesiones de cacao no mostraron diferencias estadísticas pero si mostraron diferencias numéricas destacando la accesión A-258.

Para la variable incremento del diámetro si existió diferencias significativas al 5% siendo la accesión A-257 como el de mayor incremento de diámetro del tallo.

Recomendación

Continuar con el proceso de investigación del presente estudio con las diferentes variables agronómicas e iniciar evaluaciones productivas y sanitarias de las accesiones y además iniciar procesos de estudio de diversidad genética a través de caracterizaciones morfológicas.

Bibliografía

Quiroz, J. (2002). Caracterización molecular y morfológica de genotipos superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) nacional de Ecuador.- Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanzas. Tesis (Mg. Sc). CATIE.

INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuaria). 2004. Informe Técnico Anual. Programa de Cacao y Café. Estación Experimental Portoviejo. Manabí. EC. 20p.

Motamayor, J. C., Risterucci, A. M., Lopez, P. A., Ortiz, C. F., Moreno, A., & Lanaud, C. (2002). Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89(5), 380.

Loor, R., Casanova, T. & Plaza, L. (2016). Mejoramiento y homologación de los procesos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café. Eds. Publicación Miscelánea No. 433, 1ª ed. INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), EET-Pichilingue, Mocache, Ecuador. 103 p. ISBN: 978-9942-22-103-2

Engels, J. (1980). Sistemas de información para centros de recursos genéticos. Turrialba, Costa Rica: CATIE 65p.

11.2. Actividad 2: Comportamiento de clones de cacao (*Theobroma cacao* L) bajo tres frecuencias de riego en sistema agroforestal en el valle del río Portoviejo (EEP).

Indicador POA: "Comportamiento de clones de cacao (*Theobroma cacao* L) bajo tres frecuencias de riego en sistema agroforestal en el valle del río Portoviejo". (EEP)

Responsable: Geover Monserrate Peña (EEP); Johan Reinaldo Párraga Vélez (EEP)

Colaboradores: Ricardo Limongi Andrade (Programa de Maíz).

Antecedentes

El cacao (*Theobroma cacao* L), es un producto de gran importancia desde el punto de vista económico, social y ecológico para el Ecuador, como rubro importante de exportación, generador de divisas y empleo rural; estimándose que para el año 2013 Manabí aportaba con el 23,2% de la producción nacional de cacao fino de aroma (Melo, 2013). Sin embargo, la productividad alcanza los 5 qq/ha/año, debido a factores limitantes como alta variabilidad del germoplasma en uso, establecimiento en sitios y condiciones climáticas y de suelos inadecuados, deficiente manejo del cultivo en cuanto a enfermedades, fertilización, podas, riegos suplementarios y sombra.

Tanto la luminosidad como el agua son factores de riesgos para la actividad cacaotera, por lo que sus variaciones podrían constituirse en limitantes; por estos motivos cobra importancia el régimen de lluvia y su distribución. Este cultivo para satisfacer sus necesidades hídricas requiere anualmente entre 1200 a 1500 mm de agua bien distribuidos en el año con volúmenes mensuales de alrededor de 100 mm (Motato y Cedeño, 2010). El valle del río Portoviejo no presenta estas disponibilidades, con una precipitación media anual de 851,57 mm, concentrados en cuatro meses del año, con lo cual existe un déficit considerable que debe ser compensado por riegos suplementarios durante la época seca, sin embargo en Manabí, es una tecnología que no se ha llegado a consolidar, ya que solo 1,2% de la superficie cacaotera recibe riego en época seca (Motato, et al., 2009), siendo este método el más empleado debido a su bajo costo y facilidad. Las condiciones vulnerables de la planta de cacao a fenómenos

extremos de sequía se presentan en las etapas iniciales de establecimiento y afectan negativamente el crecimiento.

En zonas tropicales de Ecuador, se han adelantado trabajos a nivel experimental y comercial con cacao bajo riego. Los resultados en el incremento de producción han sido variables entre 40 y 100% (Freire, 1993; Siqueira, Sena, Dias y Souza, 1996). Por otra parte Días, 2001; evaluó el comportamiento del cultivo de cacao a la aplicación de riego por goteo en la época seca y encontraron que cuando se restituyó entre 75 y 100% del agua perdida en los primeros 30 cm del suelo, el rendimiento fue 28% más alto que cuando se restituyó 0 y 50% de agua perdida por evapotranspiración.

Por otro lado el cacao es una especie sensible a la intensidad lumínica, situación que puede provocar defoliación de las puntas de las ramas, y aumentar la acción de insectos chupadores que intensifican su actividad debido a un inadecuado sombramiento (Quiroz, 2010). Así mismo por sus características genéticas requiere de ciertos niveles de sombra para su normal desarrollo (Enríquez, 2010), está asociado a un proceso de producción agroforestal en forma secuencial, donde los productores usan diferentes estrategias para reducir los riesgos y aportar a la economía de las familias. Además, incorporan más de un producto en los segmentos del mercado y privilegian la conservación de la biodiversidad, favoreciendo el incremento de poblaciones de flora y fauna (Quiroz, 2010; Limongi y Solórzano, 2011).

Los sistemas agroforestales, representan una forma de uso de la tierra donde en una misma unidad de producción se asocian árboles (frutales, leguminosas, productores de resinas, palmas, maderables), con cultivos anuales y permanentes que han demostrado su capacidad de compatibilizar producción agrícola, rentabilidad y servicios ambientales (Agudelo y Grisales, 2000; Limongi y Solórzano, 2011). Además, han sido señalados por su potencial de reducir las consecuencias negativas del efecto invernadero a través de la fijación y almacenamiento del carbono (Ortiz, et al., 2008).

Una de las especies más utilizadas por los productores es el laurel (*Cordia alliodora*), se halla mezclado con otros árboles frutales o maderables en los cacaotales del país, debido a su estructura foliar mediana y copa angosta no se vuelca, además de su valor comercial como madera, presenta numerosas ventajas que lo hacen muy prometedor como árbol de sombra: crecimiento rápido, tronco recto, sistema radicular profundo, la copa ocupa poco espacio y con una alta producción de hojas se auto poda, eliminando ramas viejas (Quiroz, 2010). El mismo autor señala que se han encontrado especies frutales como la naranja (*Citrus sinensis*), proporcionando una asociación aceptable durante los primeros años del cacao y una fuente de ingreso económico adicional.

El INIAP, por medio del Programa Nacional de Cacao y Café, presenta un grupo de clones mejorados desarrollados bajo condiciones del trópico húmedo (Amores, et al., 2009); sin embargo, su uso se ha extendido a otras áreas, como el trópico seco de Manabí, principalmente las cuencas bajas del Carrizal-Chone y Portoviejo. Bajo estas consideraciones, su evaluación siempre ha sido enfocada hacia el rubro (INIAP 2004), conociéndose muy poco de sus interacciones y su productividad bajo riegos y en sistemas agroforestales y la determinación de costos de producción.

Objetivos

General

Desarrollar tecnologías de producción en cacao bajo riego, en sistema agroforestal para las condiciones del valle río Portoviejo.

Específicos

1. Evaluar el comportamiento de ocho clones de cacao bajo el efecto de riego.
2. Evaluar el efecto de tres frecuencias de riego suplementario.
3. Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio.

Metodología

El presente trabajo de investigación se está realizando en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Estación Experimental Portoviejo, lote Teodomira, localizado en la parroquia Lodana del cantón Santa Ana, provincia de Manabí, presenta un bosque seco tropical de topografía plana, suelo franco arcilloso, con temperaturas promedios de 26,4°C, precipitaciones medias de 851,57mm y una humedad relativa de 81%, ubicada geográficamente a: 01°10'24'' de latitud sur y 80°23'24'' de longitud oeste, a 47 msnm¹.

Se estableció en julio de 2017, mediante un diseño en parcelas divididas, donde las parcelas grandes corresponden a las frecuencias de riego y las sub parcelas a los 8 clones de cacao, con tres replicas, y 72 unidades experimentales tabla 1. Para el análisis de datos en cacao y sombra permanente, se utilizará estadística descriptiva y paramétrica y en caso de significación estadística, se usará la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 1. Esquema de ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Repeticiones	2
Frecuencia de riego (FR)	2
Error (a)	4
Clones (C)	7
FR x C	14
Error (b)	42
Total	71

El distanciamiento de siembra para cacao es de 3x3 (densidad 1111 plantas ha¹). Aplicando riego suplementario en época de verano hasta iniciar con las frecuencias establecidas, se realizó la fertilización base NPK en dosis de 150 gramos planta. El control de malezas se lo realizó mediante la combinación de métodos mecánicos (Motoguadaña) y químicos. Las evaluaciones agronómicas se realizaron anualmente, utilizando la metodología descrita en el protocolo de evaluación y registro de datos

¹ INAMHI. Anuarios meteorológicos, promedio de seis años. 2011-2016.

agronómicos y productivos, desarrollado por el personal Técnico del Programa Nacional de Cacao y Café (Loor et al., 2016). En la tabla 2 se presentan algunas de las características de los clones de cacao en estudio.

Tabla 2. Características agronómicas, productivas y sanitarias de los clones en estudio.

Nº	Clon	Año de liberación	Tipo	Tolerancia	Compatibilidad	Inicio fase productiva	Rendimiento
1	EET-800	2016	Fino y de aroma	Escoba de bruja Moniliasis Mal de machete	Auto compatible	14 meses	44qq/ha
2	EET-801	2016	Fino y de aroma	Escoba de bruja Moniliasis Mal de machete	Auto compatible	14 meses	40qq/ha
3	EET-575	2008	Fino y de aroma	-----	Auto compatible	-----	33qq/ha
4	EET-576	2008	Fino y de aroma	-----	Auto compatible	-----	26,7qq/ha
5	EET-450	Validación	Fino y de aroma	En estudio	Auto compatible	-----	36qq/ha
6	EET-454	Validación	Fino y de aroma	En estudio	Auto compatible	-----	38qq/ha
7	EET-103	1970	Fino y de aroma	Escoba de bruja Mal de machete	Auto compatible	-----	30qq/ha
8	CCN-51	1965	Trinitario	Escoba de bruja Moniliasis Mal de machete	Auto compatible	24 meses	50qq/ha

1 y 2 por publicar; 3 y 4 (Amores, *et al.*, 2009); 5 y 6 (Solórzano y Mendoza 2010); 7 y 8 (Quiroz *et al.*, 1992)

Características de la parcela principal (FR)

- Numero de parcelas principales 9
- Superficie de parcela principal 660 m².
- Distancia entre parcelas principales y repeticiones 8m.
- Total del experimento 6000 m²

Característica de las sub parcelas (C)

- Número de sub parcelas 72
- Superficie de sub parcelas 48 m²
- Número de plantas por unidad experimental 9
- Plantas útiles por unidad experimental 9
- Distanciamiento entre clones 4x3
- Total de plantas 833 plantas/ha.

Característica de la sombra

- a. Maíz (sombra temporal)

Se utilizaron los híbridos de maíz generados por el INIAP para proporcionar un primer nivel de sombreado que beneficie al cacao mientras se consolida la sombra de plátano. Para el efecto, se realizaron los ciclos necesarios, con una distancia de 3 metros entre líneas y 0.20 m, ubicando una planta por sitio, obteniendo 16500 plantas/ha, estableciéndose en el mismo surco del cacao y en la hilera del frente.

b. Plátano (sombra temporal)

Se estableció plátano, tipo dominico y barraganete a una distancia de 6x6 m, obteniendo 277 plantas/ha, ubicándose entre las hileras de cacao, se mantendrá la sombra temporal durante los dos primeros años del cultivo.

c. Laurel (sombra permanente).

Se estableció el laurel (*Cordia alliodora*), a un distanciamiento de 12x9 m, obteniendo 92 árboles/ha, ubicando un árbol (tratamiento) en cada unidad experimental.

d. Naranja (otro componente).

Se estableció naranja (*Citrus sinensis*) como otra especie del sistema, a un distanciamiento de 12x9 m, con un total de 92 plantas/ha, ubicando un árbol (tratamiento) dentro de cada unidad experimental de tal manera que no interfiera en el desarrollo de las plantas de cacao.

Resultados

Cultivo de cacao

En la figura 3, y de acuerdo al análisis de la varianza muestra que en la variable incremento de altura de planta (cm) no existen diferencias significativas entre los tratamientos, pero que si se observan diferencias numéricas, teniendo así que el T11 con un incremento de altura entre las dos evaluaciones realizadas es de 38,19 cm, mientras que los T6 y T10 mostraron el menor incremento de altura con valores de 22,46 y 22,86 cm respectivamente.

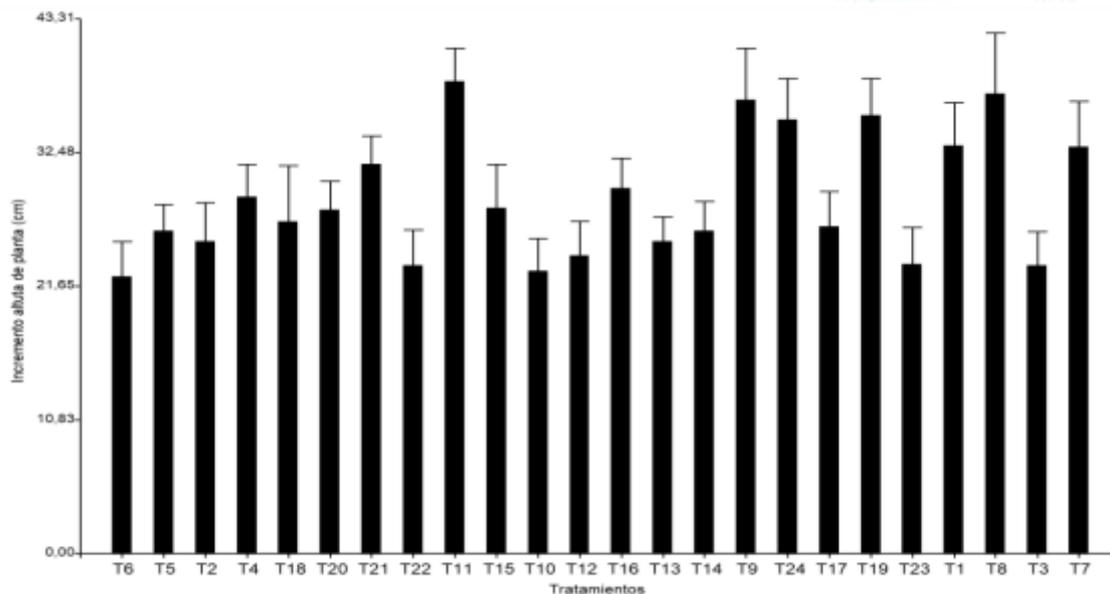


Figura 3. Valores promedios de la variable incremento de altura de planta en cm para cacao.

En cuanto la variable diámetro de tallo para el cultivo de cacao, de acuerdo al análisis de la varianza existen diferencias estadísticas entre los tratamientos bajo estudio, los diámetros fluctuaron entre 0,8 y 1,0 cm, esta variable presento un C.V. de 12,78 % figura 4.

