



**INIAP**

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
AGROPECUARIAS**

**ESTACIÓN EXPERIMENTAL PORTOVIEJO**



**PROGRAMA DE CACO Y CAFÉ**

**INFORME TÉCNICO ANUAL**

**2020**

## INFORME ANUAL 2020

- 1. Programa:** Cacao y Café Estación Experimental Portoviejo
- 2. Director de la Estación Experimental:** Ing. Eddie Ely Zambrano Zambrano
- 3. Responsable Programa:** Ing. Geover Peña Monserrate
- 4. Equipo técnico multidisciplinario I+D:**

### Programa Nacional de Cacao y Café

Dr. Gastón Loor (EETP)  
Ing. Ignacio Sotomayor Cantos (EETP)  
Ing. Luis Plaza (EETP)  
Ing. Hilton Guerrero (EETP)  
Ing. James Quiroz (EELS)

### Sección Departamento Nacional de Protección Vegetal-EEP

Dr. Ernesto Cañarte (EEP)  
Ing. Bernardo Navarrete (EEP)  
Ing. Alma Mendoza (EEP)

### Sección Sistemas Agroforestales

Ing. Ricardo Limongi (EEP)

### Sección Transferencia de Tecnología

Ing. Benny Avellán (EEP)

### Sección Planificación

Ing. Andrea Álava (EEP)

- 5. Financiamiento:** Gasto Corriente Estación Experimental Portoviejo
- 6. Proyectos:** Emprendimiento femenino en la multiplicación de plántulas de combinaciones de patrón y clones de cacao con características de tolerancia al déficit de agua. CONVENIO: “PRODUCCIÓN ECOLÓGICA, COMERCIO JUSTO Y CONSUMO RESPONSABLE, ECUADOR”, CÓDIGO 18-CO1-0928
- 7. Socios estratégicos para investigación:**  
Ministerio de Agricultura y Ganadería  
Universidad Técnica de Manabí – Facultad de Ingeniería Agronómica  
Corporación Fortaleza del Valle  
Fundación Maquita

## 8. Publicaciones:

### Artículos científicos.

José Pico-Mendoza, Miryan Pinoargote, Luis Madrid, Juan Flor, Janner Álava, Gema Sancán, Carrasco Basilio, Ricardo Limongi, **Geover Peña**, Karla Quiroz (2020). Germination capacity of *Annona deceptrix* (westra) h. rainer (annonaceae) an endemic and endangered species in Manabí, Ecuador. *Indian Journal of Agricultural Research*, 54(3), 329-335. DOI: 10.18805/IJARE.A-481

Monteros-Altamirano, A., Paredes, D., Buitrón-Bustamante, J., Tapia, C., y **Peña, G.** (2020). Genetic diversity of sweet potatoes [*Ipomoea batatas* (L) Lam.] in Ecuador. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1-14. Publicado: 05 agosto 2020. DOI: 10.1007/s10722-020-00987-4.

### Libro

Naranjo, E .; Rosero, L .; Tapia, C .; Monteros-Altamirano, A .; Tacán, M., Lima, L .; **Peña, G.**; Paredes, N .; Villarroel, J. (2020). Ecuadorian catalogue of wild species related sweetpotato, rice, lima bean, potato, eggplant. INIAP. Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos. Estación Experimental Santa Catalina. Publicación miscelánea No. 455. Mejía-Ecuador. INIAP-Global Crop Diversity Trust. 24p. Publisher: April 2020, Global Crop Diversity Trust ISBN: 978-9942-22-426-2

### Participación en evento de difusión científica, técnica o de difusión:

Geover Peña Monserrate. (2020). Encuentro virtual “Cooperación Sur-Sur entre organizaciones de productores: mecanismo de ahorro y soluciones para el financiamiento. Realizado el día 29 de mayo de 2020. Duración 2 horas. Quito, 29 de mayo de 2020.

Geover Peña Monserrate. (2020). Encuentro virtual Comunicación rural: TIC y medios comunitarios al servicio de la agricultura familiar frente a la crisis” realizado el día 16 de junio de 2020. Duración 2 horas. Quito, 16 de junio de 2020

Geover Peña Monserrate. (2020). Has attended the following Elsevier, 1er Encuentro Académico Virtual / Ecuador at Se certifica su participación durante toda la semana (22 al 26 de Junio), on Monday 22 June, 2020 Presented by Karen Angulo, Customer Consultant, Melita Pérez, Customer support.

Geover Peña Monserrate. (2020). Webinar: “Frutales amazónicos y su importancia en el escenario actual”, dictado por Yadira Vargas MSc, Programa de Frutales Estación Experimental Central Amazonía.

Geover Peña Monserrate. (2020). Webinar: “Frutales amazónicos y su importancia en el escenario actual”, dictado por Yadira Vargas MSc, Programa de Frutales Estación Experimental Central Amazonía. Quito, 15 de mayo 2020.

Geover Peña Monserrate. 2020. Webinar: Control Biológico en Ecuador. Duración 1 hora. Quito, 8 de mayo de 2020.

## 9. Propuestas presentadas:

### Propuesta 1.

**Título:** Emprendimiento femenino en la multiplicación de plántulas de combinaciones de patrón y clones de cacao con características de tolerancia al déficit de agua. Convenio: “producción ecológica, comercio justo y consumo responsable, Ecuador”, código 18-co1-0928

Tipo propuesta: Proyecto

Fondos o Convocatoria: UTM-INIAP

Fecha de inicio: Junio 2020

Fecha de finalización: Diciembre 2021

Responsables: Dr. Ramón Jaimez, Ing. Geover Peña

Equipo multidisciplinario: Ramón Jaimez, Geover Peña, Francisco Arteaga, George Cedeño,

Presupuesto: USD 31600

Duración proyecto: 240 días

Estado: Aprobado

**10. Hitos/Actividades por proyecto ejecutadas por el programa o departamento:**  
(Describir los hitos o actividades que se han ejecutado en el año por el programa o departamento independientemente de la fuente de financiamiento)

**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.

**Responsable:** Geover Peña Monserrate (EEP).

**Colaboradores:** James Quiroz Vera (EELS); MAG; CONSORCIO “LA MINGA DEL CACAO”

### Antecedentes

El Cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol nativo de los bosques húmedos de América del Sur. Se estima que el centro de origen del cacao se encuentra localizado en los bosques tropicales de la Región Amazónica de Perú, Colombia y Ecuador, debido a la alta

diversidad genética que ha sido reportada en estos sitios (Chesman, 1944 y Cuatrecasas, 1964). Esta diversidad comprende un gran conjunto de poblaciones con un origen genético y grado evolutivo, que ocupan un nicho ecológico específico con 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 vegetales tanto nativos como mejorados, ya que estos representan la materia viviente que puede propagarse sexual o asexualmente, que tiene un valor actual y potencial para la alimentación y la agricultura. Así mismo en su utilización como fuente de genes para programas de mejora genética y en la comprensión de estudios taxonómicos, elaboración de mapas genéticos y la secuencias de genes (Motamayor, 2002).

El estado ecuatoriano a través de Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) sintiendo la preocupación del sector cacaotero del país ha emprendido un importante proyecto para el rescate de zonas productoras de cacao fino de aroma, por consiguiente pone en marcha el Proyecto Reactivación de Café y Cacao como estrategia para mejorar la productividad y competitividad en ambos sectores, identificando una gran diversidad de árboles con características deseable para la utilización en programas de conservación y mejora genética. En este sentido el INIAP considera de alta importancia el rescate de materiales de cacao nacional puro, para la conformación de colecciones que permitan garantizar su conservación, investigación y posterior desarrollo en las condiciones de Manabí.

Con estos antecedentes se propone con este trabajo, realizar la conservación y estudio de materiales de cacao de tipo nacional, cuyas accesiones se implementaran en una colección que servirá de base para procesos de conservación y mejora genética en la Estación Experimental Portoviejo.

## Objetivos

### General.

Conservar y caracterizar genotipos de cacao nacional adaptados a la provincia de Manabí y su utilización en programas de mejoramiento genético para la obtención de nuevos materiales con características de interés comercial.

### Específico.

1. Conservar y mantener en campo genotipos de cacao tipo Nacional colectados en diversas zonas cacaoteras de Manabí.
2. Caracterizar morfológicamente, genéticamente y evaluar el comportamiento agronómico, fitosanitario, productivo y organoléptico de los materiales recolectados y establecidos en campo a modo de colección *ex situ*.
3. Establecer una base genética para realizar trabajos de mejoramiento genético en cacao para la selección de materiales superiores y adaptados a las zonas cacaoteras de Manabí.

## Metodología

### Caracterización morfológica *ex situ*.

En base a las características específicas de la variedad de caco fino de aroma a continuación se describe una lista mínima de descriptores para la caracterización *in situ*.

### Arquitectura de la planta

Expresada como la observación del ángulo de las ramas del árbol con relación a un eje central hipotético: Erecta, menor de 90°; intermedia, de 90 a 135°; y, péndulos, mayor de 135°.

- 1 = Erecta (< 90°)
- 2 = Intermedia (de 90 hasta 135°)
- 3 = Pendulosa (> 135°)

### Intensidad de floración

Se registrará por entrada la intensidad de floración en base a la siguiente escala.

