

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“CRECIMIENTO VEGETATIVO DE CINCO GENOTIPOS DE CACAO  
(*Theobroma cacao* L.) BAJO CONDICIONES DE SAN RAMÓN”**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**MAURICIO ALONSO ABAD KOOCHOI**

**LIMA-PERÚ**

**2023**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

# CRECIMIENTO VEGETATIVO DE CINCO GENOTIPOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) BAJO CONDICIONES DE SAN RAMÓN

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1

[repositorio.lamolina.edu.pe](http://repositorio.lamolina.edu.pe)

Fuente de Internet

13%

---



---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 11 words

Excluir bibliografía

Activo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

“CRECIMIENTO VEGETATIVO DE CINCO GENOTIPOS DE CACAO  
(*Theobroma cacao* L.) BAJO CONDICIONES DE SAN RAMÓN”

MAURICIO ALONSO ABAD KOOCHOI

Tesis para optar por el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

-----  
Ph. D. Óscar Oswaldo Loli Figueroa  
**PRESIDENTE**

-----  
Dr. Ricardo Roberto Borjas Ventura  
**ASESOR**

-----  
Dr. Julio César Alegre Orihuela  
**MIEMBRO**

-----  
Ing. Mg. Sc. Elías Hugo Huanuqueño  
Coca  
**MIEMBRO**

**Lima-Perú**

**2023**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DECANATO

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
AST-FA-025-2022

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la Sustentación del Trabajo de Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias-Agronomía Sr. Mauricio Alonso Abad Koochoi, denominado: "CRECIMIENTO VEGETATIVO DE CINCO GENOTIPOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) BAJO CONDICIONES DE SAN RAMÓN", oídas las respuestas y observaciones formuladas lo declaramos:

APROBADO

Con el calificativo de (\*)

MUY BUENO

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo Universitario y recibir el Título de **INGENIERO AGRÓNOMO** de conformidad con lo estipulado en el Artículo 150o. inciso b. del Reglamento General de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

La Molina, 12 de setiembre del 2022

Dr. Oscar Oswaldo Loli Figueroa  
PRESIDENTE

Dr. Ricardo Roberto Borjas Ventura  
ASESOR

Dr. Julio César Alegre Orihuela  
MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Elías Hugo Huanuqueño  
Coca  
MIEMBRO

(\*) De acuerdo con el Art. 48° del Reglamento de Tesis, éstas deberán ser calificadas con los términos de SOBRESALIENTE, MUY BUENO, BUENO.

## **ESTE TRABAJO ESTÁ DEDICADO A:**

Mi abuela María Ramírez Delgado. Por enseñarme sobre la compasión y el entendimiento.

Que tu luz siga brillando desde el otro mundo.

A mi madre, Maria del Carmen Koochoi Cruz. Por su paciencia, arrojo y entrega ante las situaciones adversas de la vida. Por enseñarme sobre la esencia de la lucha y el sacrificio.

A mi abuela Juana Ricardina. Por ser soporte durante todos estos años. Besos infinitos.

A mi familia en general por estar pendientes de mí en momentos claves de la vida. Espero poder retribuirles el amor algún día.

A mis compañeros, Arturo y Luciano por su guía y consejo durante todo este proceso

## **AGRADECIMIENTOS**

Al I.R.D Selva- Fundo La Génova por brindarme las instalaciones y condiciones óptimas para la ejecución de este trabajo de investigación.

Por las experiencias compartidas, la enseñanza sobre la realidad del campo y los cultivos en la selva del personal que labora en el fundo La Génova, siempre llevaré lo aprendido en mi vida profesional.

A mi asesor, el Dr. Ricardo Borjas Ventura, por su orientación, sugerencias y aliento constante a lo largo de todo este periodo.

A los profesores de la Facultad de Agronomía de la UNALM los cuales me brindaron valiosos conocimientos y experiencias académicas a lo largo de mi vida Universitaria.

A los miembros del Jurado de tesis: Ph. D. Óscar Loli Figueroa (presidente), Dr. Julio Alegre Orihuela (Miembro) y Mg. Sc. Elías Hugo Huanuqueño Coca (miembro), por el tiempo dedicado.

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1	GENERALIDADES DEL CULTIVO DE CACAO .....	3
2.1.1	Origen y distribución de Theobroma cacao L. ....	3
2.1.2.	Importancia del cultivo del cacao en el mundo.....	4
2.2	BOTÁNICA Y MORFOLOGÍA.....	7
2.2.1	La Planta.....	7
2.2.2	El Tallo.....	8
2.2.3	Las Hojas.....	8
2.2.4	Flores e Inflorescencia.....	9
2.2.5	El Fruto.....	9
2.2.6	La Semilla.....	9
2.3	GRUPOS GENÉTICOS DE CACAO.....	10
2.3.1.	Grupo Criollo .....	11
2.3.2.	Grupo Forastero.....	11
2.3.3.	Grupo Trinitario .....	12
2.4.	DESCRIPCIÓN DE GENOTIPOS IMPORTANTES EN ESTE ESTUDIO .....	13
2.4.1.	VRAE-99.....	13
2.4.2.	Pound-12 .....	13
2.4.3.	Pound-7 .....	14
2.4.4.	ICS-6 .....	14
2.4.5.	ICS-39 .....	14
2.5.	Condiciones Agroecológicas del Cultivo.....	15
2.5.1	Temperatura.....	15
2.5.2	Precipitación.....	16
2.5.3	Humedad Relativa .....	16
2.5.5	Radiación solar.....	17

2.5.7 pH.....	17
2.5.8. Vientos.....	18
III. METODOLOGÍA .....	19
3.1. LUGAR DE ESTUDIO.....	19
3.2. Suelos.....	23
3.3. Material Genético utilizado.....	23
3.4. Variables de evaluación.....	24
3.5 Análisis Estadístico .....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	32
4.1 CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS DE LA PLANTA .....	32
4.1.1Diámetro de tallo.....	32
4.1.2Número de hojas.....	40
4.1.3Número de brotes .....	43
4.1.4Peso fresco y secos de las hojas .....	46
4.2 CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS DE LAS HOJAS .....	50
4.2.1 Longitud y ancho de la lámina foliar.....	50
4.2.2 Longitud desde la Base al punto más Ancho (LBA).....	53
4.2.4Relación Largo – Ancho.....	56
4.2.5Área de hoja completamente desarrollada.....	57
4.3 CARACTERISTICAS CUALITATIVAS DE LAS HOJAS .....	60
4.3.1Color de hojas jóvenes .....	60
4.3.2Textura de la hoja .....	61
4.3.4Forma del ápice foliar.....	62
V. CONCLUSIONES .....	66
VI. RECOMENDACIONES .....	67
VII. BIBLIOGRAFIA.....	68
VIII. ANEXOS.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción nacional de cacao en grano (toneladas) (MINAGRI, 2020) .....	6
Tabla 2: Precio en chacra de cacao en grano seco (MINAGRI, 2020). .....	7
Tabla 3: Datos registrados en la estación meteorológica “La Génova” de la marca Davis Instruments. Extraídos mediante software Weatherlink.....	22
Tabla 4:Tratamientos del experimento con genotipos de cacao en el IRD Selva .....	24
Tabla 5: Diámetro de tallo (mm) de cinco genotipos de cacao .....	35
Tabla 6:Altura (cm) de cinco genotipos de cacao. ....	39
Tabla 7: Numero de hojas de cinco genotipos de cacao.....	43
Tabla 8: Número de brotes de cinco genotipos de cacao .....	46
Tabla 9: Promedio de peso fresco de hojas en cinco genotipos de cacao al final de la evaluación.....	48
Tabla 10: Promedio de peso seco en hojas de cinco genotipos de cacao .....	50
Tabla 11:Longitud promedio de hojas en cinco genotipos de cacao al final de la evaluación .....	51
Tabla 12:Ancho promedio de hojas en cinco genotipos de cacao al final de la evaluación	52
Tabla 13: LBA promedio en cinco genotipos de cacao al final de la evaluación.....	53
Tabla 14:Promedio longitud de peciolo de cinco genotipos al final de la evaluación .....	56
Tabla 15:Promedio RLA en cinco genotipos de cacao al final de la evaluación .....	57
Tabla 16: Color de hojas jóvenes entre individuos de un mismo genotipo de cacao.....	60
Tabla 17: Forma de base foliar entre individuos del mismo genotipo de cacao .....	62
Tabla 18: Forma de ápice foliar entre individuos de un mismo genotipo de cacao. ....	62
Tabla 19: Presencia de pubescencia en peciolos entre individuos de un mismo genotipo de cacao .....	63
Tabla 20: Características fenotípicas de hojas de cacao, frecuencia relativa y absoluta. (Elaboración Propia).....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación taxonómica, adaptado de Species 2000 & ITIS Catalogue of Life (2020) .....	4
Figura 2: Producción mundial de cacao grano bajo sistema convencional (ICCO, 2021)....	5
Figura 3: Composición planta de cacao (MINAGRI, 2016) .....	8
Figura 4: Clasificación de los tres grandes grupos de cacao (Soto, 2019) .....	10
Figura 5: Mazorcas de genotipos en estudio (Referencial); (A): VRAE 99; (B): Pound 7; (C): ICS 39; (D): Pound 12; (E): ICS 6. (MINAGRI, 2016).....	15
Figura 6: Distribución de Cacao en el Mundo según latitud. (Romero, 2016.).....	16
Figura 7: Mapa ecológico de la región Junín, el fundo la Génova está indicado en rojo. (INRENA,2007) .....	20
Figura 8: Vista satelital del fundo La Génova, el círculo muestra la parcela donde se realizó el experimento. Adaptación de Google Maps. 2020 .....	21
Figura 9: Registro de temperaturas del fundo La Génova, período 2020-2021 .....	22
Figura 10: Comportamiento de la precipitación en el fundo La Génova, noviembre 2020 a febrero 2021.....	23
Figura 11: A): Delimitación de la parcela experimental; B): Medida de grosor de tallo ...	25
Figura 12: A): Medición del LBA; B): Medición del ancho de lámina. ....	26
Figura 13: Horno de secado por convección .....	27
Figura 14: Procesado de muestras de hojas para hallar peso seco.....	28
Figura 15: Forma de la base de las hojas de cacao (Perea et al., 2013).....	29
Figura 16: Forma del ápice de la hoja de cacao (Perea et al., 2013) .....	29
Figura 17: Presencia de pubescencia en ramas y peciolo de la planta; 0= Ausente, 1=Incipiente, 2=Intermedia, 3= Intensa. (Jimenez et al s.f.) .....	30
Figura 18: Diámetro del tallo de los genotipos .....	34
Figura 19: Comparacion de medias del diámetro (mm) de genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39. ....	35
Figura 20: Medida de la altura de planta de los genotipos evaluados .....	38
Figura 21: Comparación de medias de altura (cm) de Genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39 .....	39
Figura 22: Número de hojas de los genotipos evaluados .....	42

Figura 23: Comparación de medias de número de hojas en genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39. ....	43
Figura 24: Número de brotes evaluados .....	45
Figura 25: Comparación de medias del número de brotes en cacao, en la última evaluación. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39. ....	46
Figura 26: Peso fresco de hojas de genotipos de cacao evaluados. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39 .....	47
Figura 27: Comparacion de medias en peso fresco de hojas de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39. ....	48
Figura 28: Diagrama de cajas de peso seco en cinco genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39 .....	49
Figura 29: Comparacion de medias de peso seco entre cinco genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39. ....	49
Figura 30: Boxplot de longitud de lámina foliar en cinco genotipos de cacao. T1: VRAE 99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39. ....	51
Figura 31: Boxplot de ancho de lámina foliar en cinco genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39. ....	52
Figura 32: Comparación de medias de LBA en cinco genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39. ....	53
Figura 33: Diagrama de cajas de la LBA de cinco genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39. ....	54
Figura 34: Diagrama de cajas de longitud de peciolo. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39. ....	55
Figura 35: Medias de longitud del pecíolo de los genotipos evaluados. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39. ....	55
Figura 36: Diagrama de cajas de relación Largo-Ancho. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39. ....	56
Figura 37: Comparación de medias de Relación Largo/ancho de cinco genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS .....	57
Figura 38: Resultados de la evaluación del área de la hoja completamente desarrollada de los genotipos .....	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: DATA RUN.....	75
Anexo 2: Guía para la toma de datos en campo .....	78
Anexo 3: Caracterización Morfoagronómica .....	79
Anexo 4: Formas de las hojas de los genotipos en estudio; A) VRAE 99, B) Pound 12, C) Pound 7, D) ICS 6, E) ICS 39 .....	81
Anexo 5: Señalización de genotipos al inicio del experimento, Noviembre 2020. A) VRAE 99, B) Pound 12, C) Pound 7, D) ICS 6, E) ICS 39 .....	82
Anexo 6: Principales problemáticas con la parcela. A) Falta de agua durante meses cálidos; B) Brotes atacados por hormigas; C) Defoliación parcial por hormigas; D) Quemado de brote previo al análisis del experimento (posteriormente algunos individuos rebrotaron); E) Caída de árboles y ramas de <i>Inga edulis</i> sobre la parcela experimental.....	83
Anexo 7: Problemática con ICS 6: A) Manchas foliares color café en hojas desarrolladas (1 individuo); B) Plantas de porte bajo; C) Rebrote tardío; D) Vista general del individuo .....	84
Anexo 8: Desarrollo de VRAE 99 en la parcela experimental (Fotos A-F); G) Brotes que formarán la horqueta.....	85
Anexo 9: Desarrollo de Pound 12 en la parcela experimental (Fotos A-F); G) Formación de nuevos brotes; H) Detalle de nuevas hojas. ....	86
Anexo 10: Desarrollo de Pound 7 en la parcela experimental. ....	87
Anexo 11: Detalle pubescencia y pigmentación rama POUND 7.....	88
Anexo 12: Desarrollo de ICS 6 en parcela experimental (Fotos A-E); F) Rebrote.....	89
Anexo 13: Desarrollo de ICS 39 en la parcela experimental (A-E); F) Coloración de brotes y pigmentación de ramas .....	90
Anexo 14: Detalle de pigmentación y pubescencia en brotes de ICS 39 .....	91
Anexo 15: Distribución de los genotipos en la parcela experimental. ....	92

## RESUMEN

El siguiente trabajo tiene como objetivo principal evaluar el crecimiento vegetativo de cinco genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivados en selva central, específicamente en San Ramón (provincia de Chanchamayo). El estudio se realizó en una parcela experimental del fundo IRD Selva “La Génova” de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Ubicado en San Ramón, Chanchamayo, Junín, región selva central del Perú, para este estudio se realizó un análisis detallado a 5 tipos de genotipos, VRAE 99, POUND 7, POUND 12, ICS 6 y ICS 39, de los cuales los 3 primeros son de origen peruano y los 2 últimos son de Trinidad y Tobago. Se realizaron 7 evaluaciones donde la tendencia observada fue que los genotipos tipo Forastero (Perú) registraron mayor biometría (altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y brotes) que los de tipo Trinitario. Por ende, podemos asegurar que el genotipo POUND 7 exhibió mayor desarrollo vegetativo, seguido del genotipo VRAE 99 y el POUND 12, por otro lado, ICS 39 e ICS 6 fueron los genotipos trinitarios que menor desarrollo y crecimiento presentaron. Adicionalmente se determinó características fenotípicas de cada genotipo tales como forma de la hoja, textura, color de hojas jóvenes, pubescencia, entre otras.