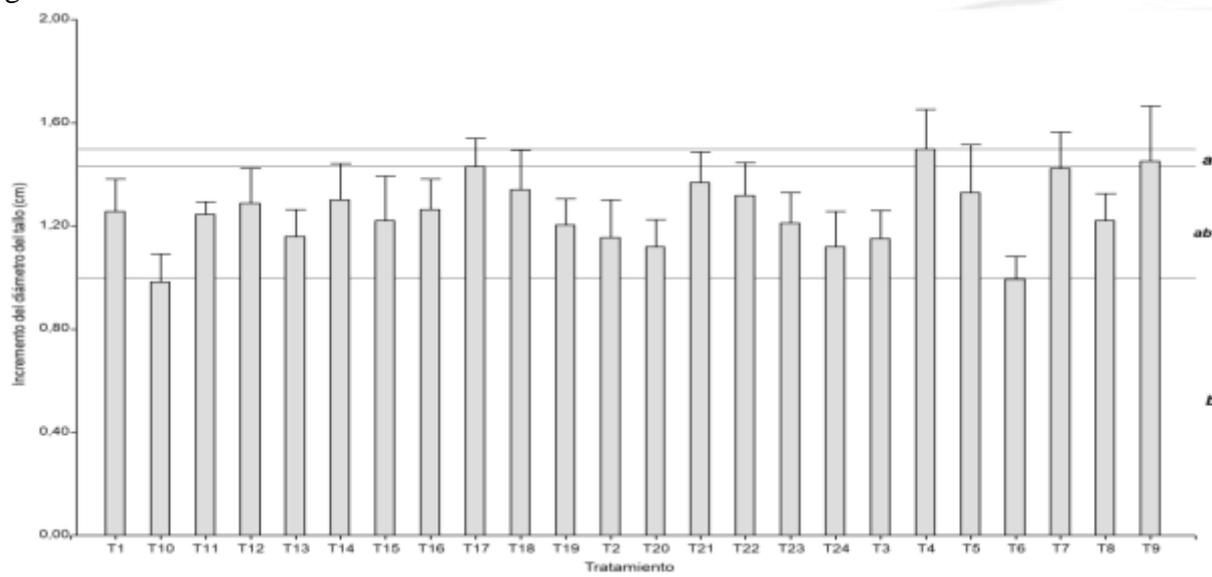


Figura 4. Valores promedios de la variable incremento del diámetro de tallo para cacao.

Cultivo de laurel

En la figura 5, se presentan los resultados de las variables agronómicas de laurel utilizado como sombra permanente en el experimento. De acuerdo al análisis de la varianza muestra que en la variable incremento de altura de planta no presentan diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo numéricamente fluctúa

entre 46,67 cm el árbol 12 y con 140,67 cm el árbol 10 para la de menor y mayor incremento de altura.

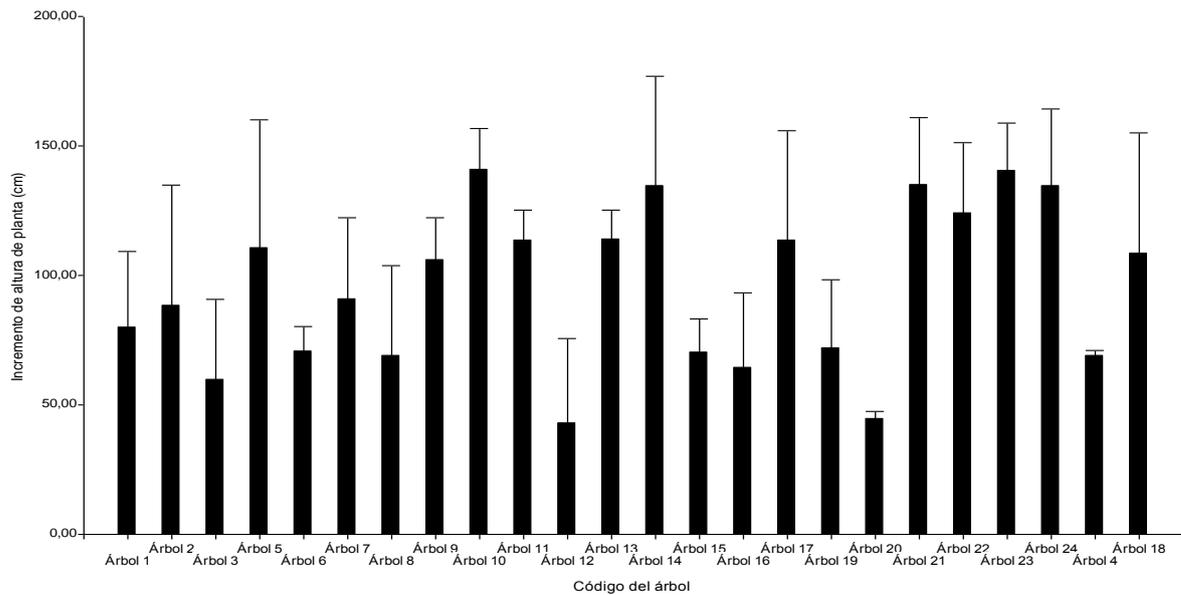


Figura 5. Valores promedios de la variable altura de planta para laurel.

Para la variable diámetro de tallo para laurel figura 6, de acuerdo al análisis de la varianza, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, sin embargo numéricamente los diámetros fluctuaron entre 1,0 y 2,4 cm para la de menor y mayor altura, esta variable presento un CV de 33,44 %.

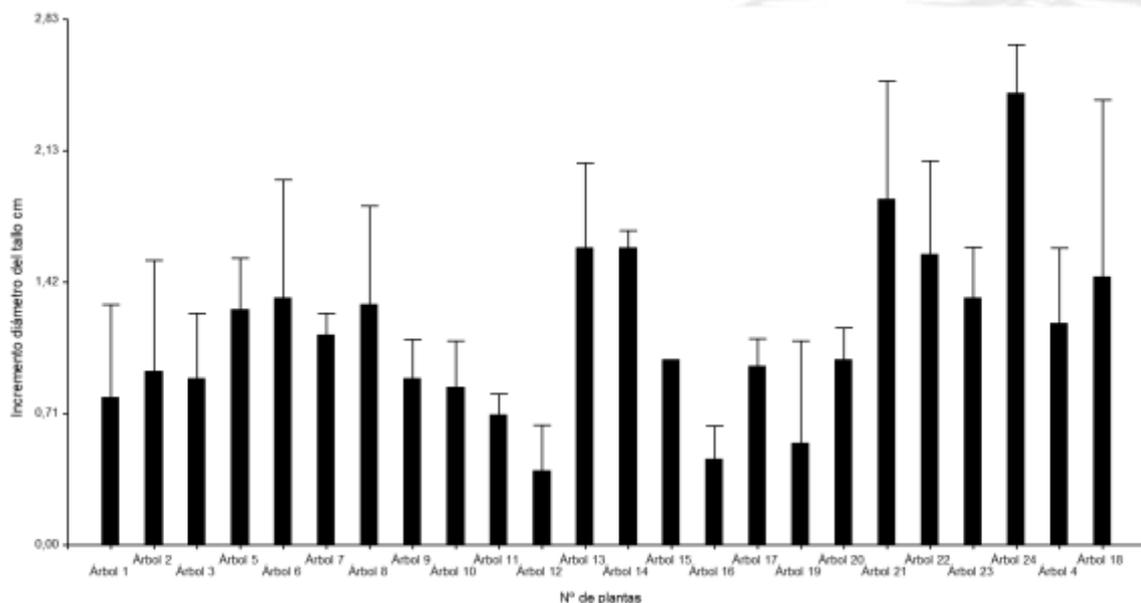


Figura 6. Valores promedios de la variable incremento del diámetro de tallo para laurel en cm.

Finalmente en la figura 7, se presenta el grafico de dispersión para establecer si existe relación entre el incremento del diámetro del tallo con el incremento de la altura de planta, se observar que existe una correlación baja positiva del 34%, por otro lado la ecuación de la regresión indica que por cada centímetro que se aumenta en altura de planta el diámetro del tallo aumenta 0,0088 cm.

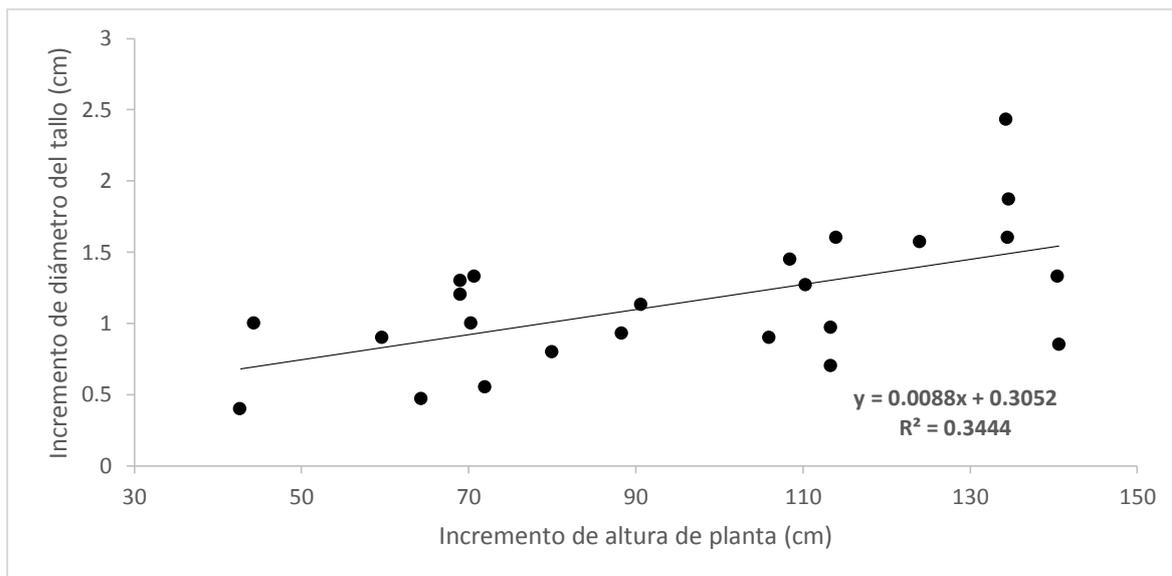


Figura 7. Relación entre la variable diámetro de tallo y altura de planta laurel.

Cultivo de Naranja

En la figura 8, se presentan los resultados de las variables agronómicas de naranja utilizado como otro componente del sistema. De acuerdo al análisis de la varianza indica que la variable altura de planta no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo numéricamente fluctúa entre 137,33 y 253,67 cm para la de menor y mayor altura, presentando un CV de 18,68 %.

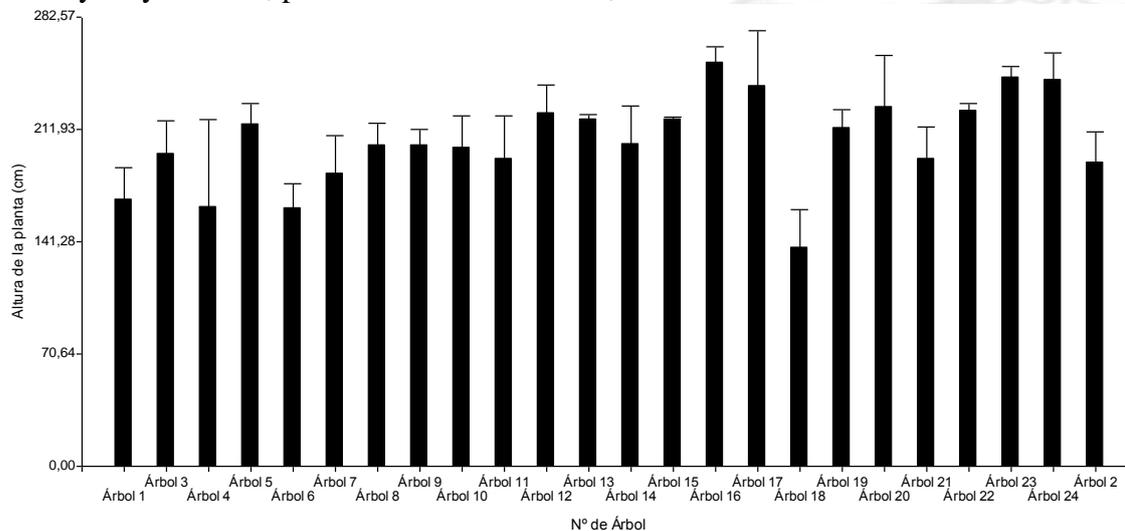


Figura 8. Valores promedios de la variable altura de planta en cm para naranja.

En la figura 9, se muestra la variable diámetro de tallo para naranja, de acuerdo al análisis de la varianza, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, sin embargo numéricamente los diámetros oscilaron entre 2,60 y 5,27 cm para los individuos de menor y mayor altura, esta variable y presento un CV de 22,91 %.

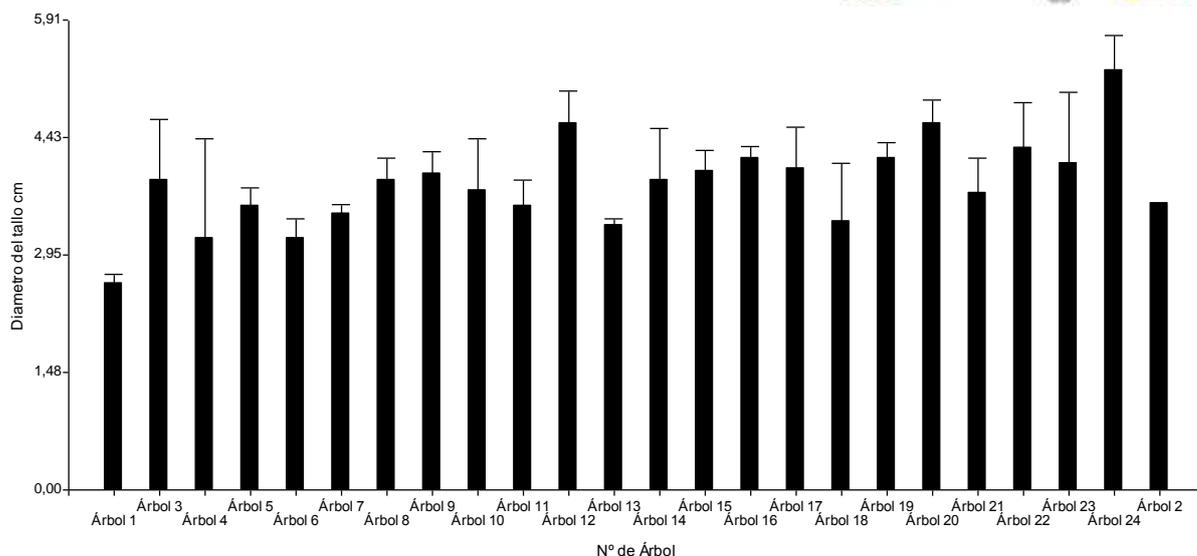


Figura 9. Valores promedios de la variable diámetro de tallo para naranja.

En la figura 10, se presenta el gráfico de dispersión para establecer si existe relación entre el diámetro de tallo con la altura de planta en los arboles de naranja, donde se observa que existe una mayor tendencia que en los arboles de laurel ($r = 0,60$) que cuando incrementa el diámetro de tallo incrementa la altura de la planta, presentando un impacto directamente proporcional para estas variable.