- 0 = Escasa (0 - 30%)
- 3 = Moderada (31 - 60%)
- 5 = Abundante (61 - 100%)

### Intensidad de antocianina en el filamento estaminal

Se registra la intensidad de pigmentación de acuerdo a la siguiente escala:

- 0 = Ausencia (Blanco)
- 3 = Ligeramente pigmentado
- 5 = Pigmentación intermedia
- 7 = Pigmentación intensa (Rojizo)

### Color del fruto maduro

Se registra de acuerdo a la siguiente escala:

- 1 = Amarillo
- 2 = Anaranjado
- 3 = Rojo

**Número de mazorcas sanas**

Se registró el número total de frutos sanos al momento de la colecta.

**Número de mazorcas enfermas**

Se registró el número total de frutos enfermos al momento de la colecta.

**Presencia de escoba de bruja vegetativa**

- 1 = Ausencia
- 2 = Ligero presencia de ataque
- 3 = Ataque Intermedio
- 4 = Presencia de un fuerte ataque

**Análisis estadístico de la caracterización *in situ*****Matriz de similitud, distancia y estructura taxonómica**

Utilizando el paquete estadístico del software estadístico *Infostat* versión 2018, se realizó el análisis de agrupamiento utilizando la distancia de Gower (1967) donde se estimó la similitud taxonómica entre cada par de entradas. Se calculó con el siguiente coeficiente de asociación:

$$S_{ij} = \sum s_{ij}/n$$

Dónde:

$s_{ij}$  = coeficiente de asociación entre las entradas  $i$  y  $j$

$n$  = número de caracteres cualitativos

Luego se transformará en una matriz de distancia ( $D1$ ), mediante el complejo  $S_{ij}$ :

$$D1_{(i,j)} = (1-S_{ij})$$

Además se calculará una Matriz de Distancia Euclidiana al cuadrado:

$$D2_{(i,j)} = \sum (X_{ki} - X_{kj})^2/n$$

Dónde:

X<sub>ki</sub> = registro estandarizado del carácter k en la entrada i

X<sub>kj</sub> = registro estandarizado del carácter k en la entrada j

Dando la matriz final:

$$D = (n_1D_1 + n_2D_2) / (n_1 + n_2)$$

La estructura taxonómica de las entradas se analizó por medio del agrupamiento jerárquico de Ward (1963). La elección del número de grupos de entradas se hará con el criterio frecuentemente utilizado trazando la línea de referencia a una distancia igual al 50% de la distancia máxima (Infostat, 2018), utilizando el procedimiento CLUSTER del software estadístico Infostat Versión 2018.

### **Establecimiento y manejo de la colección ex situ de cacao tipo Nacional.**

#### **Conservación y manejo de la colección denominada Centenario**

Esta colección se encuentra establecida en predios de la Estación Experimental Portoviejo, lote Experimental La Teodomira, localizada en la parroquia Lodana del cantón Santa Ana, provincia de Manabí, bosque seco tropical, 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°16'40'' de latitud sur y 80°38'27'' de longitud oeste, a 47 msnm<sup>1</sup>. La unidad experimental está formada por 5 plantas a una distancia de 4 x 3 m.

La poda de formación se realizó de manera oportuna, es decir dos a tres meses antes de la época lluviosa, con el objetivo de disminuir la incidencia de enfermedades y favorecer el desarrollo de las mazorcas, finalmente se realizó la eliminación de chupones ortotrópicos mensualmente (Carvajal, y Solórzano, 2010).

Se realizaron controles de maleza con Motoguadaña y de acuerdo a los requerimientos del experimento, además aplicaciones químicas, utilizando un herbicida post-emergente para gramíneas, aplicando de 100 a 150 cc/bomba + 50 cc/bomba de amina, previo a esto se realizaron 10 deshierbas manuales en corona alrededor de las plantas de cacao.

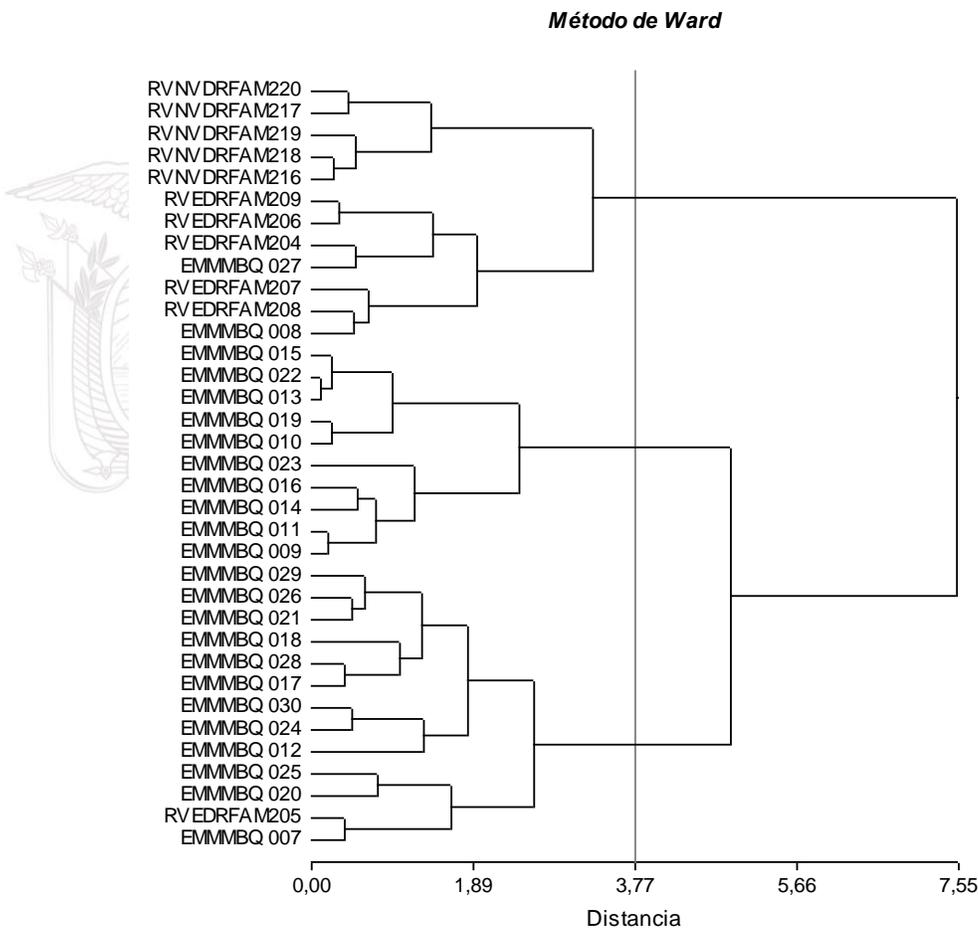
### **Resultados**

En los predios de la EE-Portoviejo se mantiene en campo la colección de cacao Nacional denominada Colección de Cacao Nacional Centenario (CCNC), con 50 accesiones provenientes de los cantones de Bolívar con 21 accesiones que representa el 42% y Flavio Alfaro con 29 accesiones representando el 58% restante.

<sup>1</sup> INAMHI. Anuarios meteorológicos, promedio de seis años. 2011-2017.



De las 50 accesiones establecidas en campo se logró realizar la caracterización de 35 accesiones, utilizando el paquete estadístico *InfoStat* versión 2008, en el cual se obtuvo como resultado mediante el método jerárquico de Ward (1963) y actuando sobre la matriz de distancia de Gower (1967) el agrupamiento de las 35 accesiones, definiendo así tres grupos principales. El primer grupo conformado por 12 accesiones mismo que representa el 34% de los cuales 11 provienen del cantón Flavio Alfaro y una accesión del cantón Bolívar, el segundo grupo con 10 representando así el 29%, estas provienen del cantón Bolívar, finalmente el grupo tres con 13 accesiones representan el 37% y son accesiones provenientes del cantón Bolívar. (Figura 1).



**Figura 1.** Fenograma obtenido por el agrupamiento jerárquico de Ward de las 35 accesiones de la Colección de Cacao Nacional Centenario, basado en distancia de Gower (1967).

## Conclusiones

La caracterización morfológica *ex situ*, permitió conocer la variabilidad genética de las accesiones en estudio, facilitando así la identificación de materiales con grados de similitud y disimilitud para futuros trabajos de mejoramiento genéticos.

## Recomendación

Utilizar en futuras caracterizaciones *ex situ* mayor número de descriptores, para obtener mayor poder discriminativo en el estudio de la variabilidad genéticas de la colección a nivel *ex situ*

Continuar con las exploraciones y colectas en provincias donde se ha reportado la presencia de esta especie, para ampliar la colección; esto contribuirá en cierta medida a evitar la pérdida de la variabilidad y para utilizarlos como fuente de obtención de algunos caracteres de importancia. Registrar en forma completa la información de Datos Pasaportes utilizando formatos estandarizados en futuras colectas.

## Referencia

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. (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., y Lanaud, C. (2002). Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89(5), 380.

Loor, R., Casanova, T. y 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.

**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).

**Responsable:** Geover Monserrate Peña (EEP).

**Colaboradores:** Ricardo Limongi Andrade (Programa de Agroforestería), Ramón Jaimez (Universidad Técnica de Manabí), Ignacio Sotomayor Cantos (Programa de cacao-EETP)

### 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 apenas 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 sombreado (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 que 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 rio Portoviejo.