**Palabras clave:** Cacao, Genotipos, Fenotipos, Parcela experimental, Crecimiento Vegetativo

## ABSTRACT

The aim of this following work is to evaluate vegetative growth of five cacao genotypes (*Theobroma cacao L.*) grown in the central jungle, specifically in San Ramón (Chanchamayo province). The study was carried out in an experimental plot of the RDI Jungle “La Genova”, of Universidad Nacional Agraria La Molina. Located in San Ramón, Chanchamayo, Junín, Peruvian central jungle. For this study a detailed analysis was carried out on 5 types of genotypes; VRAE 99, POUND 7, POUND 12, ICS 6 and ICS 39, of which the first 3 are of Peruvian origin and the last 2 are from Trinidad and Tobago. 7 evaluations were carried and was observed that Peruvian Forastero genotypes possessed better biometry (plant height, stem thickness, leaf count, etc.) than Trinitarian genotypes. Thus POUND 7, displayed greater vigor than VRAE 99, followed by POUND 12, while Trinitario ICS 6 and ICS 39 behaved poorly on field conditions. Additionally, phenotypic characteristics were determined for each genotype, such as: Leaf shape, leaf texture, young leaf color and pubescence.

**Keywords:** Cacao, Genotypes, Phenotypes, Experimental Plot, Vegetative Growth

## I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol perennifolio perteneciente a la familia de las malváceas cuyo centro de origen se ubica en la cuenca Amazónica, principalmente en los límites de frontera de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil (Motamayor, et al., 2002). Actualmente, Perú es considerado el octavo productor mundial con 121 mil toneladas durante el año 2020 (ICCO, 2021), siendo los principales departamento productores San Martín (41%), Junín (19%) y Ucayali (11%) que juntos representan más del 50% de área producida (APPCACAO, 2016)

Sumado a la extensión que ocupa, el cacao ha venido jugando un rol importante como cultivo alternativo para la hoja de coca. Adicionalmente es el sustento de más de cien mil familias, y genera aproximadamente once millones de jornales al año (MINAGRI, 2019) demostrando con esto el gran papel social que cumple, especialmente en la selva peruana.

Por otra parte, el rendimiento nacional de cacao es bajo (+/- 0,80 t de grano seco ha<sup>-1</sup>), aunque potencialmente podría llegar a las dos t ha<sup>-1</sup> (Iturríos, 2017). Dentro de las estrategias que deben seguirse en esta búsqueda de aumento de la productividad está el uso de genotipos adecuados para la zona de cultivo. En este sentido, debemos remarcar que existe un efecto del medio ambiente sobre las plantas haciendo que estas últimas muestren características diferentes, en función, también, a su carga genética (Julca-Otiniano et al., 2018).

La interacción entre el medio ambiente y el genotipo nos lleva a pensar en la importancia de realizar estudios locales para determinar la adaptación de cada genotipo a ciertas características edafoclimáticas; Sin embargo, aún son escasos este tipo de investigaciones. En tal sentido, hemos planteado el desarrollo de este trabajo con la finalidad de obtener datos que puedan servirle no solo a los productores sino también a los mejoradores de plantas. Los objetivos propuestos son:

### **Objetivo principal:**

Evaluar el crecimiento vegetativo de cinco genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivados en selva central, específicamente en San Ramón (provincia de Chanchamayo).

### **Objetivos secundarios:**

- Determinar altura, diámetro de tallo, número y características de las hojas de cinco genotipos de cacao bajo condiciones de Selva central (San Ramón, Junín).
- Caracterizar morfológicamente las hojas de cinco genotipos de cacao bajo condiciones de Selva Central (San Ramón, Junín).
- Determinar cuál es el genotipo que presentó mejor adaptación mediante las características indicadas en el objetivo principal bajo condiciones de Selva Central (San Ramón, Junín).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE CACAO

#### 2.1.1 Origen y distribución de *Theobroma cacao* L.

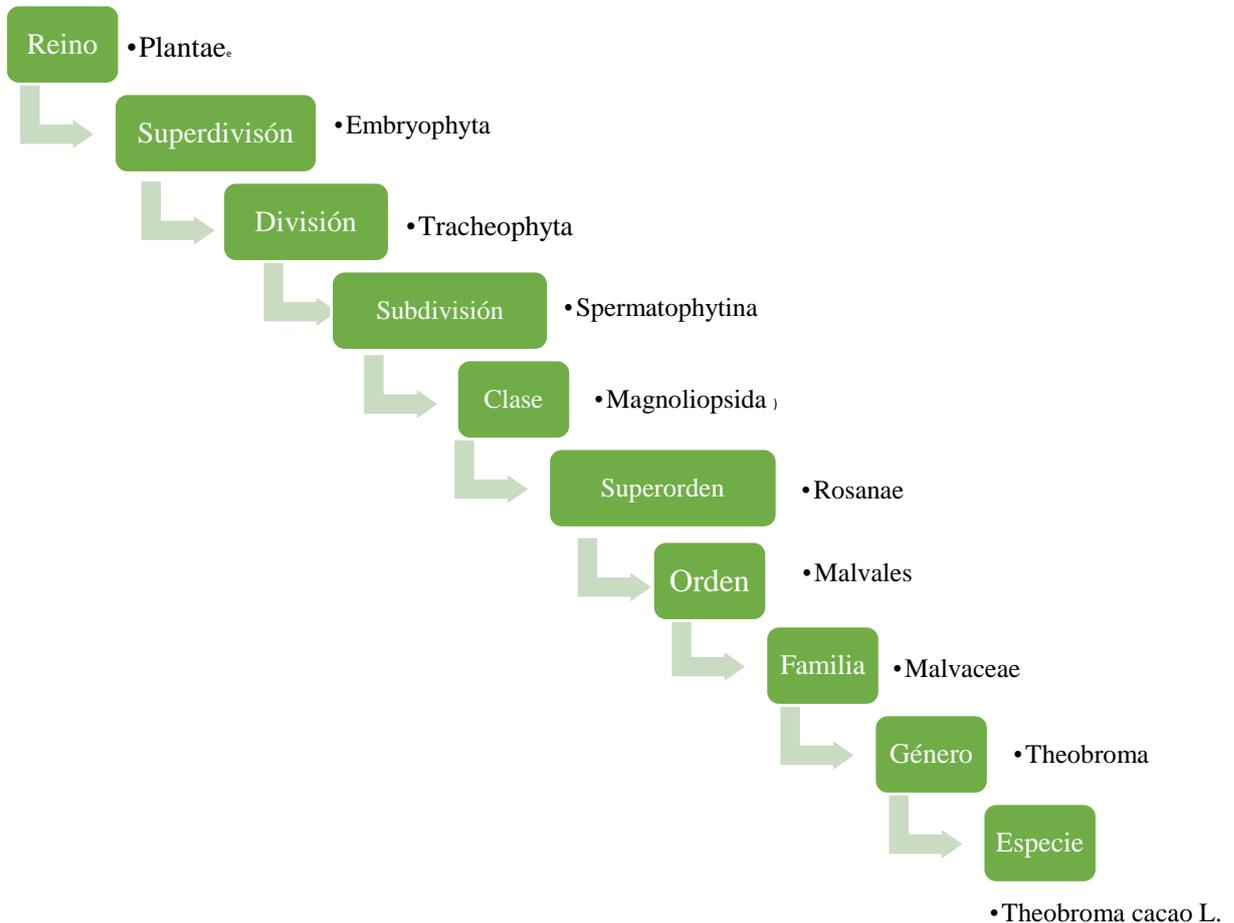
El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie que pertenece a la familia de las malváceas. Su mayor diversidad genética y, por consiguiente, uno de sus centros de origen se encuentra en el Alto Amazonas, región comprendida en la confluencia de los ríos Napo, Caquetá y Putumayo, en América del Sur (Nazario, 2014; Ramírez-Guillermo et al., 2018).

No obstante, fue en el sur de México, donde los mayas y olmecas lo domesticaron, consumiendo cacao por primera vez hace más de 3800 años (Henderson et al., 2007; Ramírez-Guillermo et al., 2018). Hecho que se refuerza con lo manifestado por Valenzuela (2007), quien indica que fue muy utilizada por diversas culturas centroamericanas con fines rituales y alimenticios; así mismo, Fernández y Fernández (2016) sugieren que la semilla hasta pudo ser usada como moneda.

La distribución del cacao alrededor del mundo se inició con el descubrimiento de América. Cristóbal Colón lo conoció en Nicaragua en 1502 como un árbol importante para los indígenas. Hernán Cortez, al regresar a España después de su expedición al imperio Azteca, llevó la receta de la bebida *xocoalt* (chocolate) la cual no fue bien recibida, hasta que le fue agregada azúcar (Monteiro et al., 2009).

## Clasificación taxonómica

Según el sistema taxonómico de ITIS (2020) el cacao se encuentra clasificado como de la siguiente manera:

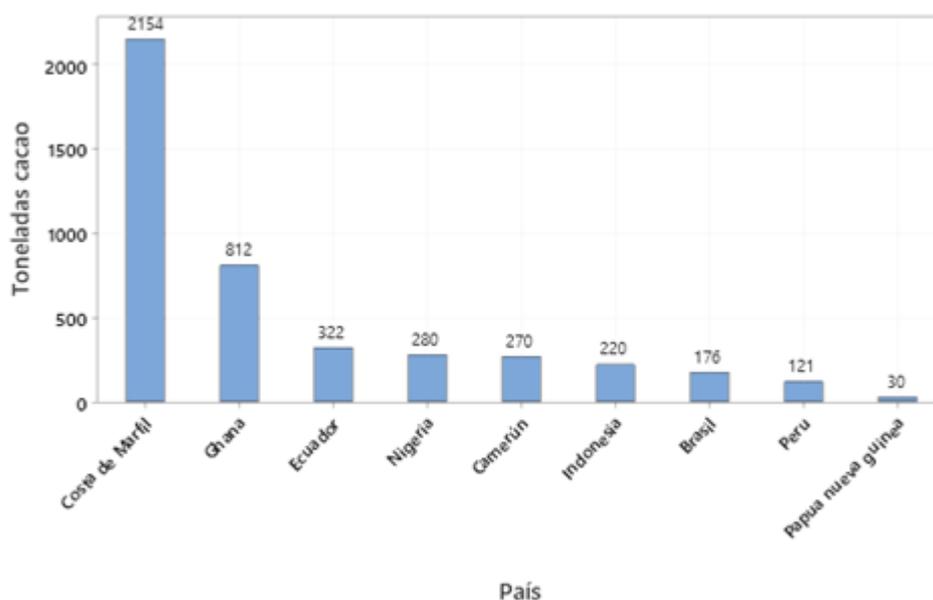


**Figura 1: Clasificación taxonómica, adaptado de Species 2000 & ITIS Catalogue of Life (2020)**

### 2.1.2. Importancia del cultivo del cacao en el mundo

Desde los albores de la era moderna, el cacao ha sido uno de los cultivos exóticos mayormente explotados por la industria de dulces y alimentos; A pesar de esto las zonas productoras –Aquellas mayormente ubicadas en zonas de bosque lluvioso- no poseen la capacidad de industrialización para refinar este *commodity*. Según Luque (2020), la mayoría de los productores de cacao realiza sus cultivos bajo sistemas de agricultura de subsistencia, poseyendo en promedio 2 a 5 hectáreas.

A nivel de producción mundial. Costa de Marfil fue el primer productor mundial de cacao convencional en 2020 (ICCO, 2021.), con casi 2 millones de toneladas, muchas de las cuales ya se vendían por adelantado (Luque, 2020). Siendo esto el 40% de su valor de exportaciones. En segundo lugar, Ghana consiguió producir 812 mil toneladas en ese mismo año. Finalmente, a pesar de ser centro de origen genético de gran cantidad de genotipos, América Latina tan sólo representa el 17% de exportaciones mundiales.



**Figura 2: Producción mundial de cacao grano bajo sistema convencional (ICCO, 2021)**

### **2.1.3 Importancia del cultivo de cacao en el Perú**

El cacao es un cultivo que desde hace más de 15 años viene siendo una opción promisoría para muchos agricultores debido al nicho productivo ecológico y la demanda no satisfecha del mercado. Esto se ve reflejado en el comportamiento que tuvo durante el período 2000-2008 en el cual la producción alcanzaba promedios de hasta 25 000 toneladas. Teniendo un repunte, en el año 2016 con 108 230 toneladas (Alvarado e Iturrios, 2017.)

Este incremento fue el resultado, en conjunto, de diversas iniciativas para utilizar el cacao como alternativa principal al cultivo ilícito de la hoja de coca; Con lo cual se buscó la

reconversión de parcelas y a la par empoderando al agricultor para que sea más competitivo con su producción (Palma, 2019)

A nivel de producción nacional. MINAGRI (2020) identificó a San Martín en el primer lugar, registrando el 41% de la producción. En segundo lugar, se ubicó al departamento de Junín con 19%, le siguió Ucayali con 11%, Huánuco con 8%, Cuzco con 7%, Amazonas con 5% entre otros (Tabla 1).

**Tabla 1: Producción nacional de cacao en grano (toneladas) (MINAGRI, 2020)**

<b>Departamentos</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Perú</b>	<b>84 815</b>	<b>107 922</b>	<b>121 825</b>	<b>134 676</b>	<b>135 928</b>
San Martín	37 319	45 996	51 440	56 136	48 391
Junín	15 334	21 400	21 801	24 755	25 560
Ucayali	4201	8622	13 245	16 587	17 031
Huánuco	5292	6491	8912	10 392	13 403
Cuzco	8048	10 788	8707	8192	10 091
Amazonas	4718	4224	6352	4515	5108
Ayacucho	4973	5544	5056	5113	5998
Pasco	1144	1338	1835	3881	4407
Cajamarca	1320	1001	996	955	1120
Piura	768	658	599	1009	1438
Otros	1696	1858	2881	3141	3382

Estas cifras reflejan el esfuerzo empleado por la adopción de nuevas técnicas de manejo, gestión de fincas y seguimiento fitosanitario. Por ello, en cuanto a la selección de materiales genéticos. El uso de genotipos de reducida variabilidad genética o la sobreexplotación de algún material se convertirá en una estrategia poco viable a largo plazo. Esto por tres razones principales; La erosión del material genético, la presión incipiente de patógenos y enfermedades al utilizar plantaciones monogenotipales o monovarietales y finalmente la baja competitividad del producto en mercados internacionales (García, 2019)

## 2.1.4 Influencia de la coyuntura del COVID-19 sobre el cacao en el Perú

Según el MINAGRI (2020) el precio del cacao es de 8 soles por kilogramo el cual se fue devaluando al entrar el primer trimestre del año 2020 debido a la coyuntura sanitaria; La tasa anual de crecimiento del 2% ha venido decreciendo debido a la falta de pedidos.

Según la ICCO (2020). La producción para la campaña 2019-2020 disminuyó un 5%, obteniendo 125 mil toneladas frente a la campaña de 2018. El brote del coronavirus impactó severamente sobre el sector cacaotero; Restringiendo transporte, comercio y movilización además de limitar el apoyo técnico y manejo de cultivo para su comercialización.