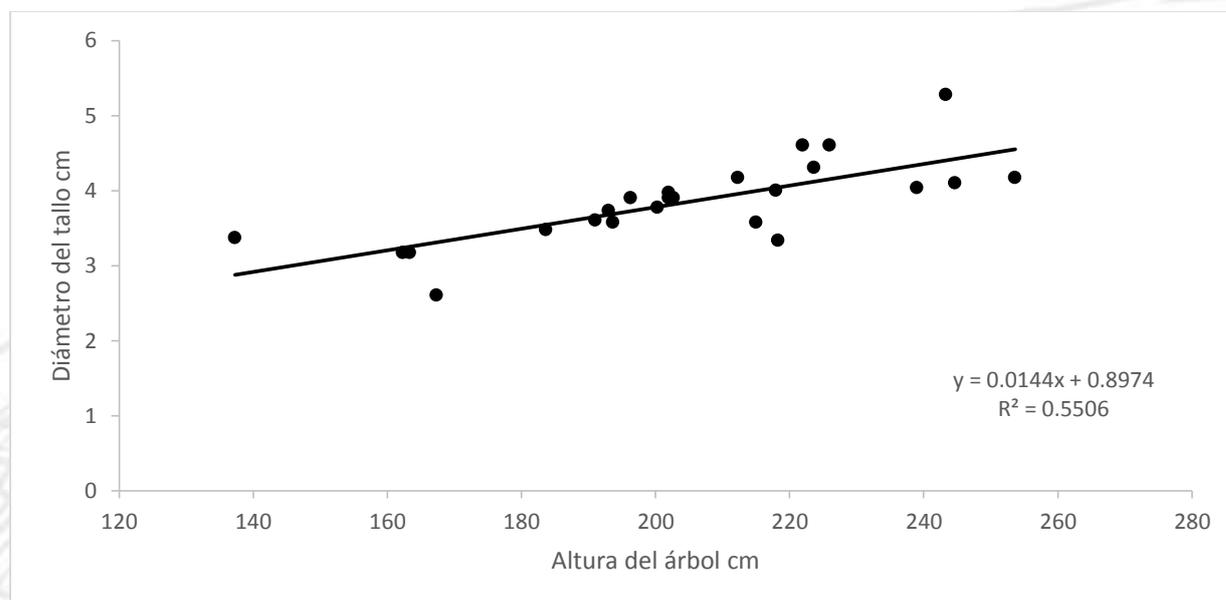


Figura 10. Relación entre la variable diámetro de tallo y altura de planta naranja.

Conclusión

1. La evaluación de los diferentes componentes del sistema agroforestal, permitirá conocer una amplia adaptabilidad entre los clones de cacao y los arboles utilizados como sombra, lo que puede favorecer en la identificación y selección de individuos por reunir buenas características agronómicas bajo este sistema.

Recomendación

1. Continuar con el proceso de investigación del presente estudio, complementando de esta manera con las diferentes variables a estudiar entre ellas las frecuencias de riego y el efecto del componente sombra.

Bibliografía

Agudelo, L. A. & Grisales, A. (2000). Sistema agroforestal de producción de Plátano - cacao - nogal para la zona cafetera marginal baja. En: Memorias. Taller Internacional: Métodos y Procedimientos para Investigación en Sistemas Agroforestales. (Tibaitatá. Julio 31, agosto 1 y 2). CORPOICA. Bogotá, Colombia.

Amores, F. Agama, J. Suarez, C. Quiroz, J. & Motato, N. (2009). EET-575 y EET-576 Nuevos clones de cacao Nacional para la zona central de Manabí. Boletín Divulgativo N° 346. INIAP. Quevedo. EC. 28p.

Carrillo, R. & Carvajal, T. (2010). Costos de producción y estimación de rentabilidad en el cultivo de cacao fino y de aroma. IN Manejo Técnico del cultivo de cacao en Manabí. Manual N° 75. INIAP. Portoviejo, EC. 141p.

Días, L. A. (2001). Melhoramento genético do cacaueiro. 578 p.

Enríquez, G. (2010). Cacao orgánico guía para productores ecuatorianos. INIAP. Manual No 54. ISBN: 9978-43-493-3. 407 p.

Freire, M. (1993). Efeitos da irrigacao complemetar no rendimento do cacaueiro Theobroma cacao, USP Tese de mestrado. ESALQ, Piracicaba, São Paulo – Brasil.

INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria). (2004). Informe Técnico Anual. Programa de Cacao y Café. Estación Experimental Portoviejo. Manabí. EC. 20p.

Limongi, R. & Solórzano, G. (2010). Alternativas agroforestales sustentables para la producción de cacao fino de aroma. IN Manejo Técnico del cultivo de cacao en Manabí. Manual N° 75. INIAP. Portoviejo, EC. 141p.

Loor, R. Casanova, T. & Plaza, L. (2016). Mejoramiento y homologación de los procesos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café. Eds. Publicación Miscelánea No. 433, 1ª ed. INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), EET-Pichilingue, Mocache, Ecuador. 103 p. ISBN: 978-9942-22-103-2

Melo, C. & Hollander, G. (2013). Unsustainable development: Alternative food networks and the Ecuadorian Federation of Cacao Producers, 1995-2010. J Rural Stud. No. 32: p. 63.

Motato, N & Cedeño, J. (2010). Caracterización agronómica de las zonas cacaoteras en Manabí. IN Manejo Técnico del cultivo de cacao en Manabí. Manual N° 75. INIAP. Portoviejo, EC. 141p.

Motato, N. Solórzano, G. Cedeño, J. (2009). Riego suplementario para el cultivo de cacao en Manabí. Boletín divulgativo No. 345. INIAP. Portoviejo. 28 p.

Ortiz, A. Riasco, L. & Somarriba, E. (2008). Almacenamiento y tasa de fijación de carbono en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao*) y laurel (*Cordia alliodora*). *Agroforestería en las Américas*. 46: 26-29

Quiroz, J. (2010). Sistemas de sombra de cacao con maderables. Estación Experimental Litoral Sur. Programa de Cacao y Café. Boletín divulgativo N° 151.

Siqueira, P. Sena, G. Dias, L y Souza, C. (1996). Efeito da irrigação na produtividade do cacauero *Theobroma cacao* L. em Linhares Brasil. En: *Proceedings 12th International Coca Research Conference*. Salvador, Bahía, Brasil. p. 867 – 877.

11.3. Actividad 3: Evaluación multilocal del comportamiento agronómico, productivo, sanitario y organoléptico de variedades y clones de café arábigo en la zona centro y sur de Manabí.

Indicador POA: Evaluaciones agronómicas, productivas, sanitarias y organolépticas de café arábigo y robusta en las localidades de Paján, 24 de Mayo, Jipijapa y Portoviejo.

Responsable: Geover Peña Monserrate (EEP); Johan Reinaldo Párraga Vélez (EEP)

Colaboradores: Dr. Ernesto Cañarte, Ing. Alma Mendoza (DNPV). Benny Avellán (NDT).

Antecedentes

El género *Coffea* (Rubiaceae) consta aproximadamente de 124 especies (Davis et al., 2011), dos de las cuales son de importancia económica a nivel mundial: *Coffea arábica* L, y *Coffea canephora* Pierre. Este cultivo para el Ecuador, tiene relevante importancia en los órdenes económicos, social y ambiental. El ingreso de divisas, por concepto de las exportaciones de café en grano e industrializado, en los últimos años, ha tenido variaciones significativas, pero sigue repercutiendo en la cadena agro productiva y económica nacional. Los cafetales de *C. arábica*, constituyen el 63 % de la producción nacional y conforman muchos sistemas agroforestales que se localizan en amplias zonas agro ecológicas. (Guerrero, 2016).

En el Ecuador se cultivan según datos del MAGAP 200 mil ha de plantaciones de café, de estas 130 000 ha son de café arábigo, estos cafetales se localizan en el sistema montañoso Chongón – Colonche; así como, en las estribaciones occidentales y orientales de la cordillera de los Andes, hasta aproximadamente los 2000 metros de altitud.

En 1951, el departamento de Horticultura del Instituto Interamericano de Agricultura (SCIA) constituyó el subprograma de café con el propósito de realizar investigaciones en este cultivo. Posteriormente, el INIAP, desde 1963, ha sido la institución encargada de introducir germoplasma, seleccionar variedades y difundirlas entre los agricultores

ecuatorianos. Las Estaciones Experimentales Pichilingue y Portoviejo han desarrollado ensayos de adaptación de pronegias F5 y F6 de Híbridos (Catimor, Cavimor y Sarchimor), variedades arábicas puras y líneas genéticas de Catuaí, Mundo novo, Caturra rojo, Caturra amarillo, Paca, Bourbón y Villalobos, entre otras, que han servido de base para la obtención de una gama de cultivares promisorios.

Actualmente la baja producción del grano es el tema central en nuestro país, este déficit esta fomentado por la interacción de varios factores, entre los que se pueden citar: falta de disponibilidad de materiales mejorados, avanzada edad de las plantaciones tradicionales, problemas fitosanitarios, la baja producción, abandono de las plantaciones debido a los bajos precios y sustitución de plantaciones por otros cultivos como palma aceitera, maracuyá, cacao, piña, plátano, pastos, entre otros (COFENAC, 2012). Otros factores como la temperatura y la distribución de las lluvias, afectan la fenología del cultivo, su rendimiento, la calidad del cafeto e incluso la composición de los compuestos orgánicos de la bebida (Fournier y Di Stefano; Ruiz et al., 2009; Bertrand., 2012).

En este sentido es necesario reactivar la producción, con el uso de variedades altamente productivas para suplir la creciente demanda por parte de la industria nacional, la que a su vez puede promover la competitividad del país en el mercado internacional. Se hace necesario, disponer de materiales de alto rendimiento y con buenas condiciones agronómicas y sanitarias, capaces de suplir este déficit de producción y las necesidades del mercado Industrial.

El Programa de Cacao y Café del INIAP implementó ensayos en diferentes localidades con el objetivo de determinar el comportamiento de 13 materiales importados de café arábigo por el MAGAP, así como materiales que se encuentran en territorio como son: Sarchimor, Caturra, Pacas entre otros, son los que conforman los ensayos implementados en el año 2015, distribuidos en los cantones Jipijapa, 24 de Mayo, Paján y Portoviejo, pertenecientes a la provincia de Manabí. De ahí que el propósito de la presente investigación es evaluar el comportamiento agronómico, productivo y sanitario de 18 variedades de café arábigo en la Zona Sur de Manabí en 5 años de estudio. De esta manera se podrán seleccionando individuos sobresalientes, donde su adopción por parte de productor será de gran importancia económica por sus características de rendimiento, tolerancia a enfermedades y adaptación a diferentes ambientes.

Objetivos

General

Evaluar y validar el comportamiento multi local de variedades de café arábigo de manera que se identifiquen los genotipos mejor adaptados a cada localidad.

Específicos

1. Evaluación agronómica de variedades de café arábigo en diferentes localidades de Manabí.
2. Determinar la producción de las variedades de café arábigo en estudio.

3. Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

Metodología

Esta investigación se está llevando a cabo en la Zona Sur de Manabí contemplando los cantones Paján, Jipijapa, 24 de Mayo y Portoviejo. En el presente informe se presentan resultados de los cantones Jipijapa y Portoviejo, las demás localidades están en proceso de toma de datos y tabulación. En la tabla 3 se muestra las características edafo climáticas de las diferentes zonas de estudio.

Tabla 3. Características edafo climáticas de localidades en estudio.

Localidad	Zona climática	Temperatura promedio (°C)	Precipitación anual (mm)	Humedad relativa (%)	Topografía	Tipo de suelo
Paján	Bosque seco-tropical	24.0	1146	82.4	Plana	Franco arcilloso
Jipijapa	Bosque seco-tropical	24.0	1000	80.0	Plana	Franco arcilloso
24 de Mayo	Bosque seco-cálido	25.0	700	78	Plana	Franco arcilloso
EEP	Bosque seco-cálido	26.5	700	78	Plana	Franco arcilloso

El Factores en estudio son las variedades de café arábigo introducidas al país y otras desarrolladas en territorio, se describen en la tabla 4 con su respectiva procedencia y código de investigación.

Tabla 4. Variedades de café arábigo en estudio.

Tratamientos	Variedades	Procedencia
T1	CATUCAI AW-AM	Brasil
T2	CATUCAI 785-AM	Brasil
T3	CATUCAI AR	Brasil
T4	CATUAI AW	Brasil
T5	ACAWA	Brasil
T6	CATUAI IAC 39-AM	Brasil
T7	CATUAÍ P2	Brasil
T8	CATUAÍ IAC 86-AM	Brasil
T9	CATUAÍ IAC 44 VER	Brasil
T10	CATUCAI AW	Brasil
T11	CATUCAI 2SL	Brasil
T12	CATUCAI 785-15	Brasil
T13	CATUAÍ IAC 81-AM	Brasil
T14	CASTILLO	COFENAC
T15	SARCHIMOR	INIAP
T16	CATUAÍ ROJO	INIAP
T17	PACAS	INIAP
T18	CATURRA ROJO	INIAP

Unidad experimental

Cada unidad experimental consta de 30 plantas a un distanciamiento de 2 m entre hileras y 1.25 m entre plantas, con una área de 75 m² por parcela, con un número de 54 Unidades experimentales, utilizando un total de 4050 m² para todo el ensayo.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con tres repeticiones. Los datos fueron sometidos al análisis de varianza y se realizaron las pruebas de significancia de Tukey al 0.05 de probabilidad estadística para la comparación entre tratamientos.

Variables y métodos de evaluación.

Las evaluaciones agronómicas se están realizando anualmente, utilizando la metodología descrita en el protocolo de evaluación y registro de datos agronómicos y productivos, desarrollado por el personal Técnico del Programa Nacional de Cacao y Café (Loor et al., 2016).

Resultados

Localidad Paján

En la tabla 5, se presentan los resultados en cuanto a las variables agronómicas de las 18 variedades de café arábigo, donde de acuerdo al análisis de varianza en la altura de planta existieron diferencias significativas entre los tratamientos, ubicando al T6 con la mayor altura 187,3 cm y los tratamientos T3 y T18 con la menor altura 103,2 y 103,1 cm, los demás tratamientos comparten la primera categoría cuyos valores oscilan entre 119 y 177 cm respectivamente, con un Coeficiente de Variación de 18,45 %.

Para la variable diámetro de tallo de acuerdo a la prueba de significación estadística existen diferencias significativas entre los tratamientos agrupando tres categorías, destacando nuevamente el T6 con 2,27 cm, mientras que el de menor diámetro fue el T18 con 1,23 cm, los demás tratamientos presentan valores intermedios que oscilan entre 1,27 y 2,20 cm de diámetro. Esta característica es analizada para asegurar un mayor soporte del peso del árbol.

Las variables agronómicas total de ramas, total de nudos por rama y grado de compactación, de acuerdo al análisis de la varianza, no presentaron diferencias significativas entre sí.

En cuanto a la variable total de ramas productivas de acuerdo al análisis de varianza existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, ubicando al T13 con el mayor número de ramas 33,45 y los tratamientos T4, T3, T12, T18 con el menor número de ramas 8,12; 5,33; 5,87 y 3,0 respectivamente, los demás tratamientos presentaron valores intermedios que oscilaron entre 25,87 y 10,23 ramas productivas respectivamente. La variable longitud de rama productiva de acuerdo a la prueba de significación estadística mostró diferencias significativas entre los tratamientos, agrupando al T11, T15, T10, T13, T6, T2 y T7 en la primera categoría

con 59,3; 57; 56,6; 55,2; 54,9; 54,9; 54,5 respectivamente, mientras que el T18 adquirió la menor longitud de ramas con 29,5 cm.

Finalmente para la variable distancia de entrenudos de acuerdo al análisis de la varianza existieron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, exhibiendo tres grupos estadísticos, donde el T11 se ubicó en el primer grupo con 5,3 cm, compartiendo esta categoría con el T15, T4, T12, T14 y T10 con 5,2; 5,1; 5,0; 5,0 y 4,9 cm respectivamente, sin embargo el T18 obtuvo el menor valor con 3,6 cm, los demás tratamientos se ubicaron con valores intermedios que fluctuaron entre 4,8 y 4,0 cm de distancia de entrenudos.