### Específicos.

1. Evaluar el comportamiento de ocho clones de cacao bajo el efecto de tres frecuencias de riego.
2. Evaluar el comportamiento agronómico de árboles de laurel como sombra permanente del sistema.

## 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, se ubica en 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 msnm<sup>2</sup>.

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 réplicas, y 72 unidades experimentales tabla 1. Para el análisis de datos en cacao y sombra permanente, se utilizó estadística descriptiva y paramétrica y en caso de significación estadística, se usó la prueba de Tukey al 5%.

**Tabla 1.** Esquema de ADEVA BCA en arreglo de parcela dividida bifactorial



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 4 x 3 (densidad 833 plantas ha<sup>-1</sup>). Se realizaron aplicaciones de fertilización base NPK en dosis de 400 gramos por planta en dos fracciones, a la entrada y salida de la época de lluvias. El control de malezas se lo realizó mediante la combinación de métodos mecánicos a través del uso de motoguadaña (20 deshierbas) y químicos cuatro controles). Las evaluaciones agronómicas se realizaron 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). En la tabla 2 se presentan algunas de las características de los clones de cacao en estudio.

<sup>2</sup> INAMHI. Anuarios meteorológicos, promedio de seis años. 2011-2016.

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

N°	Clon	Año de liberación	Tipo	Tolerancia	Inicio fase productiva	Rendimiento* qq/ha
1	EET-800	2016	Fino y de aroma	Escoba de bruja Moniliasis Mal de machete	14 meses	44
2	EET-801	2016	Fino y de aroma	Escoba de bruja Moniliasis Mal de machete	14 meses	40
3	EET-575	2008	Fino y de aroma	-----	-----	33
4	EET-576	2008	Fino y de aroma	-----	-----	26
5	EET-450	Fase de Validación	Fino y de aroma	En estudio	-----	36
6	EET-454	Fase de Validación	Fino y de aroma	En estudio	-----	38
7	EET-103	1970	Fino y de aroma	Escoba de bruja Mal de machete	-----	30
8	CCN-51	1965	Trinitario	Escoba de bruja Moniliasis Mal de machete	24 meses	50

\* Fase productiva de la planta, es decir a partir de los 10 años

#### *Características de la parcela principal (FR)*

- Numero de parcelas principales 9
- Superficie de parcela principal 660 m<sup>2</sup>.
- Distancia entre parcelas principales y repeticiones 8m.
- Total del experimento 6000 m<sup>2</sup>

#### *Característica de las sub parcelas (C)*

- Número de sub parcelas 72
- Superficie de sub parcelas 48 m<sup>2</sup>
- 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. 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.

#### b. Naranja (otro componente).

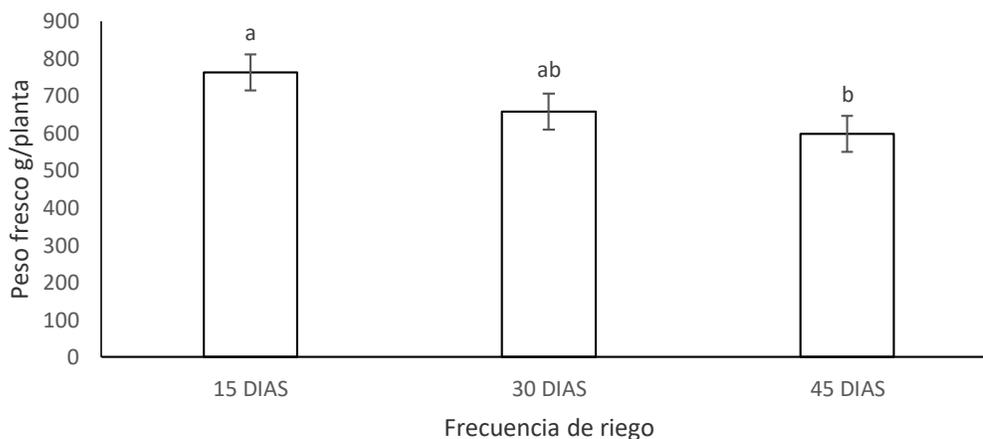
Se estableció naranja (*Citrus sinensis*) como otra especie del sistema, a un distanciamiento de 12x9 m, con un total de 92 plantas/ha, ubicando un árbol (tratamiento) dentro de cada unidad experimental de tal manera que no interfiera en el desarrollo de las plantas de cacao.

## Resultados

### Cultivo de cacao

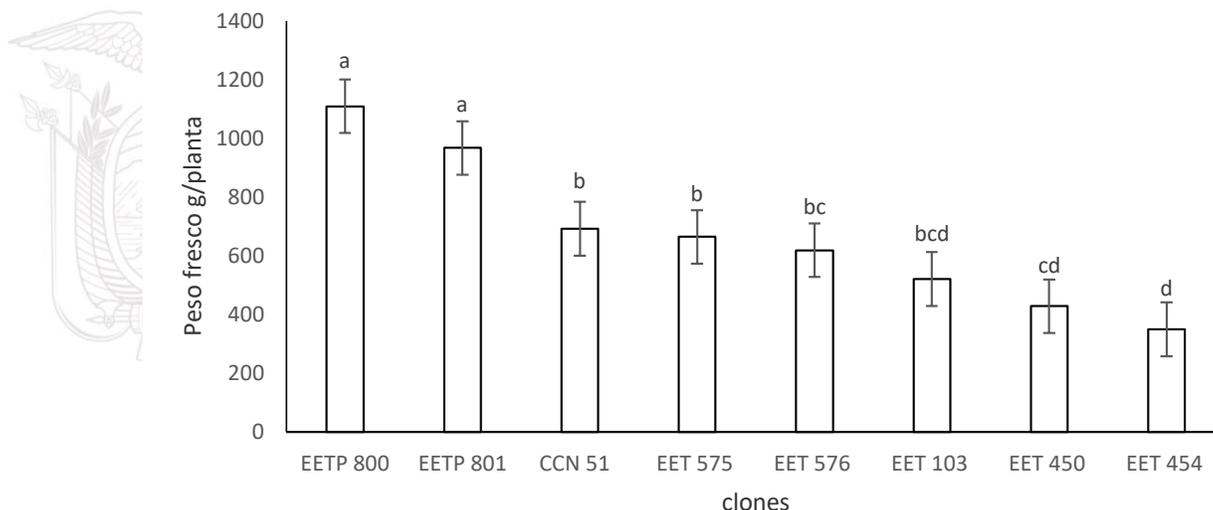
Para determinar el resultado del efecto de las frecuencias de riegos en ocho clones de cacao se consideró la producción en fresco entre los meses de Julio a noviembre de 2020; por consiguiente, en la figura 3 Se observa que la producción promedio de cacao con una frecuencia de riego cada 15 días es de 763 g de cacao fresco o cacao en baba, siendo esta frecuencia la más óptima para obtener mejores pesos de cacao, seguido se encuentra la frecuencia de riego a los 30 días con una producción de cacao fresco con 657 g esta frecuencia estadísticamente es similar a la frecuencia de 15 días y a la frecuencia de 45 días; por último la frecuencia de riego a los 45 días presento una producción de 598 g de cacao fresco, siendo estadísticamente similar a la frecuencia de riego a los 30 pero diferente estadísticamente a los 15 días de riego.

**Figura 3.** Peso fresco de almendras producidas por planta de cacao en baba (g) para las tres frecuencias de riego en ocho clones de cacao bajo estudio.



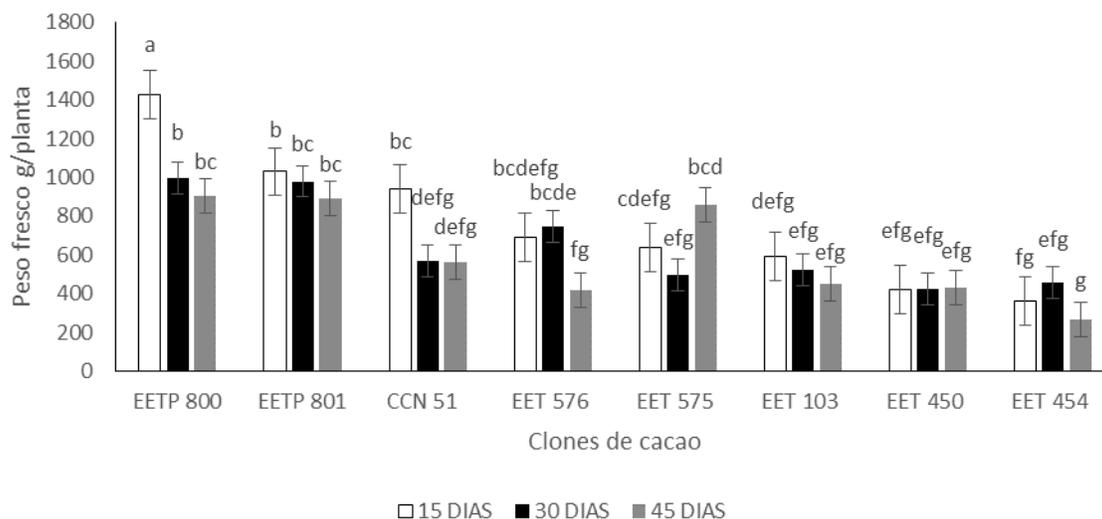
Durante el periodo de aplicación de las frecuencias de riego (Julio-Noviembre) la producción de estos ocho clones mantuvieron similitud de producción de hace 20 meses anteriormente evaluados donde aún no se aplicaban las frecuencia de riego, teniendo así al clon EETP-800 y EETP-801 como los clones más productivos con 1109 g y 967 g respectivamente, siendo estos dos clones similares estadísticamente, pero diferentes entre los otros seis clones; los clones CCN-51 y EET-575 ocuparon el tercer y cuarto lugar en producción con 692 g y 664 g respectivamente, siendo estos dos diferentes estadísticamente con los dos anteriores; los clones EET-576 ocupa el quinto lugar con 618 g de cacao fresco por planta, por debajo de esta producción se encuentran os clones EET-103, EET-450 y EET-454, con producciones inferiores a 520 g de cacao fresco por planta durante este periodo de aplicación de tres frecuencias de riego, el análisis de varianza ( $p\ valor \leq 0,05$ ) determinó que existen diferencias estadísticas altamente significativa ( $p\ valor < 0,00$ ) entre clones (Figura 4).