**Tabla 2: Precio en chacra de cacao en grano seco (MINAGRI, 2020).**

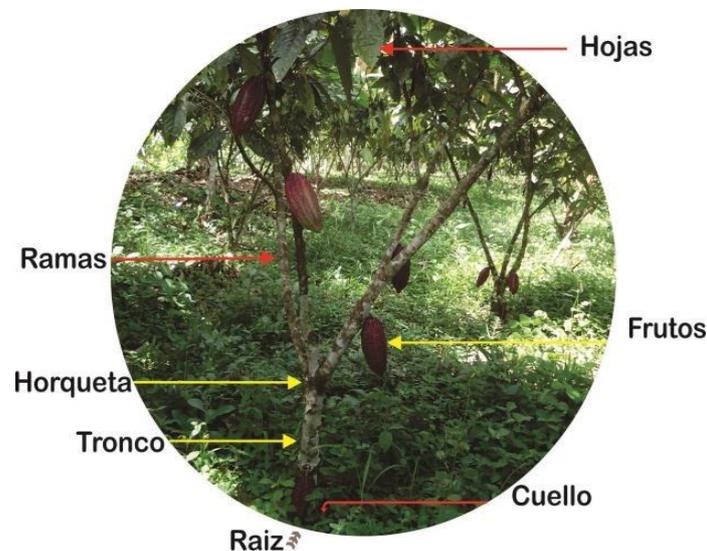
Departamentos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Perú	6,43	7,00	7,33	5,48	6,27	5,28	6,57
San Martín	6,92	8,04	8,15	5,49	6,42	5,30	7,08
Junín	6,58	7,35	8,97	5,58	6,61	5,48	6,75
Cuzco	5,38	6,05	5,98	5,23	5,80	4,67	6,22
Ayacucho	6,69	7,15	8,44	4,94	6,29	4,65	5,83
Amazonas	6,09	6,32	6,90	5,85	5,88	6,06	5,97
Huánuco	6,86	7,88	8,11	5,69	6,55	5,31	7,45
Ucayali	5,07	6,05	7,45	5,31	5,90	5,11	6,01
Cajamarca	5,93	6,37	7,53	5,46	5,87	5,57	7,52

## 2.2 BOTÁNICA Y MORFOLOGÍA

### 2.2.1 La Planta

Dostert *et al.* (2011) establecen que *Theobroma cacao* es un árbol o arbusto perennifolio que alcanza hasta doce metros de altura en estado silvestre; no obstante, cuando es cultivado se mantiene entre 4 a 8 metros de altura. Presenta una raíz pivotante central que puede llegar a los dos metros de profundidad, siempre y cuando el suelo sea profundo y presente buena aireación. Las raíces secundarias se presentan en mayor número en la parte superior del eje

principal, llegando a explorar hasta 5 a 6 metros de suelo y ocupando la zona más superficial del suelo (Soto, 2019).



**Figura 3: Composición planta de cacao (MINAGRI, 2016)**

### **2.2.2 El Tallo.**

García (2019), menciona que el tallo es glabro y posee dimorfismo en sus órganos vegetativos, asimismo es de crecimiento ortotrópico hasta el año y medio. Posteriormente, crece de manera paralela al suelo (plagiotrópico) al detener su crecimiento inicial y es entonces donde aparecen cinco yemas laterales que formaran unas horquetas (ramas de crecimiento plagiotrópico) que se diferencian del brote por las hojas pecioladas cortas.

### **2.2.3 Las Hojas**

Dostert et al. (2011) identifican a las hojas como coriáceas simples, enteras (o ligera e irregularmente sinuadas), angostamente ovadas a obovado-elípticas, ligeramente asimétricas, con dimensiones de 17 a 48 centímetros de largo y 7 a 10 centímetros de ancho, alternas y glabras o laxamente pubescentes en ambas caras. La base de las hojas es redondeada a ligeramente cordada; con ápice apiculado largo, corto o romo, con estípulas lineales y caducas. García (2019) menciona que los brotes foliares por lo general muestran pigmentación con antocianescencia, aunque en algunos mutantes esta pigmentación es inexistente. Cerrón (2012), por su parte, menciona que las hojas son de un color verde oscuro.

#### **2.2.4 Flores e Inflorescencia**

Según Soto (2019), las inflorescencias se originan tanto en ramas como en zonas de madera vieja, especialmente en las denominadas “axilas foliares”, las cuales, con el paso del tiempo, formarán zonas de engrosamiento secundarias donde aparecerá el “cojín floral”. Las flores son pequeñas, hermafroditas, pentámeras, actinomorfas, de color rosado ligero (Dostert et al. 2011), presentan un ovario con cinco lóculos que contienen de 6 a 12 óvulos. Llega a producir de 100 a 150 mil flores al año, de las cuales solo son fecundadas entre el 0,1 y 0,3 por ciento; la polinización es entomófila, principalmente efectuada por *Forcipomya* (Nazario, 2014).

#### **2.2.5 El Fruto**

El fruto es una baya denominada “mazorca” de forma elipsoidal, ovoide, fusiforme, oblonga, esférica u oblata; tiene una diversidad de superficies, pudiendo ser lisa, corrugada o amelonada; así mismo, puede pesar entre 200 a 500 gramos (Cerrón, 2012). Su tamaño puede oscilar entre 10 a 45 centímetros; de colores variados, que van desde verde, verde pigmentado o rojizo al estado inmaduro, y amarillo-anaranjado al estado maduro. La constricción basal puede ser ausente, ligera, intermedia o fuerte; con ápice agudo, obtuso, atenuado, redondeado, apezonado o dentado; con surcos superficiales, intermedios o profundos, y grosor de cáscara delgada, intermedia o gruesa (García, 2010). Puede contener entre 20 a 40 semillas por fruto, las cuales se utilizan como materia prima para la elaboración del chocolate (Cerrón, 2012).

#### **2.2.6 La Semilla**

La semilla recibe el nombre de “almendra”. Sin embargo, durante el procesamiento y secado específicamente, recibirá el nombre de “pepa”. Es durante el estado fresco donde recién se le conoce como almendra. Sea cual fuere el caso, se trata de una semilla que mide entre 2 a 4 cm, recubierta por un mucílago blanco de sabor dulce; Debajo de esta capa encontramos la cáscara del grano, primera barrera de los cotiledones, los cuales se encuentran unidos en la base por una radícula de 5 a 7 mm (Bradeau, 2011.)

## 2.3 GRUPOS GENÉTICOS DE CACAO

Según Dostert et al. (2011) tradicionalmente, los cacaos se clasifican en tres grupos genéticos: Criollo, Forastero y Trinitario; no obstante, los últimos estudios muestran que esta clasificación no describe suficientemente cuan variable es la especie. Por otro lado, otros investigadores han reportado que existen al menos diez genotipos diferentes: Amelonado, Contamana, Criollo, Curaray, Guiana, Iquitos, Marañon, Nacional, Nanay y Purús (Motamayor et al., 2008). Sin embargo, en este texto se seguirá la clasificación tradicional.

El grupo Forastero es ampliamente variado, mientras que el grupo Criollo es más definido genéticamente; El grupo Trinitario comprende híbridos directos de los dos primeros. Sin embargo, la mayoría de las formas cultivadas hoy en día son híbridos de orígenes mixtos que no pueden incluirse en esta división clásica, obteniéndose diez conglomerados principales. De todas formas, aún se siguen utilizando a los tres grandes grupos clásicos como referencia y como parte de la cultura del chocolate.



Figura 4: Clasificación de los tres grandes grupos de cacao (Soto, 2019)

### **2.3.1. Grupo Criollo**

Son famosos por sus frutos dulces, los cuales producen un chocolate muy suave y delicado, de excelente calidad, de bajo amargor y de intenso aroma; por lo tanto, es altamente demandado en los mercados más exigentes del mundo (Romero & Urrego, 2016; Monteiro et al., 2009). Lastimosamente, son árboles débiles, de lento crecimiento y bajo rendimiento (Romero & Urrego, 2016). Son muy susceptibles a varias enfermedades, tales como la moniliasis (*Moniliophthora roreri*,) y la “escoba de bruja” (*Crinipellis pernicioso*) (Bekele et al., 2006); hechos que limitan su propagación y reducen sus áreas de siembra, por lo que solamente representan entre el 5 al 8 por ciento de la población mundial de cacao (Romero & Urrego, 2016).

Las flores se caracterizan por tener estaminodios rosados, las que se transforman en mazorcas verdes o rojas del tipo Cundeamor, con superficie rugosa y surcos profundos, de forma oblonga y un ápice atenuado o agudo (Bekele et al., 2006; Arguello, 2000). Sus frutos poseen entre 20 y 30 semillas, las que según Romero & Urrego (2016) presentan formas redondeadas, de colores claros que van desde el blanco o crema, hasta violeta pálido llegando a rosado; además, según la investigación de García (2010), son de tamaño intermedio a grande, pueden pesar desde 1,4 a 1,8 gramos por semilla, ocasionalmente pueden superar dicho peso. Según Arguello (2000), poseen con un alto contenido de grasa, sin astringencia y con bastante aroma; son usados en la industria cosmética. Los principales tipos criollos incluyen cacao Pentágona, cacao Real y cacao Porcelana.

En la actualidad, en América se cultivan en pequeñas cantidades en México, Guatemala y Nicaragua; así como en Venezuela, Colombia, Perú, las islas del Caribe, Trinidad, Jamaica e isla de Granada. También se conocen cultivos en Madagascar, Java (Indonesia) y las islas Comores (Romero & Urrego, 2016).

### **2.3.2. Grupo Forastero**

El grupo Forastero es el más cultivado en todo el mundo, comprende casi todo el 80 por ciento de la producción mundial (Monteiro et al., 2009); incluye diferentes poblaciones distribuidas por toda la Amazonía, desde Colombia hasta Guyana (Martínez, 2007). Su

centro de origen está en la cuenca alta del Amazonas, cerca de los ríos Napo, Putumayo y Caquetá (Nazario, 2014).

Son árboles vigorosos, poseen más follaje y son más tolerantes a enfermedades que los cultivares criollos (Mixan, 2014). Sus flores se caracterizan por tener estaminodios púrpuras (Arguello, 2000), las que devienen en mazorcas ovoides ligeramente amelonadas, de colores verdes con tonos blanquecinos o rosados tenues; con cáscaras delgadas o gruesas, de superficie lisa o ligeramente rugosa superficie rugosa y surcos profundos y un ápice atenuado o agudo (Arguello, 2000; Mixan, 2014). Sus frutos pueden poseer más de 30 semillas, las que poseen forma aplanada, presentan colores oscuros como el morado, violeta o púrpura oscuro y son de tamaño pequeño (Arguello, 2000; Romero & Urrego, 2016; Mixan, 2014), según García (2010), pueden pesar entre 0,8 a 1,3 gramos por semilla. Según Mixan (2014) las semillas de cacao forastero poseen alta astringencia (debido al alto contenido de taninos) y bajo contenido de grasa. Además, los más grandes productores de chocolate usan granos de forastero en sus mezclas, lo que les proporciona cuerpo y amplitud; sin embargo, la acidez, el equilibrio y la complejidad de su sabor proviene de los cacaos criollos.

Las poblaciones del cacao forastero son muy variables (Monteiro et al., 2009), incluye a todos los cacaos comerciales del Brasil, del oeste africano, el este de Asia, el cacao nacional del Ecuador, entre otros (Arguello, 2000). Según Monteiro et al. (2009) este gran grupo se subdivide en dos subgrupos según su procedencia: los Forasteros del Alto Amazonas, que provienen de la Amazonía alta en Ecuador, Perú y Colombia (García, 2010, citado por Nazario, 2014); y los Forasteros del Bajo Amazonas, denominados también de las Guyanas o de tipo amelonado, cultivados en África y en algunos países del Centro y Sudamérica (Gil, 2012, citado por Nazario, 2014).

### **2.3.3. Grupo Trinitario**

El grupo Trinitario comprende a los híbridos naturales entre el Criollo y el Forastero. Se originaron en la isla Trinidad, fueron diseminados en América Latina y el Caribe y son introducidos en África en 1850. Son más aromáticos que el Forastero y menos susceptibles que el Criollo y representan entre el 10 y el 15 por ciento de la producción mundial (Romero & Urrego, 2016). Incorpora aspectos de los genotipos parentales, produce chocolate de

aromas afrutado y muy perfumados; posee un amplio rango de sabores y es persistente en la boca (Romero & Urrego, 2016). Además, al haber heredado características morfológicas de ambos grupos parentales, estos híbridos varían ampliamente en rasgos morfológicos tales como color del fruto inmaduro, espesor del mesocarpio del fruto, número de semillas, y tamaño de la semilla y el fruto. Trinitario es, por tanto, un grupo muy heterogéneo que muestra una diversidad extrema (Bekele et al., 2006; Monteiro et al., 2009).

Arguello (2000), detalla que este grupo resulta del cruzamiento de individuos criollos y forasteros. Comprende una forma híbrida heterogénea, su calidad y las características botánicas son de nivel intermedio entre los dos grupos (Arguello et al., 2000). Se cultiva en la zona de México, Centro América, Norte de Sudamérica, Trinidad, Colombia, Venezuela y oeste de África y suroeste de Asia (Sánchez, 1983). Este grupo se usa como injerto para multiplicarlo sin perder así sus características, las mejores cruza combinan el sabor del cacao criollo con la rusticidad del forastero, produciendo cacao de mucha demanda por su aplicación en los chocolates de gran sabor.

Se cultivan en países donde se cultivan los genotipos criollos, además de las islas del Sudeste Asiático, Sri Lanka, Papúa Nueva Guinea y en Camerún (Romero & Urrego, 2016).

## **2.4. DESCRIPCIÓN DE GENOTIPOS IMPORTANTES EN ESTE ESTUDIO**

### **2.4.1. VRAE-99**

Es un genotipo del grupo Forastero, adaptado a los suelos secos de la selva, autocompatible. Presenta mazorcas rugosas y redondas, de color verde en estado inmaduro y amarillo al madurar. Sus semillas pesan 0,9 gramos, son pequeñas comparadas las de otros genotipos estudiados; longitudinalmente son elípticas y transversalmente son intermedias; posee un aroma medio. Fruto grande y ligeramente rugoso Es tolerante a la escoba de brujas, moniliasis y pudrición parda; sin embargo, sembrado a una alta densidad y conducido con buen manejo, puede alcanzar rendimientos de 3000 kg/ha (Huarancca, 2019).

### **2.4.2. Pound-12**

Es genotipo del grupo forastero del Alto Amazonas de origen peruano; es bastante comercial, muy aceptado en cuanto a color y apariencia, pero de baja aceptación en cuanto

a aroma. Sus mazorcas son de forma elíptica y alargada ligeramente rugosas, de color amarillo en su madurez y con un grosor de cáscara intermedia; presenta entre 30 a 52 semillas por fruto Las semillas son de tamaño pequeño a mediano, de color de cotiledones morados (Nazario, 2014).