Tabla 5. Valores promedios de resultados agronómicos obtenidos en ensayo de café arábigo ubicado en la localidad de Paján.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Total de ramas	Total de ramas productivas	Longitud de rama productiva (cm)	Total de nudos/rama	Distancia de entrenudos (cm)	Grado de Compactación (cm)
T1	170,3 ab	2,0 abc	42,4	19,2 ab	48,8 ab	10,5	4,8 abc	4,2
T2	168,6 ab	2,2 ab	46,7	15,5 ab	54,9 a	11,6	4,8 abc	3,7
T3	103,2 b	1,3 bc	23,0	5,4 b	37,3 ab	8,0	4,7 abc	4,6
T4	122,7 ab	1,6 abc	32,9	8,2 b	48,5 ab	9,5	5,1 ab	3,9
T5	144,8 ab	1,8 abc	39,3	13,1 ab	52,3 ab	11,5	4,6 abc	4,0
T6	187,3 a	2,3 a	49,7	25,9 ab	54,9 a	13,9	4,0 bc	3,8
T7	176,3 ab	2,1 abc	45,9	17,6 ab	54,5 a	11,6	4,8 abc	3,9
T8	144,9 ab	1,8 abc	34,8	15,6 ab	45,5 ab	10,6	4,3 abc	5,0
T9	124,9 ab	1,9 abc	31,2	13,9 ab	40,8 ab	9,7	4,2 abc	4,3
T10	161,1 ab	2,1 abc	44,6	14,3 ab	56,6 a	11,5	5,0 ab	3,7
T11	170,9 ab	2,1 abc	43,9	21,5 ab	59,3 a	11,7	5,3 a	4,0
T12	145,1 ab	1,8 abc	37,6	3,9 b	45,5 ab	9,0	5,0 ab	4,0
T13	177,3 ab	2,2 ab	47,8	33,5 a	55,3 a	13,2	4,2 abc	3,8
T14	150,0 ab	2,0 abc	35,5	11,2 ab	47,2 ab	9,6	5,0 ab	4,3
T15	119,4 ab	1,9 abc	35,1	13,8 ab	57,0 a	11,2	5,3 ab	3,4
T16	134,0 ab	1,7 abc	32,4	10,2 ab	45,3 ab	9,8	4,7 abc	4,4
T17	124,8 ab	1,7 abc	32,8	11,8 ab	42,6 ab	10,9	4,0 bc	4,1
T18	103,1 b	1,2 c	22,5	3,0 b	29,5 b	8,2	3,6 c	4,8
Promedio	146,0	1,9	37,7	14,3	49,2	10,7	4,7	4,1
Cv	18,45	16,71	24,46	54,92	16,38	19,34	8,75	12,61
Tukey 0,05	*	*	ns	*	*	ns	*	ns

En cuanto al rendimiento de café cereza por planta de acuerdo al análisis de varianza existen diferencias significativas entre los tratamiento al 5% de probabilidad (Tabla 6), en la Figura 11 se observa la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% de probabilidad, el T10 (CATUCAI AW) con 1393,64 Kg/planta destaco en relación al resto, seguido del T2 (CATUCAI 785-AM) con 1134,44 Kg/planta, el tercer lugar lo ocupó el T11 (CATUCAI 2SL) con 1110,22 Kg/planta. Luego vienen un grupo de tratamientos con una producción media y finalmente otro grupo de tratamientos donde la producción baja obteniendo un rango entre 292,23 Kg/planta siendo el T16 (CATUAI ROJO) y 482,56 Kg/planta siendo el T8 (CATUAI IAC 86-AM), Figura 11.

Tabla 6. Análisis de varianza para la variable Rendimiento Kg/planta año

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	30798264,1	15	2053217,61	6,33	<0,0001
TRAT	30798264,1	15	2053217,61	6,33	<0,0001
Error	115232076	355	324597,4		
Total	146030340	370			

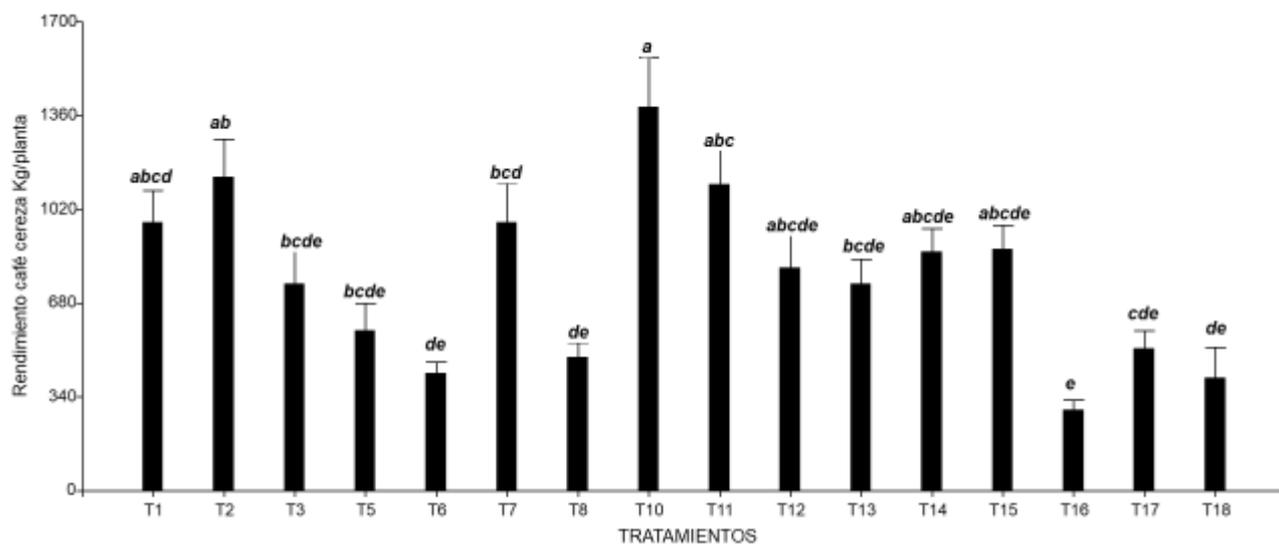


Figura 11. Rendimiento de variedades de café arábigo en kg cereza/planta.

Localidad EEP

En el ensayo ubicado en la Estación Experimental Portoviejo no se han considerado los tratamientos T3 y T18, debido a que fueron sembrados meses después. Cabe indicar que se están evaluando independiente hasta que se homogenicen con los demás tratamientos.

En la tabla 7, se muestran los resultados de las variables agronómicas de las 17 variedades de café arábigo, donde de acuerdo al análisis de varianza en la altura de planta existieron diferencias significativas entre los tratamientos, agrupando a los tratamientos T11, T6, T13, T1, T12, T5, T7 y T9 con valores de 226,3; 213,6; 211; 210,7; 209,4; 207,9; 207,4 y 207,4 cm respectivamente, mientras que el T17 presentó la menor altura de planta con 159,9 cm, los demás tratamientos se ubicaron con valores intermedios que oscilan 205,8 y 182,1 cm.

Las variables diámetro de tallo, longitud de rama productiva y grado de compactación, de acuerdo al análisis de varianza no presentaron diferencias significativas entre sí.

Para la variable total de ramas por árbol, de acuerdo a la prueba de significación estadística presentó diferencias significativas entre los tratamientos ubicando en el

primer grupo a los tratamientos T11, T13 y T9 con valores de 53,5, 53 y 52,1 ramas por árbol, mientras que tratamiento T17 fue que obtuvo menor número de ramas con 37,9, los demás presentaron valores intermedios que oscilan entre 49,1 y 44,7 ramas por árbol.

En cuanto a la variable total de ramas productivas existieron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, mostrando tres categorías, ubicando al T14 con el mayor número de ramas productivas 16,9, compartiendo categoría con el T17 con 11,3, mientras que los tratamientos T2 y T12 exhibieron el menor número de ramas productivas con 3,0 y 2,8, los demás tratamientos se ubicaron con rangos intermedios que fluctúan entre 8,9 y 5,1.

La variable total de nudos por rama de acuerdo al análisis de la varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos, sobresaliendo el T15 y T13 con 22,4 y 22,3 nudos por rama, mientras que el T14 obtuvo en menor número de nudos por rama 15,7, el resto presentó valores intermedios que oscilan 17,2 y 21,9 nudos por rama. Esta variable corresponde directamente al número de cojinetes florales en la rama productiva, mismo que es un indicador del grado de productividad que pueda presentar algún individuo.

Finalmente la variable distancia de entre nudos de acuerdo a la prueba de significación estadística, presento diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, mostrando dos categorías sobresaliendo el T14 con 5,1 cm, mientras que los demás tratamientos se ubicaron en la segunda categoría con valores que fluctúan entre 4,0 y 3,5 cm.

Tabla 7. Valores promedios de resultados agronómicos en ensayo de café arábigo ubicado en la EEP.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Total de ramas	Total de ramas productivas	Longitud de rama productiva (cm)	Total de nudos/rama	Distancia de entrenudos (cm)	Grado de Compactación (cm)
T1	210,7 a	3,5	48,9 ab	5,1 bc	74,9	20,7 ab	3,7 b	4,3
T2	197,6 ab	3,4	49,0 ab	3,0 c	64,8	17,3 bc	3,7 b	4,2
T4	182,1 ab	3,6	44,8 ab	6,4 bc	71,7	20,2 abc	3,6 b	4,2
T5	208,0 a	3,8	49,1 ab	7,0 bc	76,8	20,7 ab	3,8 b	4,4
T6	213,7 a	3,6	48,7 ab	5,1 b	71,6	19,1 abc	3,8 b	4,5
T7	207,5 a	3,6	47,0 ab	5,9 bc	72,5	18,4 abc	4,0 b	4,5
T8	205,8 ab	3,7	46,3 ab	5,1 bc	77,5	20,7 ab	3,8 b	4,5
T9	207,4 a	3,6	52,2 a	6,1 bc	78,6	21,9 ab	3,6 b	4,0
T10	195,2 ab	3,6	48,9 ab	9,0 bc	70,8	19,7 abc	3,6 b	4,2
T11	226,3 a	3,6	53,5 a	5,4 bc	71,8	18,8 abc	3,9 b	4,3
T12	209,5 a	3,8	48,8 ab	2,8 c	75,8	21,1 ab	3,6 b	4,3
T13	211,0 a	3,9	53,0 a	6,1 bc	81,8	22,2 a	3,7 b	4,0
T14	197,2 ab	3,5	44,7 ab	16,9 a	78,6	15,7 c	5,1 a	4,5
T15	185,2 ab	3,7	45,2 ab	5,7 bc	86,4	22,4 a	3,9 b	4,2
T16	192,4 ab	3,5	46,8 ab	7,2 bc	78,5	20,7 ab	3,8 b	4,3
T17	159,9 b	3,2	37,9 b	11,3 ab	65,0	18,1 abc	3,7 b	4,4
Sx	200,6	3,6	47,8	6,8	74,8	19,9	3,8	4,3
Cv	7,68	6,26	8,72	34,03	9,54	7,97	5,69	8,67

Conclusión

1. La caracterización agronómica y productiva, ha permitido conocer que existe una amplia diversidad fenotípica entre las variedades estudiadas lo cual permite la identificación de individuos que destacan por reunir buenas características de selección para cada zona específica.
2. En el presente estudio se ha evidenciado que en todas las localidades existen mezclas de semillas dentro de las variedades, lo que se ve reflejado en las plantas fuera de tipo en las unidades experimentales.

Recomendación

1. Continuar con el proceso de investigación de estos estudios, para esta manera afianzar los resultados obtenidos en las diferentes variables y poder seleccionar el genotipo que mejor se adapte a cada localidad.
2. Realizar análisis de datos para determinar estadísticamente niveles de mezclas de semillas en este estudio.
3. Tomar en consideración las mezclas de semillas observadas en este estudio, para a futuro generar jardines de semilla purificados y evitar mezclas, de tal manera que se pueda entregar al productor un material genético limpio.

Bibliografía

COFENAC, (2012). El sector cafetalero ecuatoriano (Diagnóstico). Portoviejo, Ecuador.

Davis, A. Tosh, J. Ruch, N. Fay, M. (2011). Cultivo de café: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumido en la base de datos molecular y morfológica; implicaciones para el tamaño, morfología, distribución e historia evolutiva de *Coffea*. Bot J Linn Soc 167: 357-377. doi: 10.1111 / j.1095-8339.2011.01177.x

Guerrero, M. (2016). Rendimientos del café grano seco en el Ecuador. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). Quito Ecuador.

Loor, R., Casanova, T. & Plaza, L. (2016). Mejoramiento y homologación de los procesos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café. Eds. Publicación Miscelánea No. 433, 1ª ed. INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), EET-Pichilingue, Mocache, Ecuador. 103 p. ISBN: 978-9942-22-103-2

11.4. Actividad 4: Comportamiento de clorofila, rendimiento y estado nutricional en diferentes clones de café robusta (*Coffea canephora* Pierre)” en la EEP.

Indicador de la actividad: Número de informes de evaluaciones productivas de café robusta en la EEP.

Responsable: Ing. Geover Peña Monserrate, Ing Johan Párraga

Colaboradores: Dr. Ernesto Cañarte, Ing. Alma Mendoza (DNPV). Benny Avellán (NDT).

Antecedentes

El género *Coffea* (Rubiaceae) consta aproximadamente de 124 especies (Davis et al., 2011), dos de las cuales son de importancia económica a nivel mundial: *Coffea arábica* L, y *Coffea canephora* Pierre. La diversidad genética de *C. canephora* fue descrita por primera vez a nivel molecular en los años 1980 (Montagnon et al., 1992; Musoli et al., 2009; Leroy et al., 2013). Estos estudios revelaron la presencia de dos grupos principales de diversidad, el grupo congoleño y el grupo guineano, el grupo congoleño se subdivide en cinco subgrupos (SG1, SG2, B, C y UW). Sólo una pequeña parte de esta amplia diversidad (SG1 y SG2) se usa en los programas de mejoramiento actuales. Representa un tercio del comercio mundial de café en volumen y aproximadamente de USD \$ 5 mil millones (ICO 2013).

Las introducciones de *C. canephora* hacia el Ecuador de hicieron en los años 1951, 1964, 1972, 1977, 1986, desde el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE-Costa Rica). Se establecieron inicialmente en bancos de germoplasmas en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (INIAP). Fue diseminado progresivamente en la provincia de los Ríos y posteriormente hacia el litoral y la amazonia. (Plaza et al., 2016). En la actualidad este cultivo se está extendiendo en muchos lugares, adaptándose bien a hasta altitudes de 600 msnm en la costa, en las provincias del Guayas, Santa Elena, Los Ríos, Cotopaxi, Bolívar, Manabí, Santo Domingo y Esmeraldas; y en la Amazonia Norte que abarca las provincias de Napo, Orellana y Sucumbíos, donde se cultiva hasta los 700 msnm (Enríquez y Duicela, 2014).

Este cultivo para el Ecuador, tiene relevante importancia en los órdenes económicos, social y ambiental. El ingreso de divisas, por concepto de las exportaciones de café en grano e industrializado, en los últimos años, ha tenido variaciones significativas, pero sigue repercutiendo en la cadena agro productiva y económica nacional. Los cafetales de *C. canephora*, constituyen el 37 % de la producción nacional que corresponde a 0.48 t/ha de café y conforman muchos sistemas agroforestales que se localizan en amplias zonas agro ecológicas, constituyendo hábitat apropiado para la sobrevivencia de muchas especies de la fauna y flora nativa (Guerrero, 2016).