**Figura 4.** Peso fresco (g) de almendras producidas por planta de ocho clones de cacao en baba (g) bajo tres frecuencias de riego.



En la figura 5 se puede observar el efecto de las tres frecuencia de riego por cada clon, el análisis de varianza determinó que existen diferencias significativas ( $p\ valor 0,05$ ) entre la interacción clon-frecuencia de riego. En la figura se observa como la producción del clon EETP-800 disminuye a medida que la frecuencia de riego se alargan en días, teniendo así que la mayor producción la obtiene cuando se riega cada 15 días con 1426 g de cacao en baba, siendo esta producción estadísticamente distinta a la producción alcanzada por el mismo clon a los 30 días con 997 g y 45 días con 903 g. El clon EETP-801 alcanzó una producción a los 15 días de 1030 g, mientras que a los 30 días alcanzó una producción de 980 g y a los 45 días esta producción se reduce a 889 g.

**Figura 5.** Peso fresco (g) de almendras de la interacción clon-frecuencias de riego en ocho clones de cacao.



### 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. y 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. y 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. y 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). Mejoramiento genético do cacauero. 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 irrigação complementar no rendimento do cacauero *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. y 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. y 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. y 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 y 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. y 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.

**Actividad 3:** Respuestas fisiológicas, morfológica y productiva al déficit de agua en combinaciones de patrones e injertos de clones de cacao.

**Responsable:** Geover Peña Monserrate, Ricardo Limongi (EEP)

**Colaboradores internos:** Dr. Ernesto Cañarte, Ing. Bernardo Navarrete, Alma Mendoza (DNPV), Gastón Loor, Ing. Ignacio Sotomayor, (Programa de café-EETP).

**Colaboradores externos:** Dr. Ramón Jaimez, Dr. Francisco Arteaga, Dr. George Cedeño

### Antecedentes

El crecimiento de la población mundial demanda cada día más bienes y servicios, entre ellos la producción de alimentos (FAO, 2017), para esto se deforestan significativas cantidades de bosques ampliando la frontera agrícola, incrementándose mayor cantidad de CO<sup>2</sup>, provocando progresivamente el calentamiento del planeta por efecto invernadero desencadenando cambios en el clima y la consecuente degradación de los suelos, disminución de fuentes hídricas y pérdida de la biodiversidad tanto de fauna como flora (Escalante, 2017). Por consiguiente, de todas las actividades relacionadas con la seguridad alimentaria la agricultura es, quizás, la que más influenciada está por las fluctuaciones de las condiciones del cambio climático (Hidalgo, 2013).

América Latina, región reconocida por sus recursos hídricos, está siendo afectada en cuanto a disponibilidad y calidad de este recurso en varias de sus subregiones. La ausencia de precipitaciones y temperaturas elevadas conducen a deficiencias hídricas, originando sequías, provocando estrés hídrico en las plantas, siendo las regiones más afectadas aquellas en donde la agricultura se desarrolla en condiciones extremas por falta de agua (Hidalgo, 2013; Magrin y Canziani, 2007; Wilhite, 2006). Donat *et al.*, (2013) al realizar un análisis de índice de precipitación, determinaron en unos casos aumento de frecuencia de lluvias extremas en algunas regiones de América del Sur, pero por otro lado evidenciaron que en la costa ecuatoriana un permanente aumento de días consecutivos sin precipitación, y el probable aumento de períodos de sequía.

El Ministerio del Ambiente, en el 2009 al realizar un estudio de vulnerabilidad de riesgos climáticos en seis cuencas hidrográficas del Ecuador, entre las que estaba la del río Portoviejo, determinó que está se encontraba entre las de mayor probabilidad de ocurrencia de sequías más extensas y con menor disponibilidad de agua siendo este un factor limitante de la producción agrícola, afectando la actividad económica más importante como la agricultura, que ocupa a más del 50% de la población económicamente activa (PEA), reduciendo significativamente la producción de cultivos importantes entre ellos el maíz, arroz, yuca, café y cacao (Falconi, 2009).

Dentro de estos, la producción del cultivo cacao es una de las actividades más importantes de la economía mundial, ocupando el cuarto lugar en la lista de cultivos tropicales, detrás de la palma aceitera, el caucho y las musáceas (Phillips-Mora, 2015; ICCO, 2015); mientras que en Ecuador ocupa el tercer rubro de mayor importancia de las exportaciones no petroleras del país (BCE, 2018). Es el cuarto país con mayor producción mundial de cacao con el 5% y el primer lugar como proveedor de cacao nacional fino de aroma con el 63% de

la producción mundial (Leon *et al.*, 2018), con una superficie cultivada de 573 516 mil ha., que producen alrededor de 206 mil Tm. (Salazar et al., 2017).

Sin embargo, esta producción enfrenta continuamente dos amenazas, siendo los problemas fitosanitarios y el cambio climático que causa ambientes de mayor temperatura y déficit hídrico. La primera es la afectación causada por enfermedades fungosas principales que son la Moniliasis y la Escoba de Bruja causadas por *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa*, respectivamente (Ploetz 2016; Phillips-Mora 2015). En el caso del déficit hídrico, el cacao es sensible a los cambios del clima, específicamente la falta del recurso hídrico, siendo esta una limitante ambiental, que produce efectos negativos en el crecimiento y productividad del cultivo (Anim-Kwapong y Frimpong, 2004; Pautasso, Döring, Garbelotto, Pellis, y Jeger, 2012); por consiguiente la poca disponibilidad en el suelo puede ocasionar que la transpiración exceda el agua absorbida por las raíces, este fenómeno se conoce como déficit hídrico provocando un estrés hídrico (Munns y Tester, 2008).

## OBJETIVOS

### General.

Generar una tecnología de manejo del estrés hídrico en cacao mediante la respuesta morfofisiológicas en diferentes combinaciones patrón e injerto en condiciones de déficit hídrico en vivero y evaluar en campo el potencial productivo y fitosanitario de estas combinaciones bajo un sistema agroforestal.

### Específicos.

1. Determinar el efecto del déficit hídrico sobre el crecimiento y la respuesta hídrica de las combinaciones patrón-injerto de cacao en etapa de vivero.
2. Determinar las diferencias en la respuesta fotoquímica de las combinaciones patrón-injerto de cacao en etapa de vivero.
3. Establecer en campo estas combinaciones y determinar el potencial productivo y fitosanitario bajo un sistema agroforestal (SAF).
4. Evaluar la eficiencia de un sistema agroforestal de cacao que permita una mayor rentabilidad que da un sistema en monocultivo.

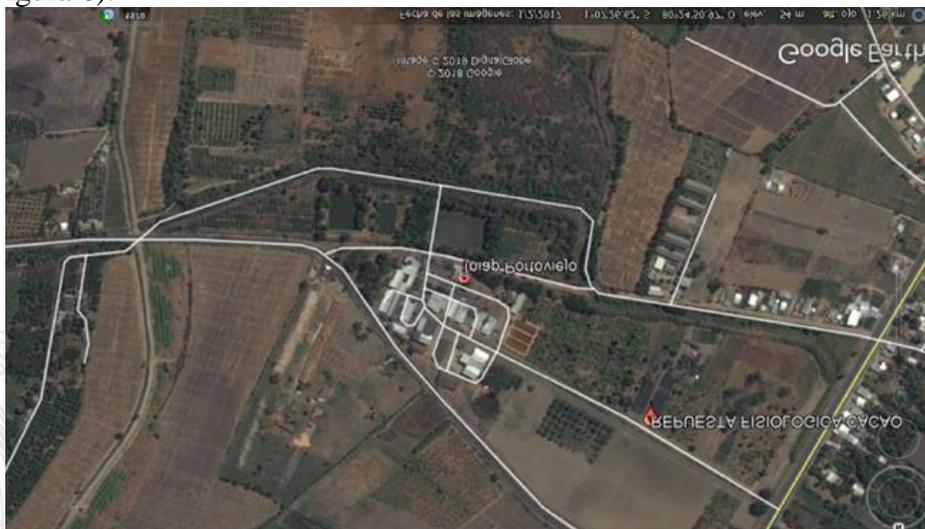
## Metodología

La presente investigación se encuentra desarrollando en dos fases, en la primera fase se está determinando el efecto del déficit hídrico sobre el crecimiento, la respuesta hídrica y fotoquímica de 28 combinaciones patrón-injerto de cacao, mientras que la segunda fase es evaluar el potencial productivo, fitosanitario y calidad organoléptica bajo condiciones de un sistema agroforestal, así como evaluar una alternativa de sistema agroforestal de cacao que permita una mayor rentabilidad que la de un sistema monocultivo.