#### **2.4.3. Pound-7**

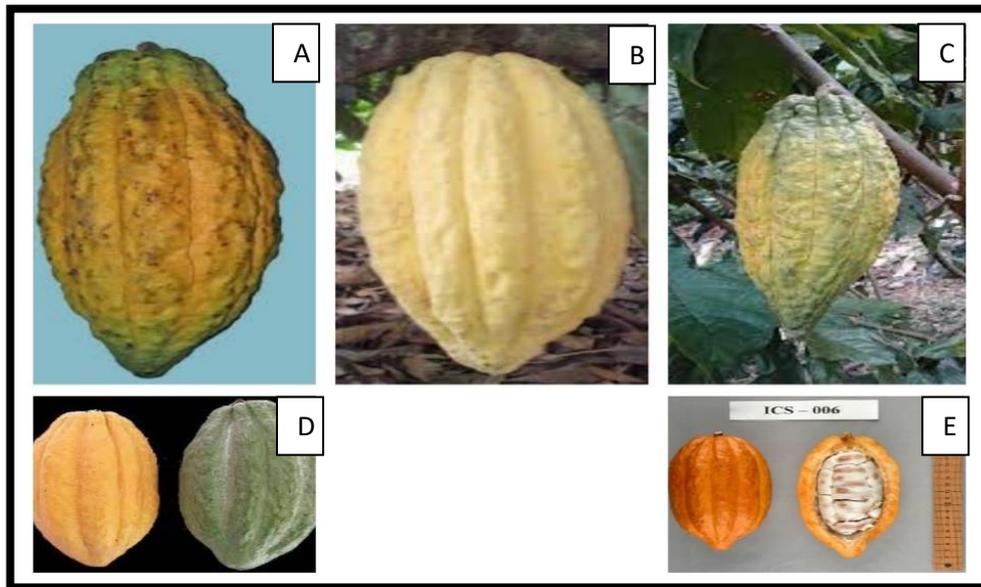
Pertenece al grupo de los forasteros del alto Amazonas, auto incompatible, es un cacao de dulzura baja, apto para cultivarse en suelos húmedos e intermedios. Presenta mazorcas de color verde grisáceo en estado inmaduro y amarillo pálido al madurar, de tamaño intermedio y ligeramente rugosas. Sus semillas pesan 0,9 gramos, pequeñas, longitudinalmente oblongas y transversalmente aplanadas. Es resistente a la pudrición parda, tolerante a escoba de brujas y susceptible a la moniliasis; sin embargo, sembrado a altas densidades puede llegar a los 1800 kg/ha. Finalmente, el contenido graso es de 48% (García, 2010).

#### **2.4.4. ICS-6**

Pertenece al grupo de los trinitarios, es un cacao de dulzura intermedia que tiene un rendimiento promedio de 800 kg/ha y un contenido de grasa del 54 por ciento. Presenta mazorcas de color verde en estado inmaduro y amarillo intenso al madurar de tamaño intermedio y con rugosidad ligera. Sus semillas pesan 1,6 gramos, grandes, longitudinalmente elíptica y transversalmente aplanada. Es susceptible a la pudrición parda, moderadamente resistente a la escoba de brujas y moderadamente susceptible a la moniliasis (García, 2010).

#### **2.4.5. ICS-39**

Cacao del grupo de los trinitarios, es un cacao de dulzura de pulpa baja, acidez fuerte y astringencia media; asimismo poseen un contenido de grasas del 51 por ciento. Presenta mazorcas de color verde con pigmentaciones amarillas en estado inmaduro y predominantemente amarillo con zonas verdes al madurar; son frutos extragrandes con rugosidad intermedia. (García, 2010)



**Figura 5: Mazorcas de genotipos en estudio (Referencial); (A): VRAE 99; (B): Pound 7; (C): ICS 39; (D): Pound 12; (E): ICS 6. (MINAGRI, 2016)**

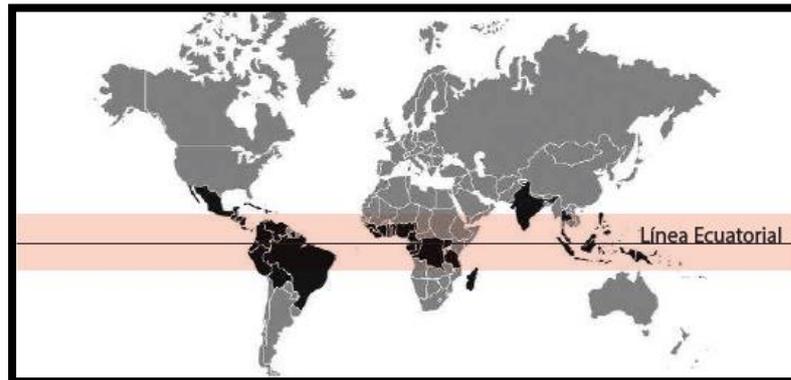
## 2.5. Condiciones Agroecológicas del Cultivo

El cacao encuentra su hábitat natural en las zonas altas de selva tropical, siendo la lluvia y la temperatura factores importantes en su crecimiento (Almeida, 2008). Tanto la temperatura del aire, la precipitación y la humedad relativa afectan la estacionalidad del microclima dentro de una finca de cacao (Miranda *et al.*, 1994, citado por Bello., 2020).

El cacao crece en las regiones de bosques tropicales. Comercialmente se cultiva entre los 15° norte y 15° sur de la línea ecuatorial. Sin embargo, Romero (2016) afirma que se puede encontrar hasta las latitudes subtropicales entre el 23° 26' (trópico de Cáncer) al norte y 23° 26' (trópico de Capricornio).

### 2.5.1 Temperatura

El cacao es un cultivo de climas cálidos y lluviosos; Tanto el crecimiento de raíces, flores y frutos está relacionado con la temperatura (Oblitas, 2015) El rango de temperatura promedio anual va de 23 a 30 grados Celsius, siendo el óptimo de 25 °C. En el VRAE, existen picos de temperaturas de hasta 35 °C durante los meses de agosto-octubre, sin embargo, esto no supone problema puesto a que el cultivo se realiza bajo sombra. Se siembra desde el nivel del mar hasta los 1200 msnm, siendo lo óptimo de 500 a 800 msnm (Bello, 2020.)



**Figura 6: Distribución de Cacao en el Mundo según latitud. (Romero, 2016.)**

### **2.5.2 Precipitación**

Sin duda uno de los factores más variables a lo largo del año; El cacao presenta baja tolerancia a la escasez hídrica y a periodos prolongados de encharcamiento (Zudeima *et al.*, 2005). Cuando la precipitación cae a menos de 100 mm se presentan problemas en la floración y el brotamiento (MINAGRI, 2016). Por lo general los valores recomendados de precipitación están entre los 1500 a 2000 mm (Zudeima *et al.*, 2005). Cuando existen periodos sin demasiada precipitación ni radiación, pueden tenerse cosechas sostenidas (Batista, 2009).

### **2.5.3 Humedad Relativa**

Es una variable estrechamente relacionada con la precipitación; La ICCO (2013). Sugiere que los valores altos de humedad relativa son esenciales para el desarrollo de los árboles de cacao. Valores cercanos al 90% durante todo el día y 70-80% durante la noche. Sin embargo, Palacios (2008) señala que valores superiores al 95% durante tiempo prolongado causan sensibilidad a pudriciones causadas por hongos y pseudohongos (*Moniliasis*, *Phytophthora* entre otros)

### **2.5.4 Sombra**

El cacao es una especie que prospera a la sombra de árboles más grandes; Esto sin lugar a duda se traduce en una producción menor de mazorcas debido a la competencia por nutrientes, agua y luz (Bonaparte, 1975). Gayulon *et al.* (1996) Indicaron que si las hojas se exponen a más de  $1800 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  las altas intensidades dañan el mecanismo

fotosintético. Por otro lado, las intensidades de luz inferiores a 1800 h/año suprimirán la producción de flores y por extensión en el rendimiento de la mazorca (Asomaning *et al.*, 1971). Sin duda hay una correlación entre la luz y rendimiento; empero las prácticas culturales, el control de crecimiento, la densidad de siembra, el control de la aireación y la disponibilidad de agua y nutrientes son otros factores de suma importancia.

### **2.5.5 Radiación solar**

La radiación solar es la principal fuente de energía para la fotosíntesis y juega un papel importante en el crecimiento y en el desarrollo vegetal, especialmente, por su cantidad y su distribución espectral (Farfán *et al.* 2003). La radiación fotosintéticamente activa, se encuentra en una longitud de ondas visibles, entre 400 y 700 $\mu$ m, la cual, es capturada y almacenada por las plantas, a través de sus sistemas fotosintéticos (Tsubo & Walker, 2005).

En la etapa de establecimiento del cultivo, es recomendable la siembra de otras plantas para hacer sombra debido a que las plantaciones jóvenes de cacao son afectadas por la acción directa de los rayos solares, la intensidad lumínica debe ser superior al menos del 50% para asegurar buenos rendimientos. (IICA, 2006); Por otra parte, según el INIAP (1999) el cacao requiere al menos unas 1000 horas luz al año para su correcto desarrollo

### **2.5.6 Suelo**

El cacao está adaptado a suelos con textura franca, franca-arenosa y franca-arcillosa, profundos, con subsuelo permeable (Oblitas, 2015). Asimismo, presenta poca tolerancia a suelos pesados del tipo arcilloso, debido a la baja aireación y filtración de agua, a pesar de esto, tolera períodos cortos de encharcamiento (Bello, 2020). La napa freática debería estar a una profundidad mayor de 1,5 metros, debido a que estas son las dimensiones que alcanza en promedio el sistema radicular (Oblitas, 2015). con topografía plana, ligeramente ondulada, con pendiente no mayor al 25% (MINAGRI, 2016).

### **2.5.7 pH**

El cacao puede crecer en suelos con pH en el rango de 5,0 a 7,5. Sin embargo, se debe evitar la excesiva acidez (pH 4,0 a menos) o alcalinidad (pH 8,0 y más). El suelo también debe

tener un alto contenido de materia orgánica; Al menos 5% en los primeros 15 a 30 centímetros (ICCO, 2019)

### **2.5.8. Vientos**

Este factor determina la velocidad de evapotranspiración en la superficie del suelo y de la planta. En las plantaciones expuestas a fuertes vientos se produce caída prematura de hojas (Gonzales, 2008) En plantaciones en donde la velocidad del viento es de 4m/seg y con poca sombra, es frecuente observar defoliaciones fuertes, sin embargo, en regiones con velocidades de viento de 1 a 2m/seg no se observa dicho problema (MINAGRI, 2018).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. LUGAR DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en la parcela experimental del fundo IRD Selva “La Génova, de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Ubicado en San Ramón, Chanchamayo, Junín, región selva central del Perú, a una altitud de 965 m.s.n.m., en las siguientes coordenadas: latitud sur  $11^{\circ}57'22''$  y longitud oeste  $75^{\circ}21'18''$ ; en decimal:  $-11.951331^{\circ}$ ,  $-75.354993^{\circ}$ ; UTM: 8678274.7 461348.6 18L (Figuras 7, 8 y 9). El experimento tuvo una duración de cuatro meses desde noviembre de 2020 hasta febrero de 2021. Durante este periodo se realizaron siete evaluaciones.

En la Tabla 3 se muestran datos meteorológicos tomados de la Estación meteorológica “E.M La Génova UNALM” *VantagePRO<sup>TM</sup>* de Davis Instruments. Mediante el software “WeatherLink”. Se observó un incremento de la precipitación durante los meses de diciembre, enero y febrero (Figura 10). En el caso de la temperatura promedio, ésta bordeó los  $24^{\circ}\text{C}$  durante la fase experimental; Para el caso de la temperatura mínima, el valor más bajo se registró en el mes de diciembre, coincidiendo con el aumento exponencial de precipitación. Finalmente, en el caso de la temperatura máxima, ésta se registró en el mes de noviembre, al final de la temporada de “sequía” en San Ramón. Obteniéndose un valor de  $31,03^{\circ}\text{C}$

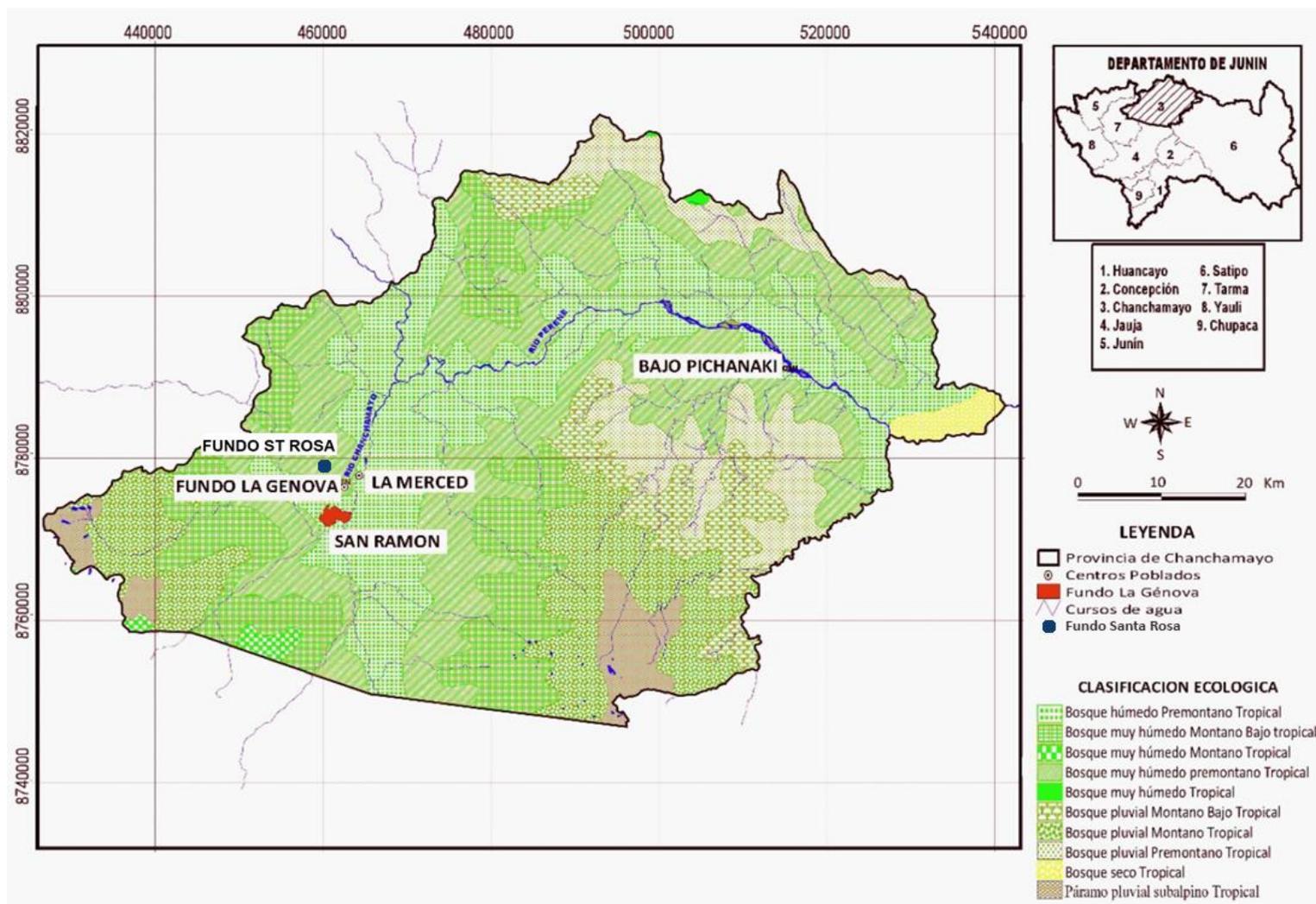


Figura 7: Mapa ecológico de la región Junín, el fundo la Génova está indicado en rojo. (INRENA,2007)