Sin embargo la baja producción del grano es el tema central en nuestro país, este déficit esta fomentado por la interacción de varios factores, entre los que se pueden citar: falta de disponibilidad de materiales mejorados, avanzada edad de las plantaciones tradicionales, problemas fitosanitarios, la baja producción, abandono de las plantaciones debido a los bajos precios y sustitución de plantaciones por otros cultivos como palma aceitera, maracuyá, cacao, piña, plátano, pastos, entre otros (COFENAC, 2012). Otros factores como la temperatura y la distribución de las lluvias, afectan la fenología del cultivo, su rendimiento, la calidad del cafeto e incluso la composición de los compuestos orgánicos de la bebida (Fournier y Di Stefano; Ruiz et al., 2009; Bertrand., 2012).

En este sentido es necesario reactivar la producción, con el uso de clones altamente productivos para suplir la creciente demanda por parte de la industria nacional, la que a su vez puede promover la competitividad del país en el mercado internacional. Se hace necesario, disponer de materiales de alto rendimiento y con buenas condiciones agronómicas y sanitarias, capaces de suplir este déficit de producción y las necesidades del mercado Industrial.

En la actualidad este cultivo se está extendiendo en muchas zonas agroecológicas, adaptándose bien a altitudes de hasta 600 msnm en las provincias del Guayas, Santa Elena, Los Ríos, Cotopaxi, Bolívar, Manabí, Santo Domingo y Esmeraldas; y en la Amazonia Norte que abarca las provincias de Napo, Orellana y Sucumbíos, donde se cultiva hasta los 700 msnm (Enríquez y Duicela 2014). El aumento en la necesidad del cuidado de estas zonas agroecológicas, evidencia la importancia de hacer un uso racional de los insumos de fuente química y orgánica con el fin de disminuir los riesgos de contaminación ambiental. La agricultura convencional puede ocasionar drenajes o lixiviación de los productos químicos utilizados a los ecosistemas, por ende es necesario la adopción de métodos ecotecnológicos que sirvan para reducir estas fuentes de contaminación (Jorgensen 2000). Mismo autor indica, que la aplicación de este principio en la práctica agrícola, implicaría el mínimo uso de fertilizantes químicos y pesticidas para reducir al máximo la transferencia de estos compuestos a los ecosistemas adyacentes.

En este contexto, uno de los retos de la agricultura en este siglo, es reducir la contaminación ambiental, donde la agricultura contribuye con cerca del 60% del total de emisiones de óxido nitroso o nitrito N_2O , considerado como un potente gas de efecto invernadero. Sumado a que el nitrógeno es uno de los insumos agrícolas más utilizados a nivel mundial y su eficiencia en el uso no sobrepasa el 50%, debido a procesos de pérdidas por lixiviación, desnitrificación, erosión y escorrentía que conllevan a problemas de contaminación, principalmente la contaminación de las aguas superficiales y profundas por nitrógeno en forma de nitratos según Piekielek, citado por Ochoa (2014).

Para la fertilización, es necesario tener en cuenta los requerimientos del cultivo y la disponibilidad del elemento en el suelo; así mismo conocer las pérdidas por volatilización, lixiviación, inmovilización y erosión (Malavolta 2006). Con el objetivo de medir el contenido de clorofila en las hojas se utiliza en la actualidad un medidor portátil de pigmentos clorofílicos (SPAD 502). Este dispositivo evalúa cuantitativamente la intensidad del verde de la hoja, midiendo las transmisiones de luz a 650nm, donde ocurre absorción de luz por la molécula de clorofila y a 940nm, donde no ocurre absorción. Este dispositivo permite mediciones instantáneas del valor correspondiente al contenido en la hoja (Argenta et al. 2001), normalmente, es altamente correlacionado con el contenido de clorofila de la hoja, identificando la deficiencia de nitrógeno, siendo un instrumento que cumple con los requisitos de entregar medidas rápidas, precisas, de bajo costo, fácil de usar, no destructivas y altamente correlacionadas entre clorofila foliar (Chl) y contenido de N (Novoa y Villagrán 2002); (Clevers y Kooistra 2012).

Se ha estimado la deficiencia de nitrógeno en café con el uso de este medidor, lo que significa que con este equipo se puede inferir si una planta de café tiene niveles adecuados de nitrógeno, que aseguren su máxima capacidad productiva, o si la planta

presenta condiciones de deficiencia no detectable de forma visual (Ramírez et al. 2012). El mismo autor indica que existe una correlación directa entre las lecturas relativas de clorofila obtenidas con un medidor de clorofila y los valores determinados en el laboratorio, tanto de clorofila como de N foliar.

En comparación con los métodos destructivos tradicionales, conviene resaltar que este equipo podría proporcionar un importante ahorro de tiempo, espacio y recursos. Además, su costo no es alto si se compara con el costo a largo plazo que puede generar la técnica de Kjeldahl por el uso de reactivos. Arregui et al. (2006) hace referencia a que los medidores de clorofila pueden ser útiles para diagnosticar el estado nutricional del cultivo y por tanto pueden ser empleados en estrategias de fertilización nitrogenada para mejorar la eficiencia del fertilizante, utilizándolos en combinación con métodos de análisis de suelo.

La clorofila es el principal pigmento que le proporciona la coloración verde a las plantas y el responsable de absorber la energía luminosa necesaria para iniciar el proceso de fotosíntesis, Siendo el N uno de los nutrientes que más limita la producción de los cultivos, debido a que junto con el potasio son los elementos de mayor nivel de demanda por unidad de materia seca, elemento que es decisivo y de mucha importancia en el rendimiento y calidad de las cosechas (Sadeghian 2008).

Dentro de la justificación del presente trabajo podemos indicar que los pigmentos clorofílicos son la base de la vida sobre el planeta Tierra, sustancias capaces de captar energía lumínica y transformarla en energía química mediante la fotosíntesis, siendo este uno de los procesos más importantes y complejos que soporta la vida en el planeta, las plantas realizan este proceso de transformación de la materia inorgánica CO_2 y H_2O en materia orgánica CH_2O y al mismo tiempo convierte la energía solar en energía química, este fenómeno ocurre en los cloroplastos que son organelos presentes en las hojas, en algas o en tallos verdes, estos cloroplastos se localizan en la membrana tilacoidal que contienen pigmentos, principalmente clorofila a, b y carotenoides agrupados en centros que de reacción capaces de absorber energía lumínica en diferentes rangos de longitud de onda. Las hojas pueden llegar a contener hasta un gramo de clorofila m^{-2} , aunque esta concentración es muy variable entre especies y sobre todo depende, entre otros factores, del estado nutricional, la edad o la historia lumínica previa de la planta (Manrique 2003).

El estudio de los pigmentos clorofílicos es indispensable ya que aporta información sobre productividad y eventos de estrés entre otros, además representa una medida de las dimensiones del sistema fotosintético y de su eficiencia (García et al. 2005). Esto determina la producción de biomasa de la planta en diferentes condiciones, de ahí que el estudio de los pigmentos clorofílicos puede contribuir a esclarecer el comportamiento y respuesta de los cultivos en la utilización de la energía lumínica, intercambio gaseoso, agua y nutrimentos durante su ciclo de desarrollo fenológico, lo que ayudaría a diseñar sistemas agroforestales eficientes (Fortes et al. 2010).

Por lo anterior expuesto la investigación cita como problema científico ¿existe alguna variación en la concentración de clorofila, rendimiento, contenido de nutrientes foliar y de suelo en los clones de café robusta? Con la siguiente hipótesis, la concentración de clorofila, el rendimiento y el contenido de nutrientes foliares varían entre los clones de café robusta de estudio para cada época de evaluación.

Objetivos

General

Evaluar el comportamiento de clorofila, rendimiento y estado nutricional en diferentes clones de café robusta (*Coffea canephora* Pierre)² en la EEP.

Específicos

1. Determinar la concentración de pigmentos clorofílicos en diferentes clones de café robusta en dos épocas del año (seca y lluviosa).
2. Analizar el contenido de nutrientes foliar y de suelo mediante análisis químico de laboratorio.
3. Analizar los rendimientos de los clones en estudio.

Metodología

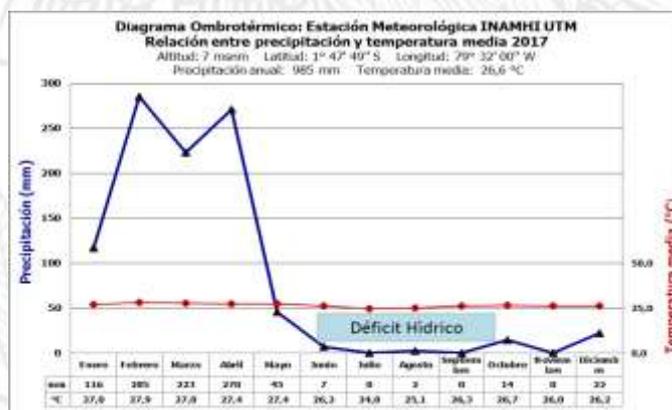
Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en INIAP, Estación Experimental Portoviejo, lote Teodomira, localizado en la parroquia Lodana del cantón Santa Ana, provincia de Manabí; presenta un bosque seco tropical de topografía plana, suelo franco arcilloso. Ubicada geográficamente a: 01°10'24'' de latitud sur y 80°23'24'' de longitud oeste, a 47 msnm².

Factores edafo-climáticos de la zona de estudio

La información climática de la zona de estudio se encuentra disponible del INAMHI¹, con temperatura promedio de 26,4 °C, precipitaciones medias de 851,57 mm anuales y humedad relativa de 81%. Adicional a esto se construyeron diagramas ombrotérmico o climogramas figura 12 y 13, considerado en el eje X los meses de año; en el Y1 (lado izquierdo), la precipitación mensual en milímetros, y en el eje Y2 (lado derecho), la temperatura media mensual, en grados centígrados.

La relación entre la precipitación y temperatura para la elaboración del climograma es dos milímetros de precipitación por cada grado centígrado (2mm=1°C) (Duicela 2016).



² INAMHI. Anuarios meteorológicos.

Figura 12. Climograma del año 2017 donde se realizaron evaluaciones correspondientes a la época seca.

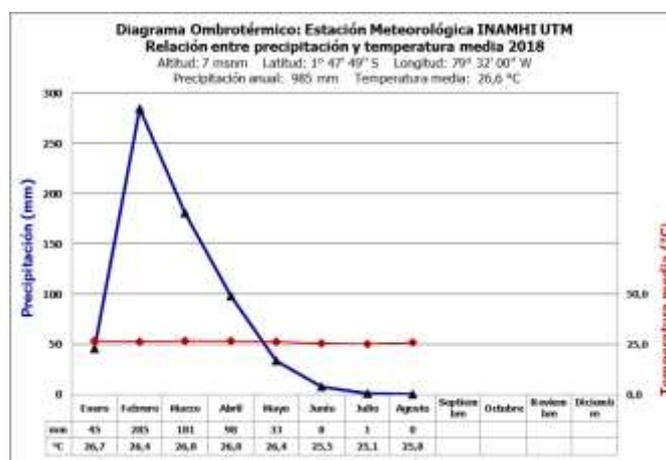


Figura 13. Climograma del año 2018 donde se realizaron evaluaciones correspondientes a la época lluviosa.

Características del experimento

Los datos se registraron en un experimento de café robusta de 3.5 años de establecimiento. Las plantas fueron multiplicadas de forma asexual mediante el enraizamiento de esquejes en cámaras húmedas en los invernaderos del INIAP Estación Experimental Tropical Pichilingue. Las procedencias corresponden a selecciones avanzadas de la EE-Central Amazónica y la EET-Pichilingue (Tabla 8). Se establecieron a un distanciamiento de 2.5 m entre hilera y 2.0 m entre plantas con una densidad de siembra de 2000 plantas/ha.

Factor en estudio

Clones de café robusta

Clones en estudio:

Tabla 8. Clones de café robusta en estudio y su lugar de procedencia.

Nº	CLON	PROCEDENCIA
1	LB-A11	EE-Central Amazónica
2	LB-A10	EE-Central Amazónica
3	LF-A7	EE-Central Amazónica
4	LE-A7	EE-Central Amazónica
5	COF-OO3 ARB.7	EET-Pichilingue
6	NP-4024 ARB. 4	EET-Pichilingue

Diseño experimental

Los datos se registraron en un experimento de café robusta establecido mediante un diseño de bloques completos al azar (DBCA) y tres réplicas, comprendidas por 10

plantas por clon en cada réplica. Para la presente investigación se seleccionaron al azar cuatro plantas como unidad experimental como se ilustra en la Figura 14.



Figura 14. Esquematzación y distribución de la unidad experimental.

Métodos estadísticos

El análisis de la información se la efectuó mediante el programa IBM SPSS Statistics 21. Se realizó la prueba de Levene para la verificación del supuesto de homogeneidad de varianza, y a su vez, se desarrolló la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk.

Se realizó estadística descriptiva, mediante los estadígrafos: mínimo, máximo, media, desviación típica y varianza. Se realizaron pruebas de T pareadas para las comparaciones de las mediciones medias de clorofila según la orientación este y oeste en ambas épocas. Luego se ejecutaron análisis de varianza simple con las variables respuestas; para establecer las diferencias estadísticas se utilizó la prueba de Duncan al 5% de significación estadística.

Manejo del experimento

En los seis meses de investigación se efectuó el mismo manejo al experimento en todas las actividades que se detallan continuación:

Control de malezas

Se inició con una aplicación química anual, utilizando un herbicida post-emergente para gramíneas (Centurión), aplicando 1 L/ha, mezclado con 0.5 L/ha de 2.4-D Amina 60 SL y 0.5 L/ha de regulador pH. Luego se ejecutaron controles manuales y mecánicos (mota guadaña) de acuerdo a los requerimientos, esta labor se la realizó de la misma forma y frecuencia para todo el experimento.

Riego del cultivo

Se realizaron riegos quincenales por gravedad, aplicando entre 60 y 100 milímetros de agua por mes (Enríquez y Duicela 2014). La información meteorológica de referencia se tomó del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, ubicado en la Estación “La Teodomira”.

Fertilización

La fertilización fue homogénea para todo el experimento, realizando dos aplicaciones anuales, una a inicios de la época lluviosa y la otra iniciando la época seca, efectuando una mezcla con fertilizantes a base NPK (10-30-10) y micro elementos (Ca 20%, Mg 12%, S 5%, B 1%, Zn 2%, Cu 0.5%, Si 13%, Fe 0.25%, Mn 0.2%, Mo 0.03%, Co 0.001%, y Ni 0.005%) en dosis de 200 g.planta-1.

Podas

Las podas en el café robusta se realizaron con el objetivo de modificar el hábito de crecimiento, balancear la cantidad de tejido vegetativo, equilibrar la entrada de luz y mejorar la aireación interna. Entre las podas que se realizaron durante la presente investigación se encuentran:

1. Poda de mantenimiento.- Entre las podas de mantenimiento se realizaron con mayor frecuencia la eliminación de chupones o desbrote, ya que las planta de café tienden a emitir brotes ortotrópicos denominado “chupones” que aparecen por el largo del eje principal y ocasionalmente sobre las ramas plagiotrópicas primarias, esto ocurre en mayor proporción cuando el tallo principal se inclina por el peso de la producción o naturalmente. Esta actividad consistió en eliminar los chupones manualmente preferentemente antes de la floración, utilizando una tijera de podar, luego de la labor es protegió la herida con una pasta cúprica (Duicela 2017).