## Fase 1 (nivel vivero)

### Ubicación

El presente trabajo de investigación se encuentra realizando en el vivero de cacao de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP, ubicado en el Km 12 vía Portoviejo – Santa Ana, parroquia Colón del cantón Portoviejo, provincia de Manabí (Figura 1). Ubicada geográficamente a: 01°07'26,62" de latitud sur y 80°24'50,97" de longitud oeste, a 54 msnm. (Figura 6).



**Figura 6.** Ubicación del trabajo experimental en el vivero de cacao de la EE-Portoviejo (Captura de Google Maps, julio 2020).

### Factores climáticos de la zona de estudio

En la tabla 3, se detalla los factores climáticos de la EE-Portoviejo donde se evaluará la respuesta morfofisiológicas entre diferentes combinaciones patrón–injerto de cacao, en condiciones de déficit hídrico.

**Tabla 3.** Datos climáticos de la EE-Portoviejo.

<b>Zona climática</b>	<b>Bosque seco tropical</b>
<b>Temperatura promedio</b>	26,4°C
<b>Precipitación media anual</b>	851,57 mm
<b>Humedad relativa promedio</b>	81 %
<b>Topografía</b>	Plana

INAMHI. Anuarios meteorológicos promedio de 10 años. 2009 – 2019.

### Características y manejo del experimento

Los patrones de cacao se sembrarán en bolsas de plástico negro calibre tres, de 40,64 cm de altura y 30,48 cm de ancho, con cuatro perforaciones de 0,5 cm de diámetro en los costados, las bolsas se llenarán con suelo hasta 2 cm del borde para una altura final de

38,64 cm. Durante el tiempo de germinación y crecimiento de los patrones (105 días), se efectuarán 13 riegos, manteniendo el suelo a capacidad de campo ( $\theta_{cc}$ , %). Luego se realizarán los injertos para obtener las combinaciones patrón-injerto posibles y, al cabo de dos meses y medio se comenzará aplicar los tratamientos hídricos (parcela principal), que serán déficit hídrico y riego normal por 20 días.

### Factores en estudio

#### Factor A: Tratamientos hídricos

Sin déficit hídrico (riego normal 20 días)

Con déficit hídrico (Sin riego 20 días)

#### Factor B: Tratamiento genético

Para la presente investigación se evaluarán cuatro patrones comerciales y recomendados por el INIAP, por su resistencia a las principales enfermedades del suelo en especial a *Ceratoystis cacaofunesta* Engelbr. y TCHarr. (2005). Por otro lado se utilizarán dos clones comerciales y recomendados por el INIAP por ser altamente productivos para las zonas agroclimáticas de la provincia de Manabí, más tres clones comerciales y un clon experimental que por sus características altamente productivas se los ha considerado para el presente estudio como testigos. Los clones no disponibles en la EE-Portoviejo, se trasladarán desde la EET-Pichilingue. En la tabla 4 se detallan estos patrones (del 1 al 4) y clones (del 5 al 10). Obteniendo 24 combinación patrón-injerto más cuatro patrones (libre polinización) de cacao como referencias (Tabla 5).

**Tabla 4.** Patrones y clones de cacao en estudio y su grupo genéticos para conocer la respuesta morfológica y fisiológica al déficit hídrico en fase de vivero.

Nº	Patrón/Clon	Material Genético	Grupos genéticos
1	Patrón	EET – 399	FA x VA
2		EET – 400	VA x F
3		POUND – 12	F
4		IMC-67	F
5	Clon	EET – 575	Nacional
6		EET – 576	Nacional
7		EETP – 800	Tri x Nac
8		EETP – 801	Tri x Nac
9		CCN – 51	Tri.
10		Clon 484	Amaz

FA = Forastero Amarillo

F = Forastero

VA = Venezolano Amarillo

Tri. = Trinitario

Nac = Nacional

Amaz = Amazónico

**Tabla 5.** Tratamientos genéticos en estudio para determinar la respuesta morfológica y fisiológica al déficit hídrico en fase de vivero.

<b>Patrón</b>	<b>X</b>	<b>Injerto</b>
EET-399	×	EETP – 800
EET-399	×	EETP – 801
EET-399	×	INIAP - 484
EET-399	×	EET – 575
EET-399	×	EET – 576
EET-399	×	CCN – 51
EET-400	×	EETP – 800
EET-400	×	EETP – 801
EET-400	×	INIAP - 484
EET-400	×	EET – 575
EET-400	×	EET – 576
EET-400	×	CCN – 51
POUND-12	×	EETP – 800
POUND-12	×	EETP – 801
POUND-12	×	INIAP - 484
POUND-12	×	EET – 575
POUND-12	×	EET – 576
POUND-12	×	CCN – 51
IMC-67	×	EETP – 800
IMC-67	×	EETP – 801
IMC-67	×	INIAP - 484
IMC-67	×	EET – 575
IMC-67	×	EET – 576
IMC-67	×	CCN – 51
EET-399		
EET-400		
POUND-12		
IMC-67		



### Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudios están constituidos por 24 combinaciones patrón-injertos más los cuatros patrones sin injertar y los dos tratamientos hídricos, teniendo un total de 56 tratamientos en estudio. En la tabla 6, se presentan los tratamientos en estudio.



**Tabla 6.** Tratamientos en estudio de las combinaciones patrón-injerto con déficit y sin déficit hídrico, para conocer la respuesta morfológica y fisiológica al déficit hídrico en fase de vivero.

N° de tratamiento	Sin déficit hídrico		
	Patrón	X	Injerto
1	EET-399	×	EETP - 800
2	EET-399	×	EETP - 801
3	EET-399	×	INIAP - 484
4	EET-399	×	EET - 575
5	EET-399	×	EET - 576
6	EET-399	×	CCN - 51
7	EET-399		
8	IMC-67	×	EETP - 800
9	IMC-67	×	EETP - 801
10	IMC-67	×	INIAP - 484
11	IMC-67	×	EET - 575
12	IMC-67	×	EET - 576
13	IMC-67	×	CCN - 51
14	IMC-67		
15	EET-400	×	EETP - 800
16	EET-400	×	EETP - 801
17	EET-400	×	INIAP - 484
18	EET-400	×	EET - 575
19	EET-400	×	EET - 576
20	EET-400	×	CCN - 51
21	EET-400	×	
22	POUND-12	×	EETP - 800
23	POUND-12	×	EETP - 801
24	POUND-12	×	INIAP - 484
25	POUND-12	×	EET - 575
26	POUND-12	×	EET - 576
27	POUND-12	x	CCN-51
28	POUND-12		



## Diseño experimental y análisis estadísticos

### Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación se realizó en un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) en parcelas divididas, con dos tratamientos hídricos como parcelas principales y 28 tratamientos (combinaciones patrón-injerto) como subparcelas, tres repeticiones, obteniendo un total de 168 unidades experimentales, cada unidad experimental estará conformada por cuatro plantas por tratamiento. Ver Tabla 7.

**Tabla 7.** Esquema del Análisis de Varianza para el esquema de parcela dividida con arreglo bifactorial en un diseño experimental de bloques completo al azar (DBCA) para conocer la respuesta morfológica y fisiológica al déficit hídrico en fase de vivero.

Fuente de Variación	Grados de libertad	
Parcela principal	$A*r-1$	5
Repeticiones	$r-1$	2
Factor A	$a-1$	1
Error experimental A	$(a-1)(r-1)$	2
Subparcelas	$(a*r)(b-1)$	162
Factor B	$b-1$	27
A x B	$(a-1)(b-1)$	27
Error experimental B	$(a)(r-1)(b-1)$	108
Total	$a*b*r-1$	167

### Análisis estadístico

Cuando se cuente con los datos registrados, se creará una matriz en excell, se realizará la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk modificado utilizando el programa estadístico *Infostat 2018*, y homogeneidad de la varianza con la prueba de Levene utilizando el programa estadístico *IBM SPSS Statistics*. Además se realizará estadística descriptiva, mediante los estadígrafos: mínimo, máximo, media, desviación típica y varianza y mediana.

### Fase 2 (Nivel campo)

#### Ubicación

El presente trabajo de investigación se encuentra ubicado en la granja experimental la Teodomira de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP, ubicado en el Km 18 vía

Portoviejo – Santa Ana, parroquia Lodana del cantón Santa Ana, provincia de Manabí (Figura 4). Ubicada geográficamente a: 01°09’54,57’’ de latitud sur y 80°23’06,40’’ de longitud oeste, a 53 msnm.



**Figura 4.** Ubicación del trabajo experimental en campo dentro de la granja La Teodomira EE-Portoviejo (Captura de Google Maps, julio 2020).

### Factores climáticos de la zona de estudio

**Tabla 9.** Factores edafo-climáticos<sup>1</sup> de la zona de estudio para evaluar la respuesta del potencial productivo de 24 combinaciones patrón-injerto y cuatro patrones.