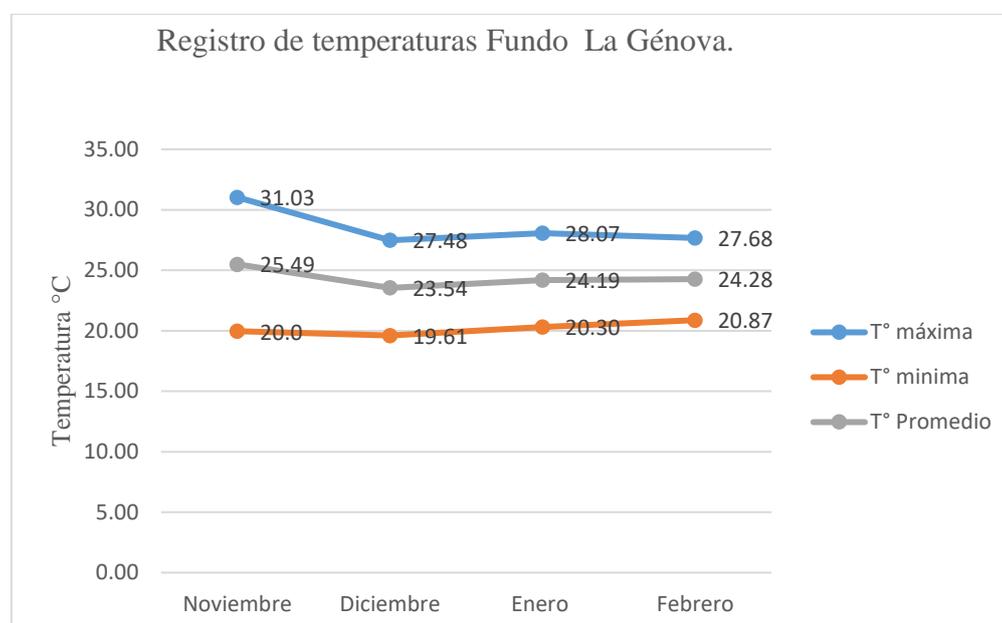


**Figura 8: Vista satelital del fundo La Génova, el círculo muestra la parcela donde se realizó el experimento. Adaptación de Google Maps. 2020**

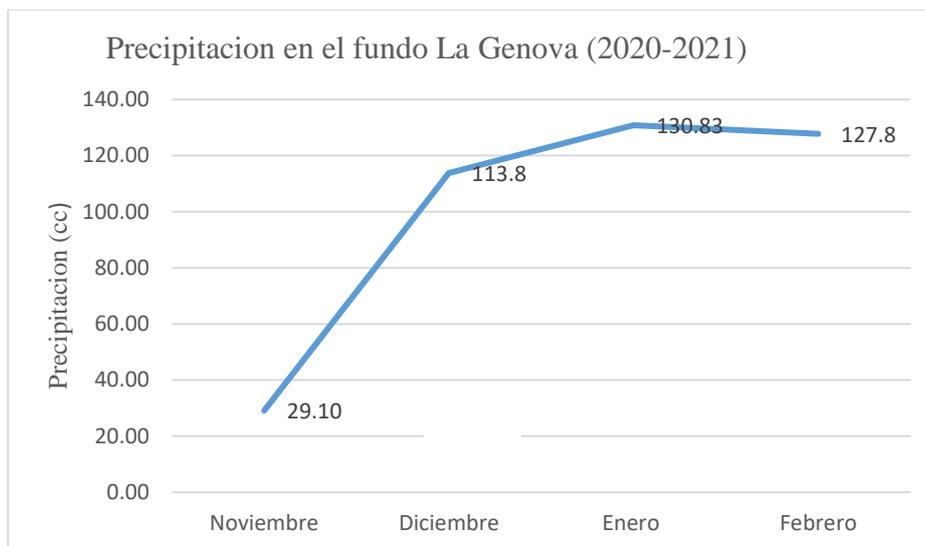
**Tabla 3: Datos registrados en la estación meteorológica “La Génova” de la marca Davis Instruments. Extraídos mediante software Weatherlink**

Variable	2020		2021	
	NOV	DIC	ENE	FEB*
Precipitación Mensual (mm)	29,2	113,8	130,8	127,7
Temperatura máxima promedio mensual (°C)	31,03	27,48	28,07	27,63
Temperatura mínima promedio mensual (°C)	20	19,61	20,3	20,87
Temperatura media mensual (°C)	25,49	23,54	24,19	24,27
Humedad relativa promedio mensual (%)	82	83	85	88

\*: Sólo se tomó datos hasta el 17 de febrero de 2021



**Figura 9: Registro de temperaturas del fundo La Génova, período 2020-2021**



**Figura 10: Comportamiento de la precipitación en el fundo La Génova, noviembre 2020 a febrero 2021**

### **3.2. Suelos**

Los suelos son de origen detrítico y residual, por su génesis son suelos poco alterados y jóvenes, presentan buen drenaje, textura franca, franca arcillosa y buena estructura, la materia orgánica es alta en los horizontes superficiales (Almeyda, 2001). El suelo presenta rangos de pH entre 4,5 a 8; Perteneciente al orden de los entisoles y ultisoles (Marcelo, 2009).

### **3.3. Material Genético utilizado**

Este experimento utilizó un total de 39 plantas de cacao que fueron trasplantadas a campo definitivo en junio de 2020, según registros de campo, no hubo otro tipo de manejo aparte de fertilización y desmalezado. El material vegetal provino del fundo “La Bretaña”, propiedad del Ing. Hugo Villachica León. Los genotipos utilizados en la evaluación fueron 5 en total: VRAE-99, Pound 7, Pound 12, ICS-6 e ICS-39. En la tabla 4 se especifica la información sobre esta selección genotipal

**Tabla 4: Tratamientos del experimento con genotipos de cacao en el IRD Selva**

<b>Genotipo</b>	<b>Grupo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Origen</b>
VRAE 99	Colección VRAE	Forastero	Perú
POUND 7	Colección Pound	Forastero	Perú
POUND 12	Colección Pound	Forastero	Perú
ICS 6	Imperial College Selection	Trinitario	Trinidad y Tobago
ICS 39	Imperial College Selection	Trinitario	Trinidad y Tobago

Las plantas tuvieron un distanciamiento de 3 x 5 m. Todo el material fue trasplantado en junio del 2020.

En relación con los tratamientos, éstos estuvieron formados por 8 repeticiones, salvo el genotipo ICS-39, que tuvo solo cuatro. El bajo número de repeticiones usadas se debió por las pocas plantas que sobrevivieron al trasplante. Asimismo, en la parcela también se encontraban sembrados árboles de paca (*Inga edulis*). A modo de sombra permanente a una distancia aproximada de 8 x 8 metros.

Por otro lado, hormigas del género *Atta* spp y *Acromyrmex* spp. fueron un peligro circunstancial debido a su comportamiento como defoliadoras. Por ello el 30 de diciembre se realizó una aplicación utilizando dos productos: Gatillo 350 SC (Imidacloprid) y Fusion (Chlorfenapyr) con el objetivo de atacar un espectro amplio de potenciales plagas

### **3.4. Variables de evaluación**

Las variables tales como número de hojas y número de brotes fueron medidas una vez por mes. Las variables de altura de planta, diámetro de tallo, longitud de la lámina foliar, longitud de la base al punto más ancho (LBA) y longitud de peciolo fueron evaluadas cada dos semanas. Mientras que las otras variables se tomaron al final del ensayo. Las variables correspondientes a características cuantitativas de las hojas se tomaron de diez hojas desarrolladas y fotosintéticamente activas del tercio medio de la planta en cada unidad experimental (Restrepo y Urrego, 2019).

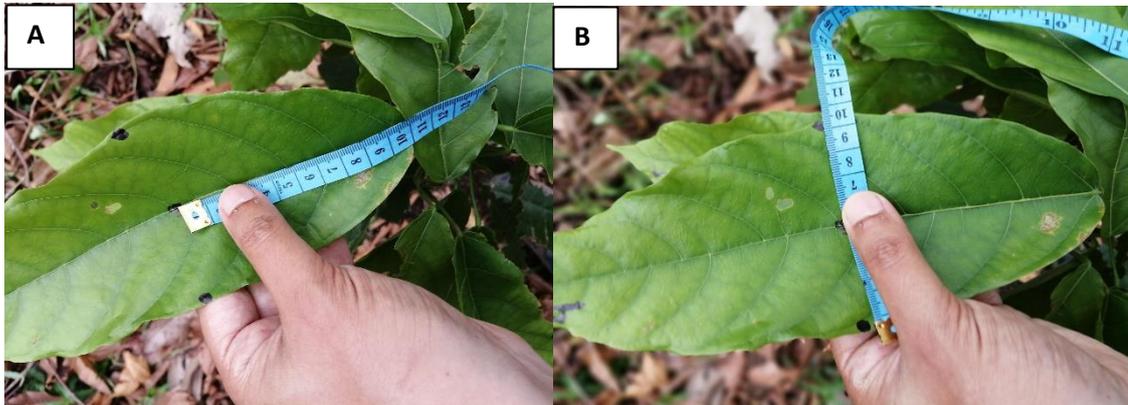
- a) **Diámetro de tallo.** - Se midió a unos 2,5 cm de la base del tallo. Se usó un vernier. La medida se expresa en milímetros (mm) y la evaluación se hizo quincenalmente (Figura 11).
- b) **Altura de planta.** - Con ayuda de una cinta métrica se midió la longitud del tallo desde la base hasta el ápice. En plantas donde se desarrollaron horquetas sólo se midió hasta el punto de división. La medida se expresa en centímetros (cm), esta evaluación se hizo quincenalmente.



**Figura 11: A): Delimitación de la parcela experimental; B): Medida de grosor de tallo**

- c) **Número de hojas.** - Se contó el número de hojas por repetición y tratamiento. La evaluación se hizo mensualmente.
- d) **Longitud de la lámina foliar.** - Para determinar la longitud de la hoja se utilizó una cinta métrica y se tomó la medida desde la base de la lámina foliar hasta el ápice de ésta. La medida se expresa en centímetros (cm). La evaluación se hizo cada dos semanas en diez hojas completamente desarrolladas
- e) **Ancho de la lámina foliar.** - Se determinó usando una cinta métrica y se mide en el punto más ancho. La medida se expresa en centímetros (cm). En el centro del ancho de la hoja se marcó un punto para determinar el LBA). La evaluación se hizo cada dos semanas en diez hojas completamente desarrolladas

- f) **Longitud desde la base hasta el punto más ancho (LBA).** -Se determinó usando una cinta métrica y se tomó desde la base hasta el punto más ancho de la hoja (marcado anteriormente). Se expresa en centímetros (cm). La evaluación se hizo cada dos semanas en diez hojas completamente desarrolladas



**Figura 12: A): Medición del LBA; B): Medición del ancho de lámina.**

- g) **Área de hoja completamente desarrollada.** - Se utilizó el software *IMAGEJ* para determinar el área de dos hojas por repetición completamente desarrolladas. La evaluación se realizó al final del experimento.
- h) **Peso fresco.** – Se colectaron diez hojas maduras por árbol utilizando unas tijeras, se guardaron en bolsas de papel *Kraft* rotuladas con el código respectivo y se llevaron inmediatamente al laboratorio para ser pesadas en una balanza gramera *Henkel* modelo BQ003 con una sensibilidad de 0,001 gr. El proceso de pesado se realizó mediante la diferencia entre la tara de la bolsa vacía y la bolsa llena, posteriormente, y antes de ser procesadas en el horno se tomaron fotos para registrarlas en el programa *ImageJ* con el fin de determinar el área foliar, la evaluación se realizó al final del experimento.
- i) **Peso seco.** - El proceso de secado se llevó en un horno de convección a una temperatura de 75 °C durante 48 horas. Las bolsas se apilaron una sobre otra con la abertura hacia afuera para evitar posibles quemaduras, a las 24 horas se abrió el horno para verificar y reacomodar alguna posible muestra que haya sobrecalentado; El proceso se llevó con éxito y al final del proceso se volvió a pesar de manera similar al proceso anterior. Con

los resultados obtenidos de peso seco se pudo hallar el porcentaje de materia seca en hojas, la evaluación se realizó al final del experimento.



**Figura 13: Horno de secado por convección**



**Figura 14: Procesado de muestras de hojas para hallar peso seco**

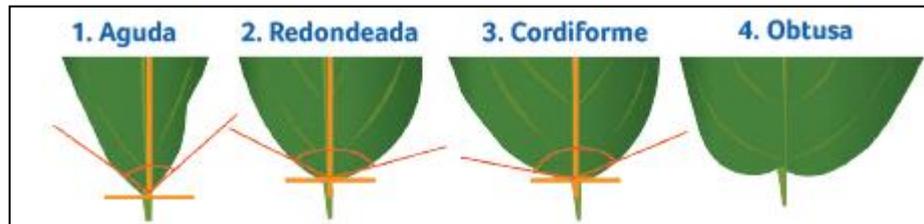
- j) **Longitud del peciolo.** - Se midió desde la vaina hasta el inicio de la base foliar. Se determinó con la ayuda de un vernier o pie de rey. Se expresó en milímetros. La evaluación se hizo cada dos semanas en diez hojas completamente desarrolladas
- k) **Color de hojas jóvenes.** - Esta variable está relacionada con la presencia de antocianinas y se determinó de forma visual clasificando hojas jóvenes por planta de la siguiente manera (Arguello,1999):

1 = Ausencia: Verde brillante, verde intenso, marron

2 = Presencia: Rojo brillante, rojo intermedio, rojo intenso.

La evaluación se realizó al final del experimento en diez hojas jóvenes por árbol

- l) **Forma de la base de la hoja.** - Se evaluará de forma visual comparando las formas observadas en la figura 15 y clasificándolas de la siguiente manera: Aguda, redondeada, cordiforme y obtusa.



**Figura 15: Forma de la base de las hojas de cacao (Perea et al., 2013)**

La evaluación se realizó al final del experimento en diez hojas completamente desarrolladas.

- m) **Forma de la hoja.** - Se determinó calculando la relación entre la longitud de la lámina foliar (L) y la longitud de la hoja desde la base hasta la parte más ancha de la misma (LBA). La clasificación se realizó siguiendo los criterios propuestos por Vera y Quiroz (1994).

$L/LBA < 2$ : Ovalada

$L/LBA = 2$ : Elíptica

$L/LBA > 2$ : Oblonga

La evaluación se realizó del experimento en diez hojas completamente desarrolladas

- n) **Forma del ápice de la hoja.** - Se evaluó de forma visual comparando las formas observadas en la figura 16 y clasificándolas de la siguiente manera: agudo, acuminado corto y acuminado largo (Arguello,1999).



**Figura 16: Forma del ápice de la hoja de cacao (Perea et al., 2013)**

La evaluación se realizó al final del experimento en diez hojas completamente desarrolladas.

- o) **Textura de la hoja.** - Se evaluó empuñando cada hoja hasta que se arrugue completamente, luego se observó si permanece arrugada o si retoma su forma original. Teniendo en cuenta lo anterior, las hojas se clasificaron de la siguiente manera (Restrepo et Urrego,2018):

1= Cartáceas: Si no retornan a su forma original

2=Coriáceas: Si retoman a su forma original

La evaluación fue al final del experimento en diez hojas completamente desarrolladas.