2. Poda fitosanitaria.- Consistió en eliminar de las plantas de café, todas aquellas partes del tallo, ramas y hojas afectadas por problemas fitosanitarios, los problemas más frecuentes son las ramas afectadas por taladrador de la ramilla (*Xylosandrus morigerus* Blandford) y ramas y hojas necrosadas por afectaciones de hongos. Esta poda se la realizó generalmente cuando se efectuaron las podas de mantenimiento, y de forma manual, utilizando tijeras de podar, aplicando pasta cúprica en las heridas y desinfectando la herramienta frecuentemente.

Manejo de la sombra

Se estableció como sombra temporal plátano (*Musa* spp), a una distancia de 6 x 6 metros durante los dos primeros años de estudio, a la par se manejó la sombra permanente utilizando arboles de guaba (*Inga edulis*) a una distancia de 8 x 8 metros, se realizaron podas de formación y mantenimiento, con el objeto de mantener un buen equilibrio fuste – copa y regular en entrada de aire y luz solar.

VARIABLES A EVALUAR

Las mediciones de las variables se realizaron en dos épocas, desde agosto a octubre de 2017 que comprendió la época seca y de febrero a abril de 2018 que comprendió la época lluviosa.

Contenido de clorofila en clones de café robusta

El contenido de clorofila se determinó utilizando el dispositivo portátil Minolta® SPAD 502, las lecturas se tomaron en el tercio medio de cuatro plantas (parcela útil) de cada clon, seleccionando dos ramas o bandolas preferentemente donde se concentraba la mayor producción de café.

Las mediciones se realizaron en cada planta seleccionando bandolas en dos orientaciones este y oeste, para ello se seleccionaron hojas fisiológicamente maduras (cuarto par de hojas en adelante) y que presentasen buen estado fitosanitario.

De cada hoja se tomaron dos medidas, una a cada lado de la vena central sin alcanzar las nervaduras; previamente a la toma de medidas se limpió la superficie de las hojas con una tela de algodón limpia, este procedimiento se lo realizó en horarios de 8:00 a 11:00 am para mejor funcionamiento del dispositivo y para mayor seguridad en los datos obtenidos.

Análisis de nutrientes foliar y de suelo

Para diagnosticar y evaluar el estado nutricional foliar y de suelo, se ejecutaron análisis químico en el laboratorio de suelos y aguas del INIAP Estación Experimental Tropical Pichilingue, para cada clon y por replica, al final de cada época de evaluación (seca y lluviosa) respectivamente.

Análisis de Tejido Vegetal

Posterior a las mediciones de clorofila, se efectuaron los análisis de tejido vegetal, que involucran los siguientes elementos (N, P, K, Ca, Mg).

Se tomaron las muestras de tejido foliar del tercio medio de la planta, ubicando la rama o bandola donde se encontraba concentrada la producción y donde se evaluó el contenido de pigmentos clorofílicos con el SPAD-502, de esta bandola se tomaron hojas maduras incluido el peciolo con buen estado fitosanitario.

Las muestras foliares se tomaron de las cuatro plantas seleccionadas como unidad experimental, colectando cuatro hojas por planta, haciendo un total de 16 hojas por muestra, esto para cada repetición. Las muestras se recogieron en horarios de 8:00 a 11:00 am. Luego a la toma de muestras se identificaron y se guardaron en bolsas de papel para evitar contaminación con otros elementos y para evitar cambios químicos en las muestras.

Análisis de suelo

Para el análisis de suelo se realizó un muestreo aleatorio en zigzag a una profundidad de (20 cm). Se tomaron 15 sub muestras representativas para el experimento, utilizando un barreno de aluminio; se homogenizaron las sub muestras y se dejaron secar bajo sombra por 5 días, luego se tomó aproximadamente 1 kg de suelo y se envasó en una bolsa de papel rotulada, que posteriormente fue trasladada a los laboratorios de suelos del INIAP, se realizó el análisis de suelo, que consistió en la determinación de los elementos: (pH, N, P, K, Mg, S, Fe, Cu, Mn, B, Zn, B, Mo).

Rendimiento de café cereza

En la variable rendimiento se tomó la producción de café cereza (PCC) del año 2017, debido a que es el tercer año de producción, y los rendimientos son más estables que los años anteriores. Se registró el peso de la cosecha en cada una de las plantas. La producción se determinó en kg de cereza/planta-1, y luego se estimó el rendimiento en kg/ha-1, en base a la densidad poblacional del ensayo (2,5 x 2 m= 2000 plantas/ ha-1).

Esta variable fue registrada en base a la guía técnica “Mejoramiento y homologación de los procesos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café” (Loor et al. 2016).

Resultados

Contenido de clorofilas en las orientaciones este y oeste en clones de café

El análisis de dícimas (prueba de hipótesis) pareada mostró que en la mayoría de los clones no existió diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las dos orientaciones, con la excepción del clon LB-A10 en la época de lluvia en que el contenido de clorofilas mostró diferencias significativas en las hojas en dependencia de su posición este u oeste a un nivel de significancia del 5%, no existiendo diferencia significativa si se analiza con un nivel de significancia del 1% (Tabla 9).

Tabla 9. Contenido de clorofila en unidades SPAD en clones de café considerando la orientación este y oeste para las dos épocas de evaluación.

ÉPOCA	CLONES	ORIENTACIÓN		SIG.	P. Valor
		Media (Este)±SE	Media (Oeste) ±SE		
SECA	LB-A11	57.90±0.616	57.98±0.705	N.S	0.906
	LB-A10	58.10±0.774	57.68±0.765	N.S	0.518
	LF-A7	60.67±0.737	61.37±0.676	N.S	0.350
	LE-A7	60.82±0.675	59.77±0.829	N.S	0.131
	COF-OO3 ARB.7	63.05±0.634	62.82±0.641	N.S	0.753
	NP-4024 ARB. 4	58.57±0.641	57.67±0.609	N.S	0.203
LLUVIOSA	LB-A11	61.66±0.533	63.01±0.668	*	0.019
	LB-A10	61.94±0.663	61.86±0.626	N.S	0.862
	LF-A7	66.75±0.526	67.59±0.467	N.S	0.125
	LE-A7	65.88±0.608	66.12±0.525	N.S	0.702
	COF-OO3 ARB.7	68.83±0.539	69.23±0.548	N.S	0.534
	NP-4024 ARB. 4	63.25±0.724	62.65±0.836	N.S	0.282

SE: Error Estándar

SIG: Significancia de las Dícimas T Pareadas

N.S: No Significancia ($p > 0,05$)

*: Significancia 5% ($p < 0,05$)

** : Significancia 1% ($p < 0,05$)

Teniendo en cuenta estos resultados se consideró procedente realizar los análisis de varianza simple para el contenido de clorofilas por mes en cada época con los valores de las 4 observaciones por planta en las dos orientaciones.

Contenido de clorofilas en época seca

En la Tabla 10 se presentan los valores medios de las clorofilas en los clones de café robusta en tres momentos de la época seca desde agosto a septiembre. De acuerdo al análisis de varianza trabajando con un nivel de significancia del 5%, se comprueba

que se rechaza la hipótesis de homogeneidad de las medias. El análisis post hoc utilizando la prueba de Duncan, permite realizar la clasificación de los distintos clones en estudio.

Tabla 3. Contenido de clorofilas en unidades SPAD en clones de café robusta época seca.

Época	Meses	Clon	Media \pm SE
Seca	Agosto	LB-A11	59.56 \pm 0.66 (a)
Seca	Agosto	LB-A10	56.84 \pm 0.97 (b)
Seca	Agosto	LF-A7	60.94 \pm 0.79 (a)
Seca	Agosto	LE-A7	60.15 \pm 1.06 (a)
Seca	Agosto	COF-OO3 ARB.7	59.81 \pm 0.58 (a)
Seca	Agosto	NP-4024 ARB. 4	56.25 \pm 0.80 (b)
Seca	Septiembre	LB-A11	59.19 \pm 0.48 (cd)
Seca	Septiembre	LB-A10	58.02 \pm 0.65 (d)
Seca	Septiembre	LF-A7	61.65 \pm 0.61 (ab)
Seca	Septiembre	LE-A7	60.47 \pm 0.69 (bc)
Seca	Septiembre	COF-OO3 ARB.7	62.94 \pm 0.54 (a)
Seca	Septiembre	NP-4024 ARB. 4	57.86 \pm 0.55 (d)
Seca	Octubre	LB-A11	57.94 \pm 0.47 (c)
Seca	Octubre	LB-A10	57.89 \pm 0.54 (c)
Seca	Octubre	LF-A7	61.02 \pm 0.50 (b)
Seca	Octubre	LE-A7	60.29 \pm 0.53 (b)
Seca	Octubre	COF-OO3 ARB.7	62.93 \pm 0.45 (a)
Seca	Octubre	NP-4024 ARB. 4	58.12 \pm 0.44 (c)

Letras desiguales indican diferencias significativas para la prueba de Duncan $p < 0,05$.

SE: Error Estándar

Media: Valores medios de clorofila

En el mes de agosto los mayores contenidos de clorofilas lo registraron los clones LE-A7, LF-A7, COF-003 árbol 7, LB-A11 con contenidos medios de 60.94, 60.15, 59.81, 59.56 unidades SPAD, sin diferencias significativas entre ellos, pero difieren significativamente de los clones LB-A10 y NP-4024 árbol 4 con valores medios de 56.84 y 56.25 unidades SPAD respectivamente.

Para el mes de septiembre el mayor valor de clorofila se presentó en los clones COF-003 árboles 7 con 62.94 unidades SPAD y el clon LF-A7 con 60.94 unidades SPAD, no existiendo diferencias significativas entre ambos clones. El clon LF-A7 no presentó diferencias significativas con el clon LE-A7 (60.02 unidades SPAD) pero sí con el resto de los clones. Tampoco existió diferencia significativa entre este último clon LE-A7 y el LB-A11 (59.19 Unidades SPAD). El clon LB-A11 no presentó diferencias significativas con los clones LB-A10 (58.02 unidades SPAD) y el NP-4024 árbol 4 (57.86 unidades SPAD), los cuales fueron lo que alcanzaron los menores valores de clorofila de manera significativa.

En el mes de octubre el mayor valor lo obtuvo el clon COF-003 árbol 7 con 62.93, que difirió significativamente de todos los clones. En un segundo nivel se ubicaron los clones LF-A7 y LE-A7 que no se diferenciaron estadísticamente entre sí pero

difieren de los clones NP-4024 árbol 4, LB-A11 y LB-A10 que mostraron los menores valores 58.12, 57.94 y 57.89 unidades SPAD.

Tomando en cuenta los tres momentos de la época seca en la Figura 15 podemos observar el consolidado de las concentraciones de clorofila en los clones de café robusta para la época seca, donde de acuerdo al análisis de varianza existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los clones, agrupando tres niveles estadísticos, en un primer nivel lo obtuvo el clon COF-003 árbol 7, con 62.93, que difirió significativamente de todos los clones. En un segundo nivel se ubicaron los clones LF-A7 y LE-A7 con valores de 61.02 y 60.29 unidades que no se diferenciaron estadísticamente entre sí pero difieren de los clones NP-4024, LB-A11 y LB-A10 con 58.12, 57.94 y 57.89 unidades SPAD respectivamente.

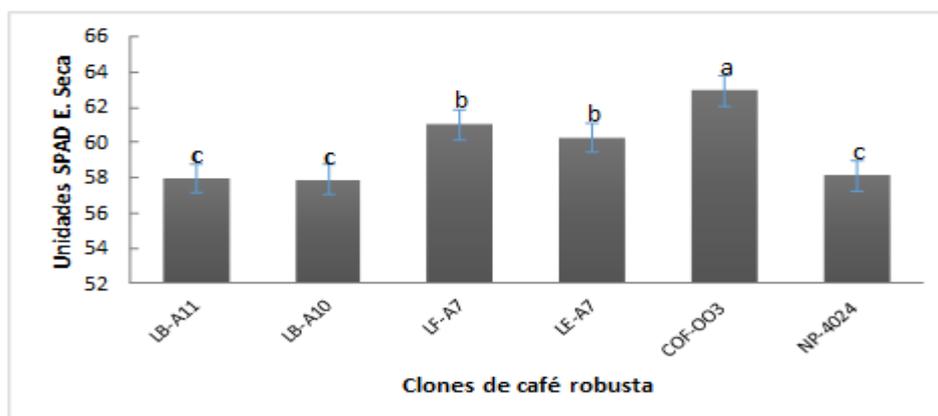


Figura 15. Valores medios del contenido de clorofilas en unidades SPAD en clones de café robusta época seca.

Contenido de clorofila época lluviosa

En la Tabla 11 se presentan los valores medios de las clorofilas en los clones de café robusta en tres momentos de la época lluviosa desde el mes de febrero hasta abril.

Tabla 11. Contenido de clorofilas en unidades SPAD en clones de café robusta época lluviosa.

Época	Meses	Clon	Media \pm SE
Lluvia	Febrero	LB-A11	59.00 \pm 0.66 (c)
Lluvia	Febrero	LB-A10	58.55 \pm 0.97 (c)
Lluvia	Febrero	LF-A7	62.11 \pm 0.79 (b)
Lluvia	Febrero	LE-A7	61.51 \pm 1.06 (b)
Lluvia	Febrero	COF-003 ARB.7	64.54 \pm 0.58 (a)
Lluvia	Febrero	NP-4024 ARB. 4	58.95 \pm 0.80 (c)
Lluvia	Marzo	LB-A11	59.36 \pm 0.48 (c)
Lluvia	Marzo	LB-A10	59.01 \pm 0.65 (c)
Lluvia	Marzo	LF-A7	62.93 \pm 0.61 (b)
Lluvia	Marzo	LE-A7	62.54 \pm 0.69 (b)
Lluvia	Marzo	COF-003 ARB.7	65.47 \pm 0.54 (a)
Lluvia	Marzo	NP-4024 ARB. 4	59.78 \pm 0.55 (c)
Lluvia	Abril	LB-A11	60.14 \pm 0.47 (c)
Lluvia	Abril	LB-A10	59.90 \pm 0.54 (c)
Lluvia	Abril	LF-A7	64.10 \pm 0.50 (b)

Lluvia	Abril	LE-A7	63.15±0.53 (b)
Lluvia	Abril	COF-003 ARB.7	65.98±0.45 (a)
Lluvia	Abril	NP-4024 ARB. 4	60.54±0.44 (c)

Letras desiguales indican diferencias significativas para la prueba de Duncan $p<0,05$.

SE: Error Estándar

En cuanto a las concentraciones de clorofila en los tres meses de la época lluviosa podemos observar que los clones presentan el mismo patrón en cuanto a las categorías estadísticas obtenidas en la prueba de significación con los valores SPAD en los tres momentos de medición, en este sentido para cada mes se agruparon tres categorías estadísticas obteniendo la mayor concentración de clorofila el clon, COF-003 árbol 7, siendo diferente de los demás clones. La segunda categoría la conforman los clones LF-A7 y LE-A7, no diferenciándose estadísticamente entre ellos pero sí con los clones LB-A11, NP-4024 árbol 4 y LB-A10.