Factores climáticos	Descripción
Zona climática <sup>2</sup>	Bosque muy seco Tropical 14819 HA-14,23%
Temperatura promedio	26,4°C
Precipitación media anual	851,57 mm
Humedad relativa promedio	81 %
Topografía	Plana
Tipo de suelo	Franco arcilloso

<sup>1</sup> INAMHI. Anuarios meteorológicos promedio de 10 años. 2010 – 2020.

<sup>2</sup> Zona de vida según Holdridge, recuperado de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/santaana-fasediagnosticopreliminar\\_15-11-2014.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/santaana-fasediagnosticopreliminar_15-11-2014.pdf). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Santa Ana 2014-2017 diagnóstico cantonal.

**Factores en estudio**

24 combinaciones patrón-injerto más cuatro patrones de cacao

**Delineamiento y unidad experimental**

Cada unidad experimental consta de 3 plantas

Distanciamiento de 4 m entre hileras y 3 m entre plantas,

Área de 36 m<sup>2</sup> por tratamiento, con un

Total 84 unidades experimentales,

Total de 3024 m<sup>2</sup> para todo el ensayo.

**Diseño experimental**

En el presente trabajo de investigación se realizará un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con 28 tratamiento genético, tres repeticiones, Ver Tabla 10.

**Tabla 10.** Fuente de variación para evaluar la respuesta del potencial productivo de 28 tratamientos.

Fuente de Variación	Grados de libertad	
Repeticiones	$r-1$	2
Tratamientos	$t-1$	27
Error experimental	$(r-1)(t-1)$	54
Total	$rt-1$	83

**Resultados****Establecimiento y diseño del sistema agroforestal.**

Para garantizar el éxito de un sistema agroforestal con cacao se deben tomar en cuenta aspectos como la identificación de los objetivos del cultivo, la selección de especies a plantar, el material genético a emplear, la distribución espacial, las distancias de siembra, las condiciones agroecológicas de la zona, el mercado, entre otros (Rojas y Sacristán, 2013).

Por consiguiente, para el presente estudio se diseñó un sistema que permitió definir como están ubicadas en la parcela las plantas de cacao y los componentes del sistema, y cómo éstos van a ir disminuyendo con el tiempo (% de sombra). Este diseño garantiza que haya un mejor uso del espacio, agua y nutrientes disponibles. Con este sistema se controla la

regulación de temperatura en el ensayo, se modera la entrada de luz o brillo solar, disminuye el efecto del viento, protege y mejorar el suelo. Todo esto está contribuyendo a generar una alta productividad y fomentar la biodiversidad en las parcelas del cacao.

Durante el primer trimestre de 2020, se sembraron las plantas de sombra permanentes como las maderables (*Gmelina arborea* Roxb. 1814), la sombra temporales como plátano (*Musa sp*), y especies frutícolas como papaya (*Carica papaya* L.) y de último las especies de sombra intermedia como el frejol de palo (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y finalmente el cacao. En el Anexo 1 se muestra de manera espacial el diseño del sistema, mientras que en el Anexo 2 se detallan las especies y criterios de selección de las especies que forman parte de los componentes del sistema.

A continuación el detalle de las actividades a desarrolladas:

**Preparación del sitio definitivo.** Inicialmente se acondicionó el terreno con un pase de arado y dos pases de rastra, posteriormente se procedió a establecer los surcos cada cuatro metros para dotar de irrigación en época seca.

**Balizado.** Se realizó el balizado en marco real de acuerdo a los distanciamientos establecidos (4 x 3 m) en orientación Este-Oeste, alineada mediante la formación de un rectángulo y se colocarán las estaquillas de caña en cada sitio de siembra.

**Ahoyado.** Se realizaron hoyos de 50 x 50 x 50 cm de ancho, largo y profundidad con el objeto de eliminar capas de suelo compactadas y prestar facilidades para el desarrollo de las raíces.

**Manejo de malezas.** El control de malezas se inició con aplicaciones químicas, utilizando un herbicida post-emergente selectivo para gramíneas como Cletodim 120 g/l, aplicando 100 ml/bomba + 100 ml/bomba de amina. Luego se realizaron controles mecánicos (motoguadaña) de acuerdo a los requerimientos del experimento.

**Manejo de los cultivos de Los componentes del sistema.**

### **Componente 1: Manejo de la sombra permanente de melina**

**Obtención.** La sombra permanente constituida por los árboles de melina fue proporcionada por el programa de Forestaría de la EEP, se obtuvieron 30 árboles para ser sembrados dentro del ensayo (12 x 12 m). Su establecimiento se dio entre las hileras de cacao.

**Aclimatación de los árboles.** Antes de la siembra, los árboles fueron ubicados en un invernadero acondicionado para la aclimatación de la especie a su nuevo ambiente, en

donde se le proveyó de labores culturales básicas como riegos periódicos y una fertilización de mantenimiento.

**Trasplante.** El trasplante de melina se lo realizó tres meses antes del establecimiento del cultivo de cacao. Esta labor se ejecutó mezclando con el suelo 100 gramos/planta de abono completo 10-30-10, de manera que no quede en contacto directo con las raíces de las plantas para evitar toxicidad y quemazón en las plantas.

**Podas de formación y fitosanitarias.** Se realizaron en aquellos árboles que presentaron ramas bajas o con problemas fitosanitarios, labor que se realizó con tijeras de podar, con el objeto de mantener un buen equilibrio fuste – copa, se procuró mantener libres de ramas en el primer tercio inferior del árbol, con un solo eje para obtener individuos sobresalientes generando dentro del sistema beneficios como la producción de madera de palets.

## Componente 2: Manejo de la sombra temporal de plátano

**Obtención.** Como sombra temporal se estableció plátano, el material de siembra se obtuvo de los lotes de investigación de cacao y café de la EEP, donde se seleccionaron hijos de espada que presentaron buen estado, se estableció en una densidad de 100 plantas dentro del ensayo (8 x 6 m).

**Siembra.** La siembra se realizó tres meses aproximadamente antes del establecimiento del cultivo de cacao. La siembra se realizó mezclando con el suelo 100 gramos/planta de abono completo 10-30-10, de manera que no quedaron en contacto directo con las raíces de las plantas para evitar toxicidad y quemazón en las plantas.

**Deshije.** El deshije consistió en eliminar los conocidos hijos de agua y de espada que se encuentran en la misma inclinación de la madre o que se encuentran alrededor del pseudo tallo, al tener una altura de 0,80-1,00 m. la siguiente generación (nieto) se seleccionaron de los primeros brotes de los hijos seleccionados hacia los lugares más claros, y lo opuesto al hijo de las vecinas, a la vez también opuesto de la inclinación de la madre.

**Deshoje.** Esta práctica consistió en la eliminación de las hojas dobladas, favoreciendo de esta manera la circulación del viento, la penetración de los rayos solares, se realizó de acuerdo a los requerimientos del cultivo.

**Deschante.** El deschante consistió en eliminar todo el tejido viejo (chante) que se acumula en el pseudotallo. Se realizó de abajo hacia arriba, para no dañar el tejido vivo de la base, se la realizó con la misma frecuencia que el deshoje y deshije.



### Componente 3: Manejo de la sombra temporal de papaya

**Obtención.** El material de siembra se obtuvo de lotes de productores de este cultivo, seleccionando semillas libre de plagas y enfermedades, sin daños físicos y con madurez fisiológica apropiada para la siembra; se establecieron en una densidad de 100 plantas dentro del ensayo (8 x 6 m).

**Trasplante.** El trasplante se lo realizó tres meses antes del establecimiento del cultivo de cacao, de manera manual se realizó esta actividad, depositando tres plántulas por sitio, luego se realizó el sexado correspondiente, eliminando plantas denominadas macho, dejando a plantas hermafroditas, se realizaron resiembras a los 15 días después de sembrado.

### Componente 4: Manejo de la sombra intermedia de frejol de palo

**Obtención y manejo.** El material de siembra se obtuvo de los lotes de productores de este cultivo, seleccionando semillas libre de plagas y enfermedades, con madurez fisiológica apropiada para la siembra; se estableció una densidad de 304 plantas dentro del ensayo (4 x 3 m).

**Siembra.** La siembra se realizó dos meses antes del establecimiento del cultivo de cacao, se lo hizo manualmente con la ayuda de un espeque, depositando dos semillas por sitio, para luego realizar el raleo correspondiente, intercalado con las plantas de cacao, se realizaron resiembra a más a los 20 días después de sembrado.

**Poda.** A los tres meses de sembrado se realizó una poda de hojas bajas y de ramas secundarias e inferiores emitidas en las ramas principales, esto con el objetivo de dar aireación al sistema. El cultivo de frejol de palo se mantendrá por 12 meses (ciclo del cultivo), asociado al cacao.

### Componente 5: Manejo de la sombra intermedia de yuca

**Obtención.** El material de siembra se obtuvo de los lotes de investigación del programa de yuca y camote de la EEP, seleccionando varetas libre de plagas y enfermedades, con madurez fisiológica apropiada, es decir de 8-12 meses; estas además presentaron buen estado sin daños físicos; se estableció en una densidad de 100 plantas dentro del ensayo (8 x 6 m).

El corte de la vara se realizó en el aire con un machete bien afilado, tratando que sea lo más uniforme posible y evitar producir daños; para esto se realizó dos cortes, primero un corte suave o pequeño y luego se giró la vara y en la parte opuesta realizar un corte definitivo.