- p) **Relación largo-ancho de la hoja.** - Se determinó con la división de la longitud de la lámina foliar entre el ancho de la lámina foliar. Se expresa en centímetros (cm). La evaluación fue al final del experimento (Arguello, 1999).
- q) **Pubescencia en peciolos/ramas.** – Se evaluó de forma visual la presencia de pubescencia en peciolos y ramas maduras del tercio medio (figura 17). Se tomó 10 muestras al final del experimento (Jiménez et al, s.f.).



**Figura 17: Presencia de pubescencia en ramas y peciolo de la planta; 0= Ausente, 1=Incipiente, 2=Intermedia, 3= Intensa. (Jimenez et al s.f.)**

### **3.5 Análisis Estadístico**

Para la evaluación de comportamiento vegetativo de genotipos de cacao, se utilizó una prueba de Kruskal Wallis con 5 tratamientos y 8 repeticiones cada uno; debido a la ausencia de individuos en el último nivel (genotipo ICS 39) sólo se utilizaron 4 repeticiones para este único caso, para la comparación de medias, al final de la corrida de datos, se utilizó la prueba Dunn con corrección de Bonferroni para controlar la tasa de error por familia en un nivel específica

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **4.1 CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS DE LA PLANTA**

#### **4.1.1 Diámetro de tallo**

Se realizaron siete evaluaciones en total. Las medidas promedio para cada genotipo a lo largo del experimento pueden observarse en la Figura 19, mientras que en la figura 20 y tabla 5 se muestra la comparación de medias.

En la figura 19, desde la primera evaluación se muestran diferencias significativas entre ambos grupos de cacao; Los Forasteros, poseyendo tallos de grosor superior a los trinitarios, destacaron por tener mejor arquitectura de planta, generación de biomasa y resistencia a los vientos fuertes que ocasionalmente golpeaban el campo. A pesar de esta diferencia, entre grupos se presentaron medidas sin diferencia significativa (Figuras 19 y 20).

En la primera evaluación, Entre los cacao de tipo Forastero, el genotipo POUND 7 fue quien registró el mayor promedio con un valor de 16,62 mm de diámetro. Le siguen los genotipos VRAE 99 y POUND 12, con 15,62 mm y 15,12 mm respectivamente. Los genotipos de tipo Trinitario, ICS 6 y ICS 39, fueron estadísticamente similares entre sí, con promedios de diámetro de tallo de 12,25 mm y 11,87 mm, respectivamente.

Durante la segunda evaluación realizada entre el 23 y 28 de noviembre de 2020, nuevamente los tres genotipos tipo Forastero fueron estadísticamente similares junto al genotipo ICS 6 tipo Trinitario. El genotipo POUND 7 presentó un diámetro promedio de 17 cm, seguido por el VRAE 99 con 16,9 mm, el POUND 12 con 16,12 mm e ICS 6 con 15,25 mm Tan solo el genotipo ICS 39 fue estadísticamente distinto al resto, con una medida promedio de 11 mm de diámetro de tallo. En la tercera evaluación realizada entre el 8 y 12 de diciembre de 2020, los tres genotipos tipo Forastero fueron estadísticamente similares. El genotipo POUND 7 volvió a presentar el mayor diámetro de talle con un promedio de 18,56 mm, seguido por

POUND 12 con 18,12 mm y el genotipo VRAE 99 con 17,75 mm promedio. Ambos genotipos tipo Trinitario resultaron estadísticamente

distintos al tipo Forastero. Entre ambos, el genotipo ICS 6 presentó un diámetro promedio de 15,37 mm y el ICS 39 un diámetro promedio de 13,93 mm. Este patrón se mantuvo para la cuarta, quinta y sexta evaluación, realizadas entre diciembre de 2020 y enero de 2021.

Finalmente, la séptima evaluación, realizada entre el 1 y 7 de febrero de 2021, continuó con la misma tendencia observada. Los genotipos tipo Forastero registraron diámetros de tallo estadísticamente superiores a los de tipo Trinitario. Es así como el genotipo POUND 7 fue el que presentó el mayor diámetro promedio con un valor de 23,75 mm. Le siguen el genotipo VRAE 99 con un valor de 23,25 mm y el genotipo POUND 12 con un valor de 23,18 mm de diámetro promedio. Entre los genotipos Trinitarios el ICS 6 registró un diámetro promedio de 17,12 mm y el ICS 39 una medida de 15,12 mm.

Para el caso de diámetro de tallo. Estudios realizados por Gamboa (2015), mostraron que VRAE 99 bajo condiciones de vivero lograba un menor desarrollo, incluso frente a genotipos trinitarios. Puede incurrir, que el hecho que las plantas injertadas se mantuvieran en bolsas y camas de propagación haya influido en el tamaño menor de las plantas en lugar de un desarrollo en campo definitivo. De manera similar al crecimiento apical, el desarrollo radicular no sólo depende del genotipo sino también la nutrición de la planta, las condiciones climáticas de desarrollo del cultivo. Batista, (2009), en un estudio con semillas, encontró diferencias estadísticas durante el desarrollo del diámetro de tallo ante factores externos e internos.

Por otra parte, el diámetro de tallo se encuentra asociado a la robustez de la planta (Julca *et al.*, 2018), además de estar vinculado a otras características como la formación de raíces, resistencia a la falta de agua y a los daños causados por vientos fuertes (Meng *et al.*, 2017). Siendo que, al final de evaluación el genotipo POUND 7, mostró mayor diámetro, ello nos hace inferir que este material puede soportar ciertas condiciones desfavorables para su crecimiento, como niveles de estrés hídrico, por ejemplo

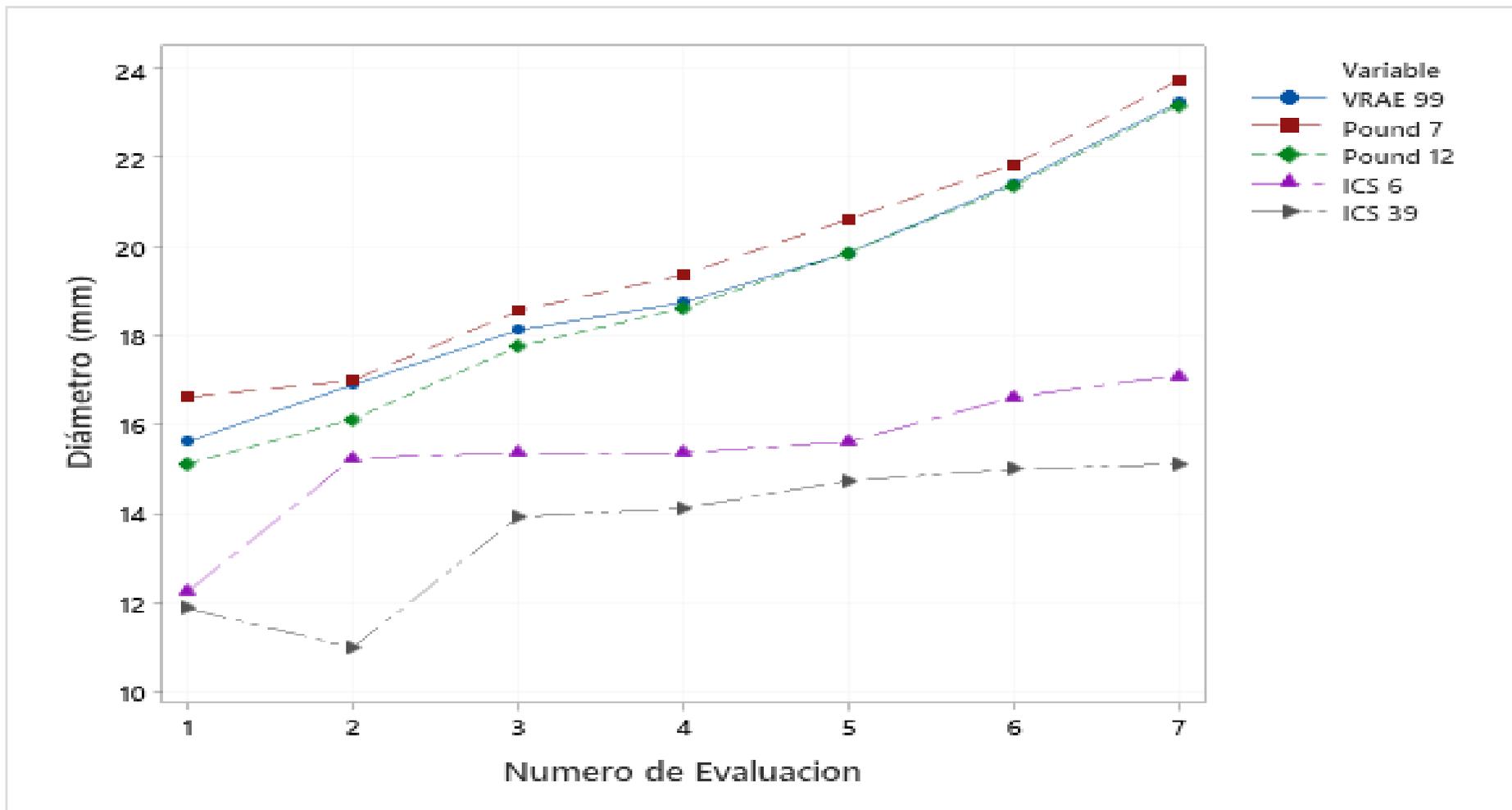
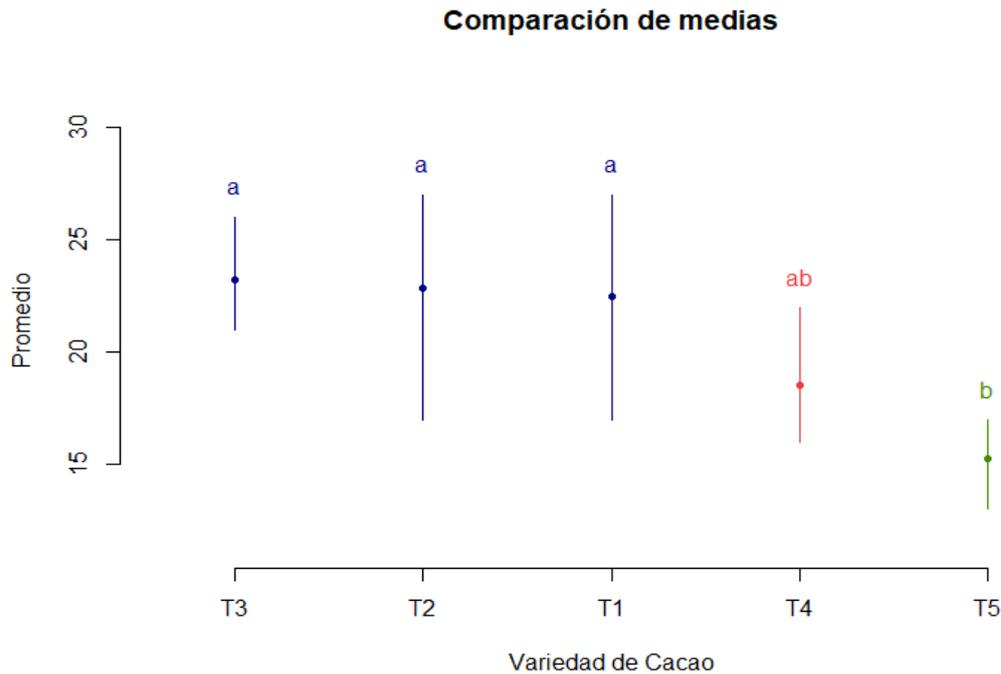


Figura 18: Diámetro del tallo de los genotipos



**Figura 19: Comparación de medias del diámetro (mm) de genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39.**

**Tabla 5: Diámetro de tallo (mm) de cinco genotipos de cacao**

Tratamiento	Genotipo	Diametro (1er. Ev)	Diametro (2da. Ev)	Diametro (3er. Ev)	Diametro (4ta Ev)	Diametro (5ta Ev)	Diametro (6ta Ev)	Diametro (7ma Ev)
T1	VRAE 99	15,62 a	16,9 a	17,75 a	18,75 a	19,87 a	21,43 a	23,25 a
T2	Pound 7	16,62 a	17,0 a	18,56 a	19,37 a	20,62 a	21,85 a	23,75 a
T3	Pound 12	15,12 a	16,12 a	18,12 a	18,62 a	19,87 a	21,37 a	23,18 a
T4	ICS 6	12,25 ab	15,25 ab	15,37 ab	15,37 ab	15,62 ab	16,62 ab	17,12 ab
T5	ICS 39	11,00 b	11,0 b	13,93 a	14,12 b	14,75 b	15,0 b	15,12 b

#### 4.1.2 Altura de planta

Se realizaron siete evaluaciones en total. Las medidas promedio para cada genotipo durante cada evaluación puede observarse en la Figura 21, mientras que en la Figura 22 y Tabla 6 puede observarse la diferencia de medias.

En la figura 21, desde la primera evaluación se muestran diferencias significativas entre ambos grupos de cacao; Los Forasteros, desarrollaron mayor altura de planta, probablemente debido a sus adaptaciones naturales a nuestras condiciones, además de estar localizados en una zona de mayor sombra. Para el caso del genotipo POUND 7, la grafica muestra medidas atípicas de crecimiento debido a que entre los Forasteros fue el genotipo más propenso a ser atacado por defoliadores y de los primeros en romper la dominancia apical y formar ramas plagiotrópicas. Es por ello, que, entre genotipos forasteros, hubo diferencias significativas en cuanto a crecimiento. Este patrón también se repitió para los genotipos trinitarios y se puede ver a mayor detalle en la tabla 6.

Durante la primera evaluación realizada entre el 6 y 10 de noviembre de 2020 el genotipo POUND 12 alcanzó una altura promedio de 93,15 cm, seguido por POUND 7 con una altura promedio de 83,31 cm y VRAE 99 con una altura promedio de 82,06 cm. Mientras que los genotipos tipo Trinitario alcanzaron alturas promedio de 62,12 cm (ICS 6) y 54,35 cm el genotipo ICS 39.

La segunda evaluación entre el 23 y 28 de noviembre de 2020 mostró una situación similar. Los genotipos tipo Forastero fueron significativamente más altos que los del tipo Trinitario. El genotipo POUND 12 alcanzó una altura de 93,27 cm, seguido por el genotipo POUND 7 con una altura de 88,03 cm y el genotipo VRAE 99, el cual llegó a una altura de 88,25 cm. Respecto a los genotipos tipo Trinitario, el ICS 6 alcanzó la altura de 64,72 cm mientras que el ICS 39 llegó a los 56,25 cm de altura promedio.