En la Figura 16 se presenta el consolidado de las concentraciones de clorofila en clones de café robusta para la época lluviosa. De acuerdo al análisis de varianza existen diferencias significativas ($p<0,05$) entre los clones, agrupando tres categorías estadísticas, sobresaliendo claramente el clon COF-003 árbol 7 con 65.98 unidades SPAD difiriendo de los demás clones. En la segunda categoría se ubican los clones LF-A7 y LE-A7, con valores de 64.10 y 63.15 unidades respectivamente, compartiendo categoría ente sí, pero diferenciándose de los clones NP-4024 árbol 4, LB-A11 y LB-A10 con las menores concentraciones 60.54, 60.14 y 59.90 unidades.

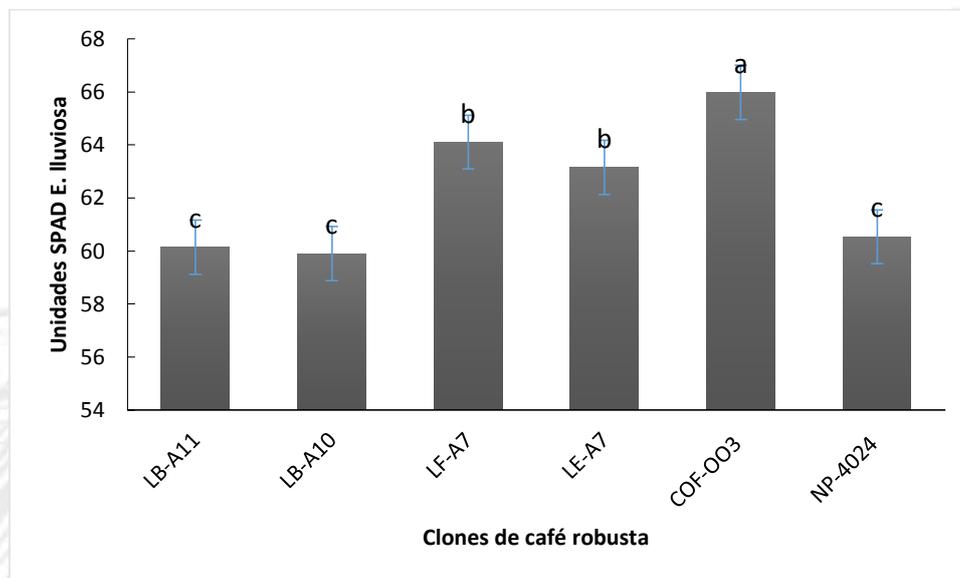


Figura 16. Valores medios del contenido de clorofilas en unidades SPAD en clones de café robusta época lluviosa.

Cabe indicar que los contenidos de clorofilas obtenidos en el consolidado de la época seca y lluviosa presentaron variaciones y conservaron el mismo patrón, siendo más elevadas las concentraciones de clorofilas obtenidas en la época lluviosa. En cuanto a las diferencias en la concentración de pigmentos clorofílicos en las dos épocas de evaluación es importante recalcar que las mayores concentraciones se obtuvieron en la época lluviosa para todos los clones en estudio.

Análisis de nutrientes foliares y de suelo en la época seca.

Es importante mencionar que en las variables que se trabajaron en porcentajes se realizaron transformaciones de las mismas (Arcoseno) para el cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza. Los resultados originales de los análisis foliares y de suelos para ambas épocas se encuentra en anexos. En este sentido en la Tabla 12 se presenta la concentración foliar de los elementos nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio en la época seca, donde podemos observar que para N no existieron diferencias significativas ($p \geq 0,05$) entre los clones de café robusta, los valores oscilan entre 1.77% y 1.97%.

Tabla 12. Concentración foliar de nutrientes en clones de café robusta época seca.

Clones	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
	<i>Media ± SE</i>				
LB-A11	1.80±0.10 (a)	0.12±0.006 (abc)	1.49±0.066 (b)	2.83±0.447 (ab)	0.42±0.048 (ab)
LB-A10	1.87±0.19 (a)	0.10±0.000 (c)	1.20±0.017 (b)	3.04±0.309 (a)	0.41±0.035 (ab)
LF-A7	1.97±0.13 (a)	0.11±0.006 (bc)	1.26±0.082 (b)	2.57±0.222 (ab)	0.45±0.015 (a)
LE-A7	1.83±0.19 (a)	0.12±0.000 (abc)	1.38±0.091 (b)	2.62±0.244 (ab)	0.44±0.019 (a)
COF-OO3	1.77±0.18 (a)	0.14±0.012 (ab)	1.33±0.056 (b)	2.05±0.036 (bc)	0.35±0.015 (bc)
NP-4024	1.77±0.15 (a)	0.15±0.003 (a)	2.18±0.149 (a)	1.62±0.091 (c)	0.31±0.012 (c)
P. Valor	0.9407	0.0021	0.0001	0.0231	0.0198

Letras desiguales indican diferencias significativas para la prueba de Duncan $p < 0,05$.

Media: Valores medios de nutrientes

SE: Error Estándar

En cuanto al P de acuerdo al análisis de la varianza existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los clones en estudio, ubicando en la primer categoría los clones NP-4024 árbol 4, COF-OO3 árbol 7, LE-A7 y LB-A11 con concentraciones de 0.15%, 0.14% y 0.12% respectivamente, sin diferencias estadística entre sí. El clon LF-A7 no presentó diferencias significativas con el LB-A11, LE-A7 y COF-003 árbol 7. El clon LB-A10 (0.10%) es significativamente homogéneo al LE-A7, LB-A11 y LF-A7 con los menores valores 0.12%, 0.12% y 0.11% respectivamente.

EL K de acuerdo a prueba de significación estadística presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los clones de estudio con el mayor valor el clon NP-4024 árbol 4 con 2.18%, diferenciándose de los demás clones, mientras que los clones LB-A11, LB-A10, LF-A7, LE-A7 y COOF-003 árbol 7 se agruparon en otra categoría siendo similares estadísticamente. En cuanto al Ca de acuerdo a la prueba de significación estadística existen diferencias significativas ($p < 0,05$), los clones LB-A10, LB-A11, LE-A7 y LF-A7, con valores medios de 3.03%, 2.83%, 2.62% y 2.57% compartieron la misma categoría estadística. El clon COOF-003 árbol 7 (2.05%) no presentó diferencias significativas con los clones LB-A11, LE-A7 y LF-A7; tampoco con el clon NP-4024 árbol 4 (1.62%) que presentó los más bajos niveles de calcio.

Finalmente el Mg, de acuerdo al análisis de varianza existen diferencias significativas ($p < 0,05$), con los mayores valores los clones LF-A7, LE-A7, LB-A11 y LB-A10 con valores medios de 0.45%, 0.44%, 0.42%, 0.41% siendo similares entre sí estadísticamente. El clon COOF-003 árbol 7 (0.35%) no presentó diferencias significativas con los clones LB-A11 y LB-A10; tampoco con el clon NP-4024 árbol 4 (0.31%), representando este los niveles más bajos de Mg.

Análisis de nutrientes foliar y de suelo época lluviosa

Para la época lluviosa se presenta en la Tabla 13 los resultados de los análisis de tejido vegetal, de acuerdo al análisis de varianza para el N, P y Ca no existieron diferencias significativas ($p \geq 0,05$), entre los clones. Sin embargo, para el K existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los clones de estudio, con el mayor valor para el clon NP-4024 árbol 4 con 1.86%, diferenciándose de los demás el resto de clones compartieron categoría estadística similares entre ellos.

El magnesio, de acuerdo a la prueba de significación estadística de ANOVA, presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los clones, ubicando en primer nivel los clones LF-A7, LE-A7 y LB-A11 con los mayores porcentajes 0.46%, 0.43% y 0.41% siendo similares entre sí. Los clones LE-A7 y LB-A11 no presentaron diferencias significativas con el clon LB-A10 (0.39%); este último, en conjunto con el clon LB-A11 tampoco tuvieron diferencias significativas con el NP-4024 árbol 4 (0.36%) que en conjunto con el clon COOF-003 árbol 7 (0.35%) presentaron los valores más bajos de magnesio no existiendo diferencias significativas entre ellos.

Tabla 13. Concentración foliar de nutrientes en clones de café robusta en la época lluviosa.

Clones	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
	Media \pm SE				
LB-A11	1.87 \pm 0.06 (a)	0.12 \pm 0.01 (a)	1.55 \pm 0.05 (b)	2.78 \pm 0.20 (a)	0.41 \pm 0.02 (abc)
LB-A10	1.88 \pm 0.09 (a)	0.12 \pm 0.01 (a)	1.43 \pm 0.13 (b)	2.95 \pm 0.15 (a)	0.39 \pm 0.02 (bcd)
LF-A7	1.87 \pm 0.08 (a)	0.12 \pm 0.01 (a)	1.47 \pm 0.12 (b)	2.68 \pm 0.11 (a)	0.46 \pm 0.01 (a)
LE-A7	1.87 \pm 0.10 (a)	0.12 \pm 0.03 (a)	1.43 \pm 0.05 (b)	2.53 \pm 0.14 (a)	0.43 \pm 0.02 (ab)
COF-OO3	1.82 \pm 0.09 (a)	0.13 \pm 0.01 (a)	1.27 \pm 0.04 (b)	2.45 \pm 0.19 (a)	0.35 \pm 0.01 (d)
NP-4024	1.75 \pm 0.11 (a)	0.14 \pm 0.03 (a)	1.86 \pm 0.16 (a)	2.26 \pm 0.29 (a)	0.36 \pm 0.02 (cd)
P. Valor	0.8983	0.2191	0.0099	0.1606	0.0011

Letras desiguales indican diferencias significativas para la prueba de Duncan $p < 0,05$.

Media: Valores medios de nutrientes

SE: Error Estándar

Los resultados del análisis de suelo en la zona de estudio para las dos épocas se refleja en la Tabla 14, de acuerdo a la interpretación del laboratorio de suelos y agua del INIAP, se observa que el N se encuentra en niveles medios, mientras que el P, K, Ca y Mg presentan niveles altos. El pH se encuentra prácticamente neutro 7.1 para la época seca y 7.4 época lluviosa. La M.O muestra porcentajes bajos y la sumatoria de bases intercambiales para la época seca es de 23.46 y para la época lluviosa 32.39 meq/100ml.

Tabla 14. Resultados de análisis de suelo en zona de estudio en la época seca y lluviosa.

ÉPOCA	Ppm		meq/100ml			%	Ph	meq/100ml			
	NH4	P	K	Ca	Mg	M.O.		Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases
Seca	32	44	2.86	17	3.6	1.0	7.1	4.7	1.26	7.20	23.46
	(M)	(A)	(A)	(A)	(A)	(B)	(PN)				
Lluviosa	36	74	3.49	26	2.9	1.1	7.4	8.9	0.83	8.28	32.39
	(M)	(A)	(A)	(A)	(A)	(B)	(PN)				

B: Niveles Bajos

M: Niveles Medios

A: Niveles Altos

PN: Prácticamente neutro

Los porcentajes de materia seca expresados en los análisis para el Nitrógeno de acuerdo a la interpretación del laboratorio de suelos y agua del INIAP, se encuentran deficientes en todos los clones de estudio, esto para las dos épocas seca y lluviosa, así mismo en base a los rangos de concentración foliar de nutrientes en café consideran niveles bajos 2.0% a 2.5%, niveles medios 2.5% a 3.0% y altos >3.0% (INPOFOS 1994), de igual manera Valencia (1995) menciona que los rangos normales de nitrógeno en las hojas de café en producción varían entre 2.30% y 2.80% y esto estará determinado por la disponibilidad de N en el suelo y la cantidad de nitrógeno absorbido por la planta.

Sin embargo el N de acuerdo al análisis de suelo, se encuentra en niveles medios para ambas épocas seca y lluviosa. En este sentido la deficiencia a nivel foliar podría atribuirse al mayor consumo de N por la planta a través del tiempo en la producción de nuevas estructuras vegetativas y reproductivas ya que esta especie está en constante crecimiento y producción; otro factor podría estar asociado a la alta intensidad lumínica en el año 1227 horas luz, lo que puede afectar a la acumulación de N en las hojas, dado que el metabolismo de la planta se incrementa, disminuye la concentración de N Foliar, y por ende se aumentan los requerimientos de este elemento (Marín 2014). Sin embargo se han reportado aumentos en el contenido de clorofila, con buenos contenidos de nitrógeno en hojas de *Pinus pinaster* por Seneweera et al. (2011). Probablemente debido a que el nitrógeno favorece la absorción de Mg, que influencia la síntesis de clorofila (Gárate y Bonilla 2000). Así, uno de los factores importantes que indican la importancia de la fertilización nitrogenada es el contenido de pigmentos clorofílicos en las hojas (Kopsell et al. 2004).

En cuanto al P concentrado en las hojas en las dos épocas seca y lluviosa, podemos mencionar que se encuentran en cantidades medias de acuerdo a INPOFOS (1994) donde se plantea rangos bajos de concentración foliar de fósforo menores a 0.11%, niveles medios 0.11% a 0.15% y altos 1.5% a 1.8%. Sin embargo el P en el suelo se encuentra en niveles altos en las dos épocas, esto debido a que en el sistema suelo-planta, el 90 % del fósforo está en el suelo y menos del 10% repartido fuera del suelo, además sólo una pequeña parte de ese 90 % es utilizable por los vegetales, formando parte de las proteínas y lípidos, desempeñando un papel metabólico en la respiración, favoreciendo la síntesis de clorofila, y constituyendo del 0.1% al 5% de la materia seca en general (Fernández 2007).

El K presenta valores adecuados para las dos épocas de acuerdo a la interpretación de los análisis realizados en INIAP, así mismo en base a los rangos de concentración foliar de nutrientes en café proporcionados por INPOFOS (1994) consideran niveles bajos 1.1% a 1.5%, niveles medios 1.5% a 1.8% y altos >1.8%. Al igual que en los análisis de suelo el K presenta niveles altos, siendo este el más abundante en la célula vegetal, jugando un rol significativo en la regulación de la conductancia estomática, es activador del sistema enzimático e interviene en más de 60 reacciones enzimáticas lo cual favorece el proceso de fotosíntesis (Barnes et al. 1995).

Para el Ca de acuerdo a los análisis realizados en INIAP, se ubican en valores excesivos en las hojas. Así mismo en base a los rangos de concentración foliar de nutrientes en café que consideran niveles bajos $<0.7\%$, niveles medios 0.7% a 1.3% y altos $>1.3\%$, se encuentran por encima de los valores normales $>1.3\%$ (INPOFOS 1994). Así mismo en los análisis de suelos realizados el Ca se encuentra en concentración altas, esto podría estar incidiendo en los excesivos valores encontrados en los análisis foliares ya que es acumulado específicamente en las hojas, siendo este necesario para el desarrollo de los meristemas apicales (Valencia 1995).

En el Mg de acuerdo a la interpretación del análisis se encuentran entre altos y excesivos, según los rangos planteados por INPOFOS (1994) considerando valores mínimos $<0.16\%$, niveles medios $0.16\% - 0.35\%$ y niveles altos $> 0.35\%$. Estos niveles altos favorecen la actividad de los pigmentos fotosintéticos, siendo el átomo central de la clorofila y las variaciones de sus niveles en el cloroplasto regulan la actividad enzimática en la constitución de la clorofila, base de la fotosíntesis (Alcántar y Trejo 2008). Sin embargo los excesos de magnesio podrían inhibir el crecimiento de las plantas y reducir la tasa de fotosíntesis en las hojas, en particular durante los periodos de sequía (Aguilar 2011). Los nutrientes minerales tienen funciones esenciales y específicas en el metabolismo de las plantas, como activadores de reacciones enzimáticas, osmorreguladores y constituyentes de estructuras orgánicas de las plantas (Latsague et al. 2014).