**Siembra.** La siembra se realizó con dos meses antes de la siembra del cultivo de cacao y se lo hizo manualmente clavando la vara en la posición inclinada en el suelo, se enterraron dos o tres yemas a una profundidad de cinco a siete cm, la resiembra se realizó los 20 días después de sembrado.

### **Componente 6: Manejo del cultivo de cacao**

**Obtención de plantas de cacao.** Las plantas se multiplicaron en los viveros de la Estación Experimental Portoviejo, mediante la clonación vía injerto de púa lateral, de acuerdo al protocolo de multiplicación establecido (Loor, et al., 2016). Los clones no disponibles en la EE-Portoviejo, se trasladaron desde la EET-Pichilingue.

**Trasplante.** Esta labor se realizó mezclando con el suelo 100 gramos/planta de abono completo 10-30-10, de manera que no quede en contacto directo con las raíces de las plantas para evitar toxicidad y quemazón en las plantas.

**Riego.** El riego se lo ha realizado por surcos, de acuerdo a las frecuencias establecidas en los tratamientos llenando cada surco en su totalidad. Cabe indicar que, se dieron riegos uniformes de tal manera que el cultivo se establezca.

### **Conclusión**

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

### **Recomendación**

2. Continuar con el proceso de investigación del presente estudio, complementando de esta manera con las diferentes variables a estudiar, evaluar el efecto patrón injerto en el potencial productivo y fitosanitario.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Agudelo L. A. y 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.

Anim-Kwapong, G. J., y Frimpong, E. B. (2004). vulnerability and adaptation assessment under the Netherlands climate change studies assistance programme phase 2

(NCCSAP 2). *Cocoa Research Institute of Ghana*, 2, 1–30.

BCE. (2018). Evolución de la Balanza Comercial, 16.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Beer, J., Muschler, R., Kass, D., Somarriba, E., (1998). Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38: 139-164.

Carrillo, R. y 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.

Carr, M. K., y Lockwood, G. (2011). The water relations and irrigation requirements of cocoa (*Theobroma cacao* L.): A review. *Exp. Agric.* 47, 653 - 676.

Chaves, M. M., Costa, J. M., Zarrouk, O., Pinheiro, C., Lopes, C. M., y Pereira, J. S. (2016). Controlling stomatal aperture in semi-arid regions—The dilemma of saving water or being cool? *Plant Science*, 251, 54–64.  
<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.06.015>

Donat, M. G., Durre, I., Peterson, T. C., Caesar, J., Aguilar, E., Zhang, X., ... Hewitson, B. (2013). Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(5), 2098–2118.  
<https://doi.org/10.1002/jgrd.50150>

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

Escalante, E. E. (2017). El rol de la biodiversidad vegetal como elemento de resiliencia, mitigación y adaptación al cambio climático en sistemas agroforestales con predominio del componente leñoso nativo. Taller Teórico Práctico: Bases Agronómicas, Fisiológicas y Tecnológicas Del Café y Cacao.

Falconi, C. (2009). Estudio de vulnerabilidad actual a los riesgos climáticos en el sector de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos, Paute, Jubones, Catamayo, Chone, Portoviejo y Babahoyo. *Quito: Ministerio Del Ambiente*.

FAO. (2017). Seminario internacional sobre pronosticar, planificar, preparar: cómo evitar que la sequía se convierta en hambruna.

Jiménez, S., Dridi, J., Gutiérrez, D., Moret, D., Irigoyen, J. J., Moreno, M. A., y Gogorcena, Y. (2013). Physiological, biochemical and molecular responses in four *Prunus* rootstocks submitted to drought stress. *Tree Physiology*, 33(10), 1061–1075. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpt074>

- Hidalgo, M. del M. (2013). La influencia de cambio climático en la seguridad alimentaria. *Cuadernos de Estrategia*, ISSN 1697-6924, N°. 161, 2013 (Ejemplar Dedicado a: Seguridad Alimentaria y Seguridad Global), Págs. 67-89, (161), 67–89. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4184082>
- ICCO. 2015. Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XXXIX, No. 2, Cocoa year 2014/15. <http://www.icco.org>
- Keller, M., Mills, L. J., y Harbertson, J. F. (2012). Rootstock effects on deficit-irrigated winegrapes in a dry climate: Vigor, yield formation, and fruit ripening. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63(1), 29–39. <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.11078>
- Leon Villamar, F., Calderon Salazar, J., y Mayorga Quinteros, E. (2018). Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador / Strategies for cultivation, marketing and export of aroma fine cocoa in Ecuador. *Ciencia Unemi*, 9(18), 45. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss18.2016pp45-55p>
- Limongi, R. y 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. y 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
- Magrin, G., y Canziani, C. O. (2007). Evaluación de la vulnerabilidad e impactos del cambio climático y potencial de la vulnerabilidad en América Latina y el Caribe. *Scientia Horticulturae*. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.002>.
- Martínez, A. (1984). *La sombra para el cacao: revisión de literatura y bibliografía anotada* (No. 5). Bib. Ortón IICA/CATIE.
- Martínez-Ballesta, M. C., Alcaraz-López, C., Muries, B., Mota-Cadenas, C., y Carvajal, M. (2010). Physiological aspects of rootstock–scion interactions. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 112–118. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.002>
- Melo C. y 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 Alarcón, N., Solórzano Larrea, G., y Cedeño Macías, J. (2008). Riego suplementario para el cultivo de cacao en Manabí.
- Motato, N y 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.
- Munns, R., y Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 651–681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Ortíz González, M. (2006). Conocimiento local y decisiones de los productores de Alto Beni, Bolivia, sobre diseño y manejo de la sombra de cacaotales. (Tesis de Maestría). CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Ortiz, A., Riasco, L. y 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.
- Pautasso, M., Döring, T. F., Garbelotto, M., Pellis, L., y Jeger, M. J. (2012). Impacts of climate change on plant diseases—opinions and trends. *European Journal of Plant Pathology*, 133(1), 295–313. <https://doi.org/DOI 10.1007/s10658-012-9936-1>
- Quiroz, J. (2010). Sistemas de sombra de cacao con maderables. Estación Experimental Litoral Sur. Programa de Cacao y Café. Boletín divulgativo N°151.
- Ramírez, W. (2005). Manejo de sistemas agroforestales. Recuperado de: <http://biblioteca.ihatuey.cu>.
- Rojas, F., y Sacristán, E. (2013). Guía ambiental para el cultivo del cacao. (2a ed.). Federación Nacional de Cacaoteros (Fedecacao). Bucaramanga, Colombia.
- Romero, P., Pérez-Pérez, J. G., del Amor, F. M., Martínez-Cutillas, A., Dodd, I. C., y Botía, P. (2014). Partial root zone drying exerts different physiological responses on field-grown grapevine (*Vitis vinifera* cv. Monastrell) in comparison to regulated deficit irrigation. *Functional Plant Biology*, 41(11), 1087. <https://doi.org/10.1071/fp13276>
- SENAGUA. (2017). Boletín de la Estadística sectorial del Agua. Quito. Retrieved from [https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA\\_08feb.compressed-2.pdf](https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA_08feb.compressed-2.pdf)
- Serra, I., Strever, A., Myburgh, P. A., y Deloire, A. (2014). the interaction between rootstocks and cultivars (*Vitis vinifera* L.) to enhance drought tolerance in

grapevine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20(1), 1–14.  
<https://doi.org/10.1111/ajgw.12054>

Somarriba, E. y Beer, J. (1999). Sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica y Panamá. *Agroforestería en las Américas* 6 (22):7-11.

Sun, X. P., Yan, H. L., Kang, X. Y., y Ma, F. W. (2013). Growth, gas exchange, and water-use efficiency response of two young apple cultivars to drought stress in two scion-one rootstock grafting system. *Photosynthetica*, 51(3), 404–410.  
<https://doi.org/10.1007/s11099-013-0040-3>

Warschefskey, E. J., Klein, L. L., Frank, M. H., Chitwood, D. H., Londo, J. P., von Wettberg, E. J. B., y Miller, A. J. (2016). Rootstocks: diversity, domestication, and impacts on shoot phenotypes. *Trends in Plant Science*, 21(5), 418–437.  
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.11.00>

Wilhite, D. A. (2006). Drought monitoring and early warning: Concepts, progress and future challenges. *World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland. WMO*, (1006).

Xoconostle-Cazares, B., Ramirez-Ortega, F. A., Flores-Elenes, L., y Ruiz-Medrano, R. (2010). Drought tolerance in crop plants. *American Journal of Plant Physiology*, 5(5), 241–256.

Zhu, J.-K. (2002). Signal Transduction in Plants under Drought Stress. *Annual Review of Plant Biology*, 53(1), 247–273.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329>

**Actividad 4:** Comportamiento agronómico y productivo de selecciones avanzadas de café robustas (*coffea canephora* P.) en la EEP.

## ANTECEDENTES

El género **Coffea** (Rubiácea) consta aproximadamente de 124 especies (Davis et al., 2011), dos de las cuales son de importancia económica a nivel mundial: *Coffea arabica* 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. De ahí que el propósito de la presente investigación fue evaluar el comportamiento agronómico, productivo y sanitario de 20 clones de *C. canephora* en la zona centro de Manabí, como una alternativa de producción para los productores. De esta manera se podrán seleccionar individuos para iniciar un programa de cruzamiento y por ende la obtención de híbridos 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 el comportamiento de selecciones avanzadas de café robusta para identificar los genotipos élites para usos en esquemas de cruzamientos.