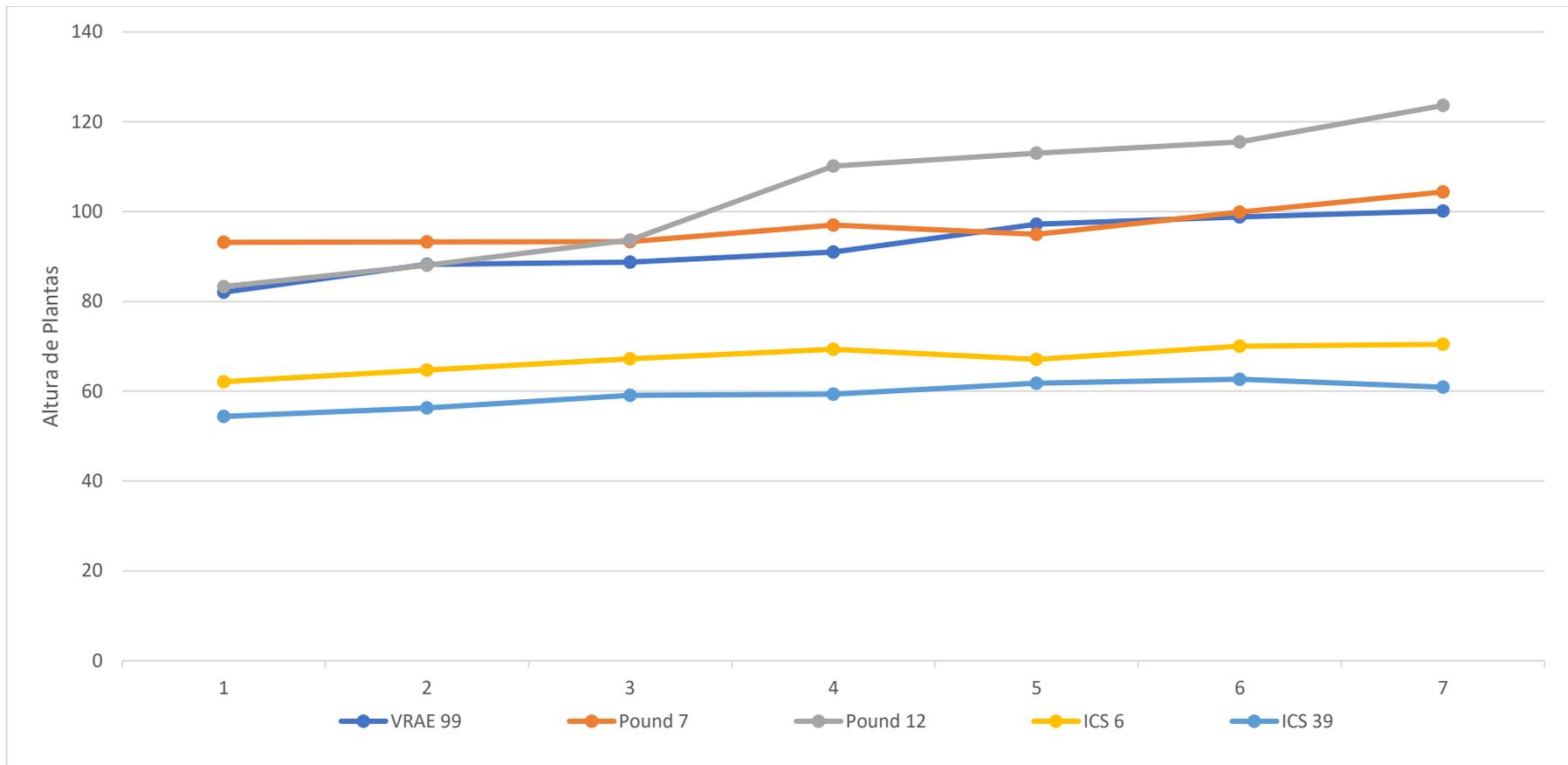
La tercera evaluación, realizada entre el 8 y 12 de diciembre de 2020, presentó la misma tendencia. Nuevamente los genotipos tipo Forastero fueron estadísticamente más altos que los del tipo Trinitario. Es así que POUND 12 registró una altura promedio de 103,31 cm, seguido por POUND 7 con una altura promedio de 93,68 cm y VRAE 99, con una altura promedio de 88,71cm. Mientras que los genotipos Trinitarios registraron alturas muy por debajo; ICS 6 presentó una altura de 67,22 cm en promedio y el genotipo ICS 39 59.1 cm, en promedio. Este patrón continuó para la cuarta, quinta y sexta evaluación.

Durante la quinta evaluación, se registró una presión fuerte de plagas, específicamente hormigas del género *Atta*, además de la presencia de varias ramas grandes de cacao que

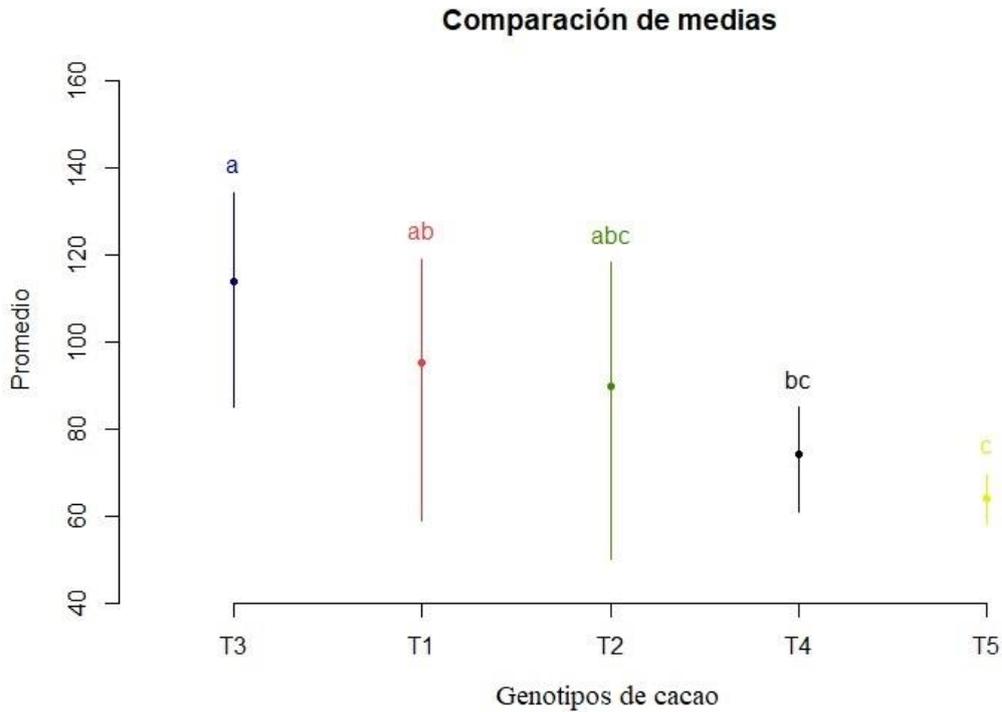
cayeron sobre la parcela debido a los fuertes vientos. Por ello se registró un ligero descenso en la altura promedio de Pound 7 e ICS 6. Por fortuna, en las siguientes evaluaciones. Se vió una recuperación y rebrote rápidos. Respecto a la formación de la horqueta o canastilla, ésta se forma, generalmente, al metro y medio de altura (Gómez et al., 2104), siendo una estructura importante ya que dará origen a la arquitectura de la planta. Siendo además este evento importante porque da inicio a la formación de las ramas plagiotrópicas.

Finalmente, entre los días 4 y 9 de febrero de 2021 se realizó la séptima evaluación. En ésta, todos los genotipos presentaron diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, nuevamente se aprecia la tendencia a una mayor altura de planta para los genotipos del tipo Forastero. Por ello; el genotipo POUND 12 alcanzó una altura de 123,62 cm. Le siguen los genotipos VRAE 99 con una altura de 100,13 cm y POUND 7 con una altura promedio de 104,37 cm. Entre los genotipos de tipo Trinitario, ICS 6 registró una altura de 70,45 cm e ICS 39 una altura promedio de 60.9 cm. Los resultados sugieren que el genotipo POUND 12 puede ser más apto para competir por luz. Aunque, otros investigadores señalan que POUND 7 también puede alcanzar una gran altura (García, 2010; Miranda et al., 2017).

ICS 39 experimentó también una alteración debido a la caída de ramas de paca



**Figura 20: Medida de la altura de planta de los genotipos evaluados**



**Figura 21: Comparación de medias de altura (cm) de Genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39**

**Tabla 6: Altura (cm) de cinco genotipos de cacao.**

Tratamiento	Genotipo	Altura (1er. Ev)	Altura (2da. Ev)	Altura (3er. Ev)	Altura (4ta Ev)	Altura (5ta Ev)	Altura (6ta Ev)	Altura (7ma Ev)
T1	VRAE 99	82,06 ab	88,25 ab	88,71 ab	91,0 ab	97,16 ab	98,82 ab	100,13 ab <sup>ab</sup>
T2	Pound 7	93,15 abc	93,27 abc	93,31 abc	97,01 abc	94,56 abc	99,87 abc	104,37 abc
T3	Pound 12	83,31 a	88,03 a	93,68 a	110,11 a	113,0 a	115,53 a	123,62 a
T4	ICS 6	62,12 bc	64,72 bc	67,22 bc	69,35 bc	67,12 bc	70,05 bc	70,45 bc
T5	ICS 39	54,39 c	56,25 c	59,12 c	59,36 c	61,75 c	62,68 c	60,9 c

#### **4.1.2 Número de hojas**

La contabilidad del número de hojas solo se realizó en cuatro veces. En la Figura 23 se visualizan las evaluaciones efectuadas y el promedio de los resultados para cada uno de los genotipos. En la figura 24 y tabla 7 se muestran las diferencias de medias observadas.

La primera evaluación, realizada entre el 6 y 10 de noviembre de 2020, evidenció una diferencia estadísticamente no significativa entre dos de los genotipos Forasteros (VRAE 99 y Pound 12), igualmente entre un genotipo forastero y un trinitario (Pound 7 e ICS 6), mientras que ICS 39 presentó un comportamiento estadísticamente diferente al resto de genotipos. Es así que VRAE 99 registró un número promedio de 29 hojas, POUND 7 un promedio de 21 hojas por planta. Mientras que POUND 12 registró un número promedio de 18 hojas por planta., muy por debajo se observaron a los genotipos Trinitarios ICS 39 con 12, hojas por planta, seguido por el genotipo ICS 6 con 11 hojas por planta en promedio.

Ya en la segunda evaluación, realizada entre el 8 y 12 de diciembre de 2020, la diferencia en el número promedio de hojas entre los genotipos Forasteros y Trinitarios se observó con mayor detalle. Los genotipos VRAE 99 y POUND 7 contabilizaron números estadísticamente similares de hojas; El genotipo VRAE 99 registró 44 hojas y el POUND 7 38 hojas, en promedio. Estadísticamente distinto a los demás genotipos Forasteros y al trinitario ICS 39. POUND 12 contabilizó un promedio de 30 hojas. Finalmente, los genotipos Trinitarios ICS 39 y ICS 6 registraron 19 y 17 hojas en promedio.

La tercera evaluación, llevada a cabo entre el 4 y 8 de enero de 2021, evidenció nuevamente que los genotipos de tipo Forastero formaron un mayor número de hojas que los del tipo Trinitario. El genotipo VRAE 99 logró formar en promedio 55 hojas por planta y estadísticamente fue el que mayor número de hojas alcanzó muy por encima de todos los demás genotipos. Le siguen los genotipos POUND 12 y POUND 7, con 36 y 35 hojas por planta en promedio, respectivamente. Mientras que ambos genotipos Trinitarios estadísticamente registraron la menor formación de hojas. Es así que los genotipos ICS 39 y ICS 6 contabilizaron 22 y 20 hojas en promedio, respectivamente

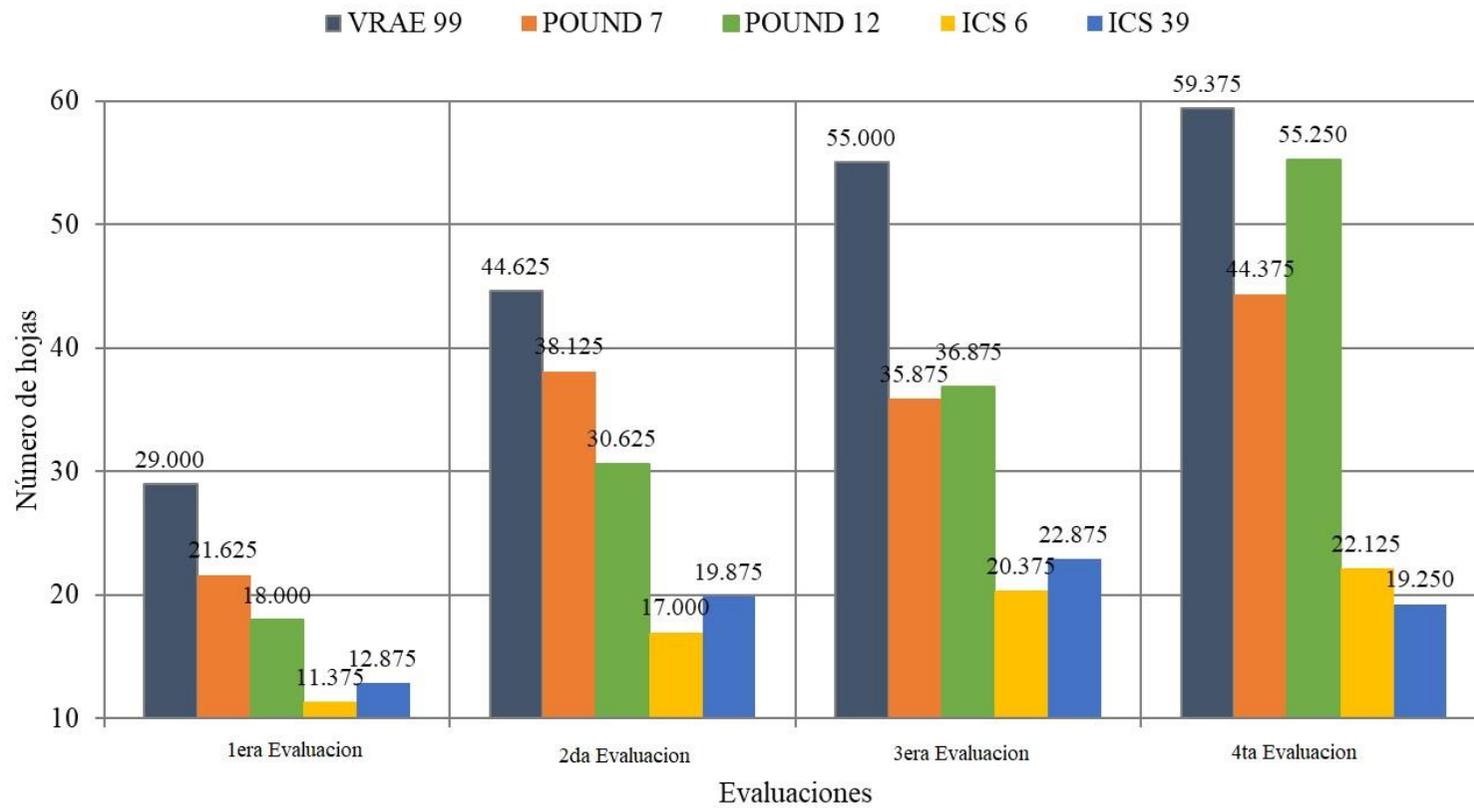
Finalmente, la última evaluación realizada entre el 4 y 9 de febrero de 2021 mostró la tendencia observada. Los genotipos del tipo Forastero registraron el mayor conteo promedio de hojas frente a los genotipos del tipo Trinitario. Entre los genotipos Trinitario, el ICS 6 y el ICS 39 la contabilidad promedio de hojas fue de 22 y 19, respectivamente. Los resultados sugieren que los genotipos Forasteros pueden tener mayor capacidad fotosintética, puesto que es este órgano el que alberga el tejido parenquimatoso que es donde se lleva cabo la fotosíntesis. A final del experimento, el genotipo VRAE 99 registró un total de casi 60 hojas en promedio, mientras que ICS 39 registró tan solo 19 hojas.