El análisis de suelo proporcionó otras informaciones complementarias, el pH del suelo es de 7.1 para la época seca y 7.4 para la época lluviosa superando los rangos óptimos que son 5.6 y 6.5 para el cultivo de café, no obstante este valor no debe afectar la absorción de nutrientes. La materia orgánica se encuentra en niveles bajos (1.0%) en comparación con los niveles reportados por Sadeghian (2008) cuyo contenido normalmente deben estar entre 5 y 25%; como también lo manifiesta Duicela (2017) rangos inferiores a 5% son deficientes para el café, la diferencia debe suministrarse a través de la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos que lo contengan. La relación de cationes intercambiables para Ca/Mg es de 4.7, para Mg/K es de 1.26 y Ca+Mg/K de 7.20 dando como sumatoria de bases 23.46 meq/100ml. Estos resultado se encuentran dentro de los rangos óptimos mencionados por Duicela (2017) donde para Ca/Mg de 2.8 – 8.0, para Mg/K de 7.5 – 15.0, Ca+Mg/K de 7.20 se sugiere que la sumatoria de bases debe estar entre 15 y 30 meq/100ml.

En resumen, de acuerdo a los análisis foliares de nutrientes en las dos épocas el N se encuentra en niveles deficientes, esto podría atribuirse al mayor consumo por la planta en la producción de nuevas estructuras vegetativas y reproductivas. El P en niveles medios lo que podría afectar la síntesis de clorofila, el K en niveles adecuados siendo el más abundante en la célula vegetal y jugando un rol significativo en la regulación de la función estomática, el Ca y Mg en niveles excesivos lo que podría incidir en el crecimiento de las plantas y reducir la tasa de fotosíntesis en las hojas.

No obstante estos niveles de nutrientes en las hojas han originado que las concentraciones de clorofilas se encuentran en valores adecuados en las dos épocas de evaluación, pudiendo estar asociada esta respuesta al contenido del magnesio. De acuerdo a Cakmak y Marschner (1992) reportan que hojas de frijol con suministros pobres de magnesio contienen menos clorofila en comparación a hojas con concentraciones altas de magnesio. Esta relación positiva establecida se atribuye

principalmente a que es un elemento que forma parte de la estructura de las clorofilas, encontrándose también afectaciones a otros pigmentos vegetales.

Rendimiento de café cereza

En la Tabla 15 se presentan los resultados de los estadísticos descriptivos en la variable rendimiento de los 6 clones en estudio, se puede observar que el número de plantas evaluadas varía en dependencia del clon, esto a consecuencia de que en ciertos tratamientos existen plantas muertas por problemas en el establecimiento inicial. Las medias en cuanto a la producción varían de 4.85 kg para el mayor rendimiento a 2.71 kg para el de menor rendimiento de café cereza por planta, esto nos da indicios de la variación que existe en cuanto a los rendimientos de los clones de estudio.

Tabla 15. Análisis comparativo del rendimiento de café cereza en kg/planta año 2017.

Variables	N	Media± S.E
LB-A11	24	4.85±0.41 a
LB-A10	26	2.71±0.24 b
LF-A7	29	4.58±0.39 a
LE-A7	26	4.22±0.41 ab
COF-OO3 ARB.7	28	3.76±0.39 ab
NP-4024 ARB. 4	30	4.16±0.38 ab

Letras desiguales indican diferencias significativas para la prueba de Duncan $p < 0,05$.

De acuerdo al análisis de varianza existieron diferencias significativas ($p < 0,05$), ubicando con los mayores rendimientos los clones LB-A11, LF-A7, LE-A7, NP-4024 árbol 4 y COF-OO3 árbol 7 con 4.85, 4.58, 4.21, 4.16 y 3.75 kg/planta/año, que corresponde a 9.7, 9.2, 8.42, 8.32 y 7.5 toneladas de café cereza por hectárea, siendo similares estadísticamente entre sí. El clon LB-A10 con el menor rendimiento 2.71 kg/planta/año que equivale a 5.42 toneladas de café cereza por hectárea, comparte categoría estadística con los clones LE-A7, NP-4024 árbol 4 y COF-OO3 árbol 7, pero difiere de los clones LB-A11, LF-A7.

Relacionando los valores de clorofilas, rendimiento y nutrientes obtenidos en la presente investigación, podemos mencionar que el clon COF-003 árbol 7 presentó los valores más elevados de clorofila en los tres momentos de la época seca y lluviosa, estando dentro de los rangos óptimos para el cultivo del café. Este mismo clon se ubicó estadísticamente en el grupo de los clones con mayores rendimientos.

Esta relación ha sido reportada en maíz, donde las lecturas SPAD para alcanzar el 95 y 96% de la producción aumentaron durante el ciclo del cultivo (Sainz Rozas 1998). Sin embargo el contenido foliar de N se encontró en concentraciones deficientes a pesar que la cantidad en el suelo presenta niveles medios, esto podría estar asociado al excesivo consumo de este elemento, ya que la floración y producción de esta especie (robusta) en las condiciones de estudio responde directamente a los riegos realizados y la lluvia, y conlleva a una producción constante durante todo el año. Además el nitrógeno favorece la absorción de Mg, elemento que se reportó en exceso y que influye la síntesis de clorofila (Gárate y Bonilla 2000). Los niveles elevados a nivel

foliar y de suelo de P, K, Ca y Mg pudieron haber influenciado a que las concentraciones de clorofila se presenten en concentraciones óptimas en comparación con otros trabajos realizados en café.

Es importante destacar que el ensayo de investigación de café robusta donde se evaluó en contenido de clorofila, se encuentra bajo un sistema agroforestal, esto aporta las condiciones de microclima que la planta de café por su metabolismo C3 necesita para su óptimo desarrollo y producción. De la misma forma esta condición puede influir en el contenido de pigmentos clorofílicos llevando a que intrínsecamente las características genéticas de la planta de café se expresen.

Conclusiones

1. La concentración de clorofila obtenida en la época seca y lluviosa presentaron variaciones en los clones de café robusta en estudio, siendo el clon COOF-003 árbol 7, el que obtuvo las concentraciones más elevadas en los meses de evaluación.
2. De acuerdo a los análisis foliares de nutrientes en los clones de estudio para las dos épocas, el N se encuentra en niveles deficientes, el P y K en niveles adecuados y el Ca y Mg en niveles excesivos, lo que pudo haber influido en los niveles adecuados obtenidos en las clorofilas. Sin embargo los análisis de suelos realizados en cada época presentaron niveles medios de N y altos en P, K, Ca y Mg.
3. Los clones LB-A11, LF-A7 LE-A7 COF-003 árbol 7 y NP-4024 árbol 4 presentaron los mayores rendimientos de café cereza, en los 6 pases del año 2017 siendo estadísticamente similares, logrando sobrepasar las 9 tn/ha-1, considerándose factible su uso en las condiciones de la región costa de Manabí.

Recomendaciones

1. Desarrollar investigaciones relacionadas a los pigmentos clorofílicos en diferentes condiciones ambientales, especialmente con radiación solar, temperatura, precipitación, y en otros sistemas de producción distintos a la zona de estudio.
2. De acuerdo a los resultados en la presente investigación sería de gran importancia medir las concentraciones de clorofilas con otros clones de café robusta, tomando los valores de clorofila en diferentes ubicaciones de las plantas, y en distintos estados de desarrollo, para de esta manera ajustar y consolidar la información sobre clorofilas obtenida.
3. Conociendo que los requerimientos de la especie robusta son altos en cuanto al consumo de agua y nutrientes es necesario realizar investigaciones referentes a dosis de fertilizantes y correlacionar con las concentraciones de clorofila.

Bibliografía

Aguilar, M. 2011. Identificación de la deficiencia de magnesio en pepino mediante espectroradiometría.

Alcántar, G; Trejo, L. 2008. Elementos esenciales. In: Nutrición de Cultivos. Editorial Mundi-Prensa. México. 438 p.

Arregui, L; Lasa, B; Lafarga, A; Irañetas, I; Baroja, E; Quemada, M. 2006. Evaluation of chlorophyll meters as tools for N Fertilization in Winter wheat under humid Mediterranean conditions. *European Journal Agronomy* 24: 140-148.

Barnes, J; Pfirrmann, T; Steiner, K; Lütz, C; Busch, U; Küchenhoff, H; Payer, H. 1995. Effects of elevated CO₂, elevated O₃ and potassium deficiency on Norway spruce [*Picea abies* (L) Karst.]: seasonal changes in photosynthesis and non-structural carbohydrate content. *Plant, Cell & Environment*, 18(12), 1345-1457.

Bertrand, B. Boulanger, R. Dussert, S. Ribeyre, F. Berthiot, L. Descroix, F. y Joët, T. "Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality", *Food Chemistry*, vol. 135, no. 4, 15 de diciembre de 2012, pp. 2575-2583, ISSN 0308-8146, DOI 10.1016/j.foodchem.2012.06.060.

Clevers, J; Kooistra, L. 2012. Using Hyperspectral RemoteSensing Data for Retrieving Canopy Chlorophyll and Nitrogen Content. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing*, 5(2), pp. 574-583.

COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional, EC). (2012). El sector cafetalero ecuatoriano (Diagnóstico). Portoviejo, Ecuador. Consultado el 22 de abril del 2013. Disponible en la página <http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/09/Diagnostico-2012.pd>

Davis, A. Tosh, J. Ruch, N. Fay, M. (2011) Cultivo de café: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumido en la base de datos molecular y morfológica; implicaciones para el tamaño, morfología, distribución e historia evolutiva de *Coffea*. *Bot J Linn Soc* 167: 357-377. doi: 10.1111 / j.1095-8339.2011.01177.x

Duicela, L. 2016. Investigación y desarrollo cafetalero en el Ecuador: Situación actual y perspectivas. En VII Congreso Latinoamericano de Agronomía. Guayaquil, Ecuador. p 9-19.

Duicela, L. 2017. *Café Robusta: Producción y Poscosecha*. 1ra. Edición. Editorial Humus. Escuela Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López". Calceta, Manabí, Ecuador.

Enriquez, G. Duicela, L. (2014). Guía Técnica para la producción y postcosecha del café robusta. (COFENAC), (SICA). (1)259p.

Fernández, F. 2017. Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo de cultivo de café robusta (*coffea canephora* P.). Guía de aprendizaje No. 004. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Orellana, EC.134 p.

Fournier, L. y Di Stefano, J. (2004). “Variaciones climáticas entre 1988 y 2001, y sus posibles efectos sobre la fenología de varias especies leñosas y el manejo de un cafetal con sombra en Ciudad Colón de Mora, Costa Rica”, *Agronomía Costarricense*, vol. 28, no. 1, pp. 101–120, ISSN 2215-2202.

Fortes, D; Herrera, R; González, S; García, M; Romero, A; Cruz, A. 2010. Comportamiento de los pigmentos fotosintéticos, según la edad de rebrote después del pastoreo de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 en la estación lluviosa. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 44 (4), 427-431.

García, X; García, Q; Rascón, L; Aguado, G. 2005. Chlorophyll accumulation is enhanced by osmotic stress in graminaceous chlorophyll cells. *J. Plant Physiol.* 162:650-667.

Guerrero, M. (2016). Rendimientos del café grano seco en el Ecuador. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). Quito Ecuador.

Jorgensen, S. 2000. *Ecological Engineering. Principles of Pollution Abatement*, Elsevier Science Ltd, Oxford, 2000, Pages 399-432, ISBN 9780080436265, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-008043626-5/50008-2>

Cakmak, I; Marschner, H. 1992. Magnesium-deficiency and high light-intensity enhance activities of superoxide-dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean-leaves. *Plant Physiology*. 98: 1222-1227.

Kopsell, D; E. Kopsell, D. Lefsrud, J; Curran, C; Dukach, E. 2004. Variation in lutein, carotene, and chlorophyll concentrations among Brassica oleracea cultivars and seasons. *Horticultural Science* 39(2): 361-364.

Latsague, M; Sáez, P; Mora, M. 2014. Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, sobre el contenido foliar de carbohidratos, proteínas y pigmentos fotosintéticos en plantas de *Berberidopsis corallina* Hook. f. *Gayana. Botánica*, 71(1), 37-42.

Leroy, T. De Bellis, F. Legnate, H. et al. (2014). El desarrollo de las colecciones núcleo para optimizar la gestión y la explotación de la diversidad del café *Coffea canephora*. *Genética*. Online ISSN 15736857. 142: 185. <https://doi.org/10.1007/s10709-014-9766-5>

Loor, R. Casanova, T. Plaza, L. (2016). Mejoramiento y homologación de los procesos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café. Eds. *Publicación Miscelánea No. 433*, 1ª ed. INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), EET-Pichilingue, Mocache, Ecuador. 103 p. ISBN: 978-9942-22-103-2.

Malavolta, E. 2006. *Manual de nutrição mineral de plantas*. Editora Agronômica Ceres, São Paulo. 631 p.

Manrique, R. 2003. Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. *Ecosistemas*, XII (1) 1-11. Consultado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54012108>.

Marín, C. 2014. Evaluación del dispositivo portátil SPAD-502 como indicador de la concentración de nitrógeno en plantas de café "Coffea arabica" (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias Ambientales. Maestría en Ecotecnología).

Montagnon, C. Leroy T, Yapo, A. (1992) Diversité génotypique et phénotypique de quelques Groupes de caféiers (*Coffea canephora* Pierre) en la phénotypique de quelques colección. Conséquences sur leur la utilización en sélection. *Café Cacao* The 36: 187-198

Musoli, P. Cubry, P. Aluka, P. Billot, C. Dufour, M. De Bellis, F. Pot, D. Bieysse, D. Charrier, A. Leroy, T. (2009) La diferenciación genética de las poblaciones silvestres y cultivadas: la diversidad de *Coffea canephora* silvestres y cultivadas: en Uganda. *Genome* 52: 634-646. doi: 10.1139 / G09-037

Novoa R; Villagran A; 2002. Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agricultura Técnica* 62 (1):165-171.

Ochoa, W. 2014. Uso de medidores de clorofila como herramienta para optimizar el uso de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de maíz (*zea mays* L.) Centro de Formación Agroindustrial La Angostura. Reporte de caso. *Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura*. Huila, Colombia. ISSN: 2422-0493.

Plaza, L. Loor, R. Guerrero, H. & Duicela, L. (2016). Caracterización fenotípica del germoplasma de *Coffea canephora* Pierre base para su mejoramiento en Ecuador. *ESPAMCIENCIA*, 6(1).

Ruiz, L. Arizpe, N. Orellana, R. y Hernández, J. (2009). "Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en Veracruz, México", *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, vol. 34, no. 5, , pp. 322-329, ISSN 0378-1844.

Sadeghian, K. 2008. Guía práctica fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. *Boletín Técnico* No 32. Gerencia técnica programa de investigación de café "Pedro Uribe Mejía". Cenicafé.

Sainz Rozas, H; Echeverría, H. 1998. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 103.

Seneweera, S; Makino, A; Hirotsu, N; Norton, R; Suzuki, Y. 2011. New insight into photosynthetic acclimation to elevated CO₂: The role of leaf nitrogen and ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase content in rice leaves. *Environment Experimental Botany* 71: 128-136.

Valencia, A. 1995. Fertilización de cafetales. Fertilizantes cafeteros Ltda. Santafé de Bogotá. *Guía Técnica* 25-4-24, 3era, de; 24p.