### Específicos.

- Evaluar agronómicamente 20 clones de café robusta en Estación Experimental Portoviejo.
- Determinar variedades productivas de café robusta bajo condiciones del río Portoviejo.

## METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó 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 msnm<sup>3</sup>.

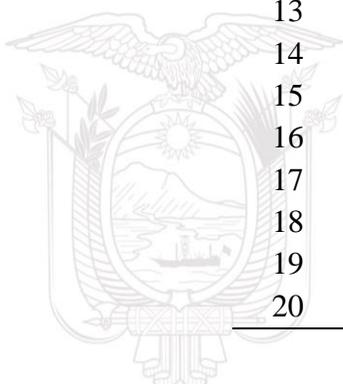
Se evaluaron 20 clones de café robusta, establecido mediante un diseño de bloques completos al azar y tres replicas, con una distancia de plantación de 2,5 x 2,0m (densidad 2000 plantas ha<sup>1</sup>), con adecuado manejo agronómico, bajo sombra temporal de plátano (*Musa spp*) utilizada por 2 años, y sombra permanente guaba (*Inga edulis*). Se aplicó riego suplementario en época de verano, con 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 agronómicos y productivos, desarrollado por el personal Técnico del Programa Nacional de Cacao y Café (Loor et al., 2016).

Las variables agronómicas fueron, altura de planta, diámetro de tallo, total de ramas, total de ramas productivas, longitud de rama, numero de nudos, distancia de entrenudos y grado de compactación, así mismo se registró en rendimiento en kg/planta de café cereza en el segundo año de producción 2016. Los tratamientos se describen en la tabla 11.

<sup>3</sup> INAMHI. Anuarios meteorológicos, promedio de seis años. 2011-2016.

**Tabla 11.** Clones de café robusta utilizados en el presente estudio.

Nº	CODIGO	CLON	PROCEDENCIA
1	T-1	LI-A13	EE-Central Amazónica
2	T-2	LB-A11	EE-Central Amazónica
3	T-3	LB-A10	EE-Central Amazónica
4	T-4	LF-A7	EE-Central Amazónica
5	T-5	LT-A2	EE-Central Amazónica
6	T-6	LE-A1	EE-Central Amazónica
7	T-7	LQ-A3	EE-Central Amazónica
8	T-8	LE-A7	EE-Central Amazónica
9	T-9	COF-OO1 ARB.2	EET-Pichilingue
10	T-10	COF-OO3 ARB.2	EET-Pichilingue
11	T-11	COF-OO3 ARB.7	EET-Pichilingue
12	T-12	COF-OO3 ARB.15	EET-Pichilingue
13	T-13	COF-OO4 ARB.7	EET-Pichilingue
14	T-14	COF-OO4 ARB.15	EET-Pichilingue
15	T-15	COF-OO5 ARB.16	EET-Pichilingue
16	T-16	NP-3018 ARB.19	EET-Pichilingue
17	T-17	NP-2024 ARB.10	EET-Pichilingue
18	T-18	NP-4024 ARB. 4	EET-Pichilingue
19	T-19	NP-2024	EET-Pichilingue
20	T-20	NP-3013	EET-Pichilingue



## RESULTADOS

El rendimiento acumulado de cinco años en promedio de Kg/planta de los 20 clones de café robusta, fue  $\bar{Y} = 826 \pm 32$  kg ha-1. En el análisis general, se observa una moda = 734 kg y mediana = 740 kg de que están distantes del promedio = 826 kg ha-1, además presentó asimetría = 1,28 y *p valor* = <0,001, situación que es indicativo de que para la variable rendimiento hay suficiente evidencia de que los datos no tienen una distribución normal.

La prueba de la normalidad de Shapiro Wilks, Tabla 12 permitió corroborar la tendencia de las distribuciones que resultaron estadísticamente “no normales”. Se realizó también la prueba F de homogeneidad de las varianzas donde se determinó que en la variable rendimiento, hubo heterocedasticidad, la varianza resultó homocedástica. Esto conlleva a la necesidad de dar énfasis en el uso de técnicas no paramétricas en los análisis estadísticos subsiguientes.

**Tabla 12.** Estadísticos de la variable rendimiento de 20 clones de café robusta probados en la EE-Portoviejo.

Estadístico	Rendimiento Kg ha <sup>-1</sup>
Media (kg ha <sup>-1</sup> )	826
Error típico (kg ha <sup>-1</sup> )	32
Mediana (kg ha <sup>-1</sup> )	740
Moda (kg ha <sup>-1</sup> )	734
Varianza	247547
Desviación estándar ((kg ha <sup>-1</sup> )	498
Curtosis	1,70
Coefficiente de asimetría	1,28
Coefficiente de variación (%)	60
Variación relativa (%)	3,9
Mínimo (kg ha <sup>-1</sup> )	128
Máximo (kg ha <sup>-1</sup> )	2727
Rango ((kg ha <sup>-1</sup> )	2599
Suma (kg ha <sup>-1</sup> )	196602
n	238
Intervalo de confianza (95%)	63
Límite inferior de $\mu$ (kg ha <sup>-1</sup> )	763
Límite superior de $\mu$ (kg ha <sup>-1</sup> )	889
Prueba de normalidad	<0,001
Distribución normal	No
Prueba F de varianzas:	2,476
Prueba F de la homocedasticidad	1,320
Varianza homogénea	No

En la tabla 13 Se observa el análisis de varianza no paramétrica de la prueba de *Kruskall* y *Wallis* ( $p$  valor 0,05) determinó que existen diferencias altamente significativas entre los 20 tratamientos de café robusta ( $p$  valor 0,0035), en la tabla 14 se puede observar que la variedad con mayor producción acumulado durante los cinco años de evaluación fue COF-003-A7 con 1523 Kg ha<sup>-1</sup>, siendo esta variedad diferente estadísticamente al resto de variedades evaluadas.

**Tabla 13.** Análisis de varianza por rangos de Kruskal y Wallis (KW) de la variable rendimiento en el ensayo de selección de clones de café robusta en la EE-Portoviejo

Número de clones	20
n observaciones	238
$\bar{L}_j$ (kg ha <sup>-1</sup> )	826 ± 32
Mediana (kg ha <sup>-1</sup> )	739
Estadístico H	39,74
p de Chi cuadrada	0,0035
Significación estadística	**

NS: No hay diferencia estadística entre clones de café robusta

\*\* : Hay diferencia significativa con el 99% de confianza

**Tabla 14.** Análisis de varianza por rangos de *Kruskal y Wallis* de la variable rendimiento de clones de café robusta en la EE-Portoviejo.

Clones	n	$\bar{R}$	Media	Rangos KW
COF-003-A7	12	193,42	1523	A
COF-004-A15	10	155,65	1011	AB
NP-3013	12	149,33	1012	AB
LB-A10	12	148,75	945	AB
LQ-A3	12	147,92	1045	AB
NP-4024-A4	12	129,46	901	BC
LE-A7	12	127,75	844	BC
COF-001-A2	12	124,00	863	BC
LE-A1	12	122,50	822	BC
LB-A11	12	119,96	813	BC
LF-A7	12	117,46	845	BC
COF-003-A2	12	115,21	779	BC
COF-004-A7	12	103,96	687	BC
LT-A2	12	103,79	716	BC
COF-003-A15	12	102,38	676	BC
COF-005-A16	12	98,63	642	BC
NP-3018-A19	12	88,54	696	C
NP-2024	12	86,50	621	C
LI-A13	12	85,58	583	C
NP-2024-A10	12	75,25	527	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## CONCLUSIÓN

La evaluación productiva de las 20 clones de café robusta, ha permitido conocer que existen tres variedades potencialmente productivas, estas son COF-003-A7; COF-004-A15 variedades que destacan por reunir buenas características de selección bajo condiciones del valle del río Portoviejo.

## RECOMENDACIONES

1. Conservar en forma de colección las 20 clones de café robusta en los predios de la EE-Portoviejo, con la finalidad de conservar este importante pool genético.
2. Realizar ensayos regionales para determinar el potencial de rendimiento en otras zonas agroecológicas y la estabilidad de producción.
3. Realizar programas de mejoramiento genético, estableciendo esquemas de cruzamientos en café robusta apropiados para la fijación de genes de rendimiento con al menos los tres primeros clones con mayor producción de 1000 Kg h<sup>-1</sup> de café cereza.
4. Realizar estudios ecofisiológicos como nueva línea de investigación dentro de este rubro, mediante la aplicación de herramientas que determinen condiciones ecofisiológicas favorables a la especie.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bertrand, B. Boulanger, R. Dussert, S. Ribeyre, F. Berthiot, L. Descroix, F. y Joët, T. (2012). “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.
- 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.pdf>
- 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
- Enriquez, G. Duicela, L. (2014). Guía Técnica para la producción y postcosecha del café robusta. (COFENAC), (SICA). (1)259p.
- 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.

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

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.

Montagnon, C. Leroy T, Yapó, A. (1992) Diversité' génotypique et phénotypique de quelques Groupes de caféiers (*Coffea canephora* Pierre) en la phénotypique de quelques colección. Conse'quences sur leur la utilización en se'lection. *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

Plaza, L. Loor, R. Guerrero, H. y 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.