VRAE 99 a pesar de no tener una altura superior a los POUND fue el genotipo que mayor biomasa foliar generó. Estos resultados difieren de lo reportado por Gamboa (2015), quien demostró que VRAE 99 al ser utilizado como patrón, produce enanismo y escasa generación de hojas.

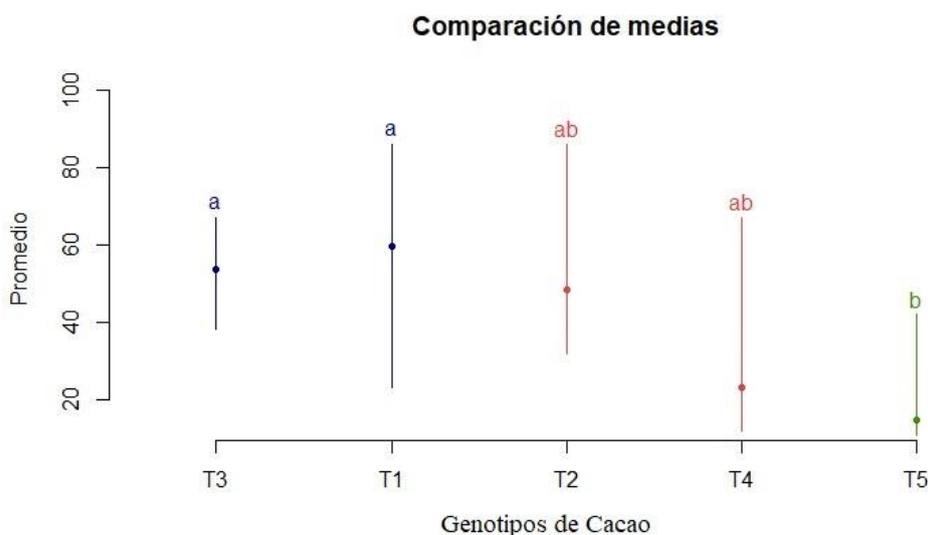
Por otro lado, POUND 7 sufrió un ataque por defoliadores unos días antes de la tercera evaluación lo que se refleja en el descenso a 35 hojas en promedio. Esta presión de plagas pudo aminorarse debido a que se aplicó los productos Fusion y Gatillo para controlar insectos masticadores y chupadores. Sin embargo, POUND 7 al final de las evaluaciones resultó con un promedio de 44 hojas por planta, mostrando mucho vigor y resiliencia.

ICS 39 no produjo hojas de manera vigorosa debido al estado inicial de las plantas; pequeñas, con manchas necróticas en las primordios y brotes. Al igual que ICS 6 fueron los genotipos más susceptibles a condiciones abióticas, puesto que en las filas donde estaban sembrados, era zonas con poca cobertura de sombra, exponiéndolos a la sequía de los meses de junio a octubre.

Batista (2009) asegura que las semillas de cacao de proporciones medias a grandes suelen traducirse en plantas con mayor número de hojas; Ya que contienen mayor cantidad de nutrientes que activarán yemas a futuro. Otros factores que influirían en el crecimiento serían los niveles de nitrógeno absorbidos por las plantas en la parcela (Soto, 2019).



**Figura 22: Número de hojas de los genotipos evaluados**



**Figura 23: Comparación de medias de número de hojas en genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39.**

**Tabla 7: Numero de hojas de cinco genotipos de cacao**

Tratamiento	Genotipo	# hojas (1er. Ev)	# hojas (2er. Ev)	# hojas (3ra. Ev)	# hojas (4ta Ev)
T1	VRAE 99	29,00 a	44,62 a	55,0 a	59,37 a
T2	Pound 7	21,6 ab	38,12 ab	35,87 ab	44,37 ab
T3	Pound 12	18,0 a	30,62 a	36,87ab	55,25 a
T4	ICS 6	11,37 ab	17,0 ab	20,37 b	22,12 ab
T5	ICS 39	12,87 b	19,87 b	22,87 b	19,25 b

### 4.1.3 Número de brotes

El conteo del número de brotes se realizó en solo tres de las siete evaluaciones. En la Figura 25 se visualizan las evaluaciones efectuadas y el promedio de los resultados para cada uno de los genotipos. En la figura 26 y tabla 8, se muestra por otro lado. El comportamiento de medias observado.

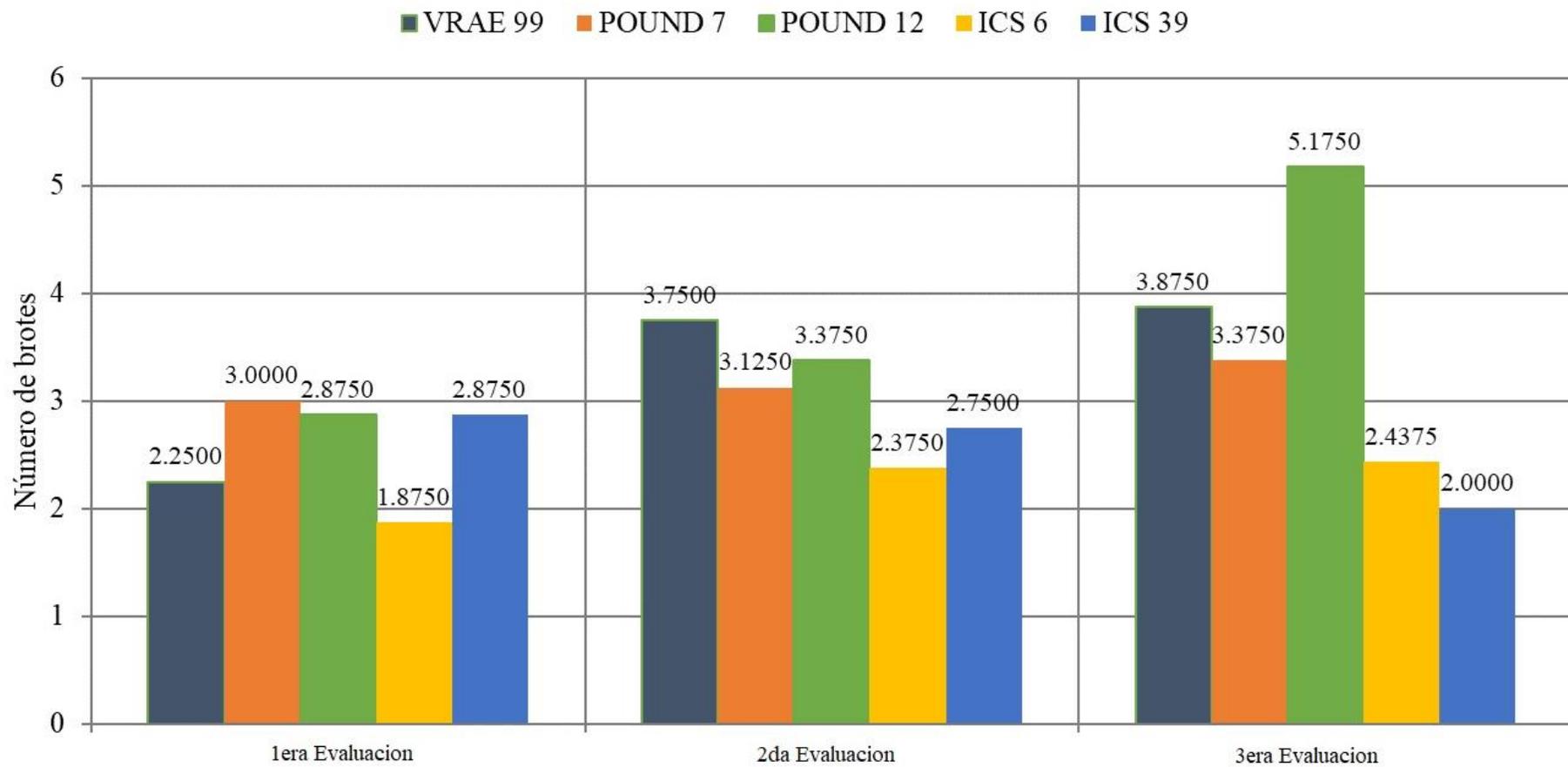
La primera evaluación, efectuada entre el 8 y 12 de diciembre de 2020, no encontró diferencias significativas entre los cinco genotipos evaluados. Sin embargo, se observó que el genotipo tipo Forastero POUND 7 fue el que contabilizó el mayor número de brotes con un promedio de 3 en total. Le siguen el genotipo POUND 12, con 2 brotes por planta en promedio; el genotipo Trinitario ICS 39 también con 2 brotes en promedio; el genotipo VRAE 99 con un promedio de 2, brotes y el ICS 6 con 1 brote por planta en promedio.

La segunda evaluación, llevada a cabo entre el 4 y 8 de enero de 2021, tampoco mostró diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos. Sin embargo, el genotipo Forastero VRAE 99 contabilizó un promedio mayor que el resto con 3 brotes en promedio. Le siguen el genotipo POUND 12 con 3 brotes en promedio; el genotipo POUND 7 con 3 brotes en promedio; ICS 39 con 2 brotes en promedio y ICS 6 con 2 brotes por planta en promedio.

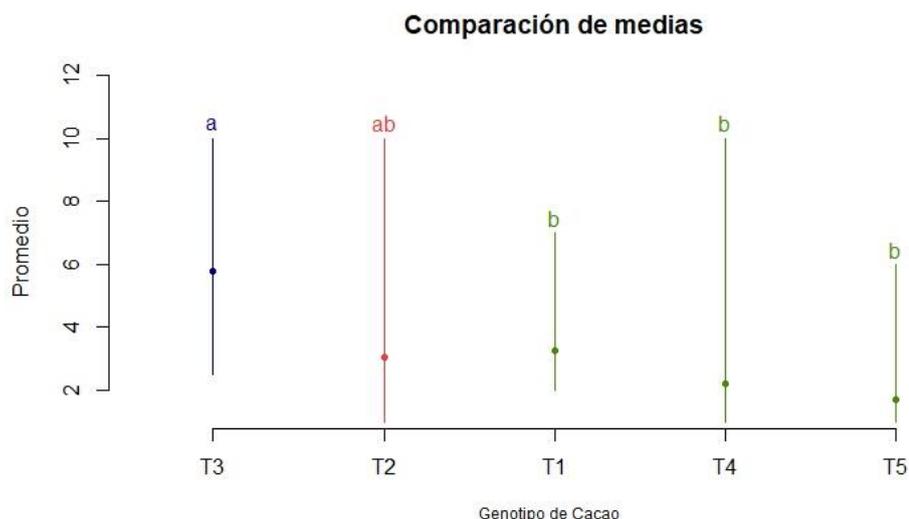
En la tercera evaluación, entre el 4 y 9 de febrero de 2021, tampoco se observan diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos. Se observa que los genotipos tipo Forastero fueron los que mostraron el mayor número de brotes frente a los de tipo Trinitario. El genotipo POUND 12 contabilizó un promedio de 5 brotes por planta siendo el que obtuvo el máximo registro. Le siguen los genotipos VRAE 99 y POUND 7, ambos con 3 y 3 brotes por planta en promedio.

Por último, los genotipos de tipo Trinitario, ICS 6 y ICS 39 registraron en promedio 2 brotes por planta, respectivamente. Ambos fueron estadísticamente similares entre sí. Nuevamente el POUND 12 muestra una buena respuesta frente a las condiciones del lugar. Como fue mencionado anteriormente, la aparición de estos brotes, conocidos también como horqueta o canastilla se da cuando la planta alcanza el metro de altura o cuando tiene aproximadamente entre 6 a 10 meses-

Asimismo, los datos observados para el genotipo POUND 12, está en concordancia con lo reportado por Castro (2015), quien manifiesta que el número de brotes está entre 3 y 5. Una mayor cantidad de brotes le da al agricultor mayores opciones para escoger los tres mejores brotes que posteriormente formaran la estructura del árbol de cacao



**Figura 24: Número de brotes evaluados**



**Figura 25: Comparación de medias del número de brotes en cacao, en la última evaluación.**  
**T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39.**

**Tabla 8: Número de brotes de cinco genotipos de cacao**

Tratamiento	Genotipo	# brotes (1ra. Ev)	# brotes (2da. Ev)	# brotes (3ra Ev)
T1	VRAE 99	2,25 a	3,75 a	3,87 b
T2	Pound 7	3,0 a	3,12 a	3,37 ab
T3	Pound 12	2,87 a	3,37 a	5,17 a
T4	ICS 6	1,88 a	2,37 a	2,43 b
T5	ICS 39	2,87 a	2,75 a	2,00 b

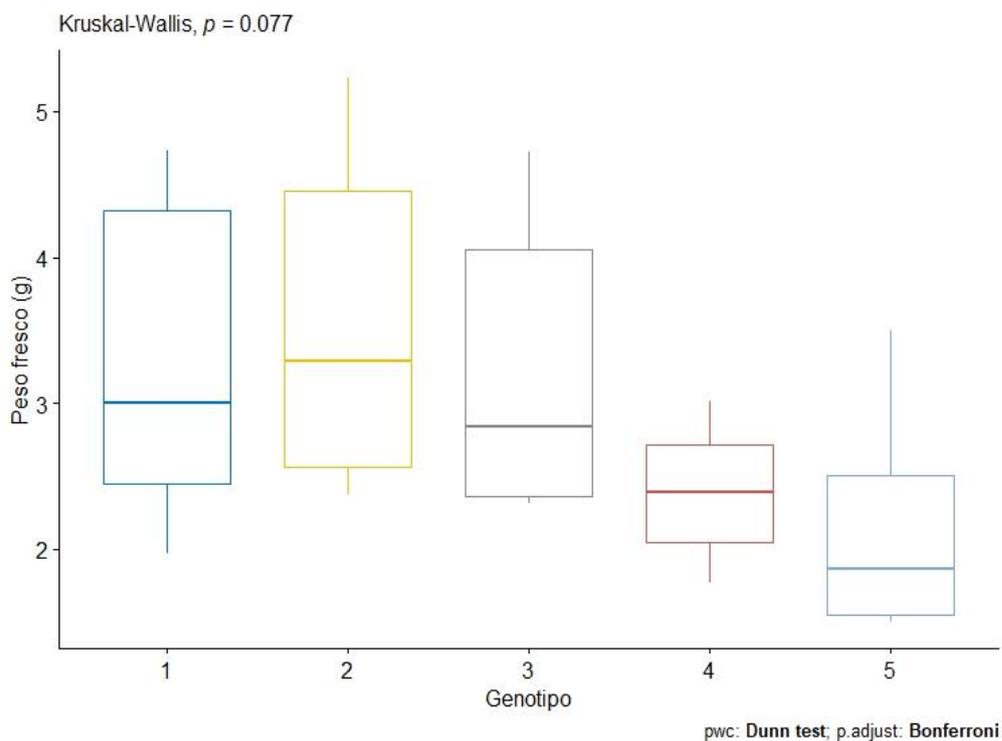
#### 4.1.4 Peso fresco y secos de las hojas

En la figura 27 se visualizan los resultados de la evaluación realizada las variables peso fresco y seco de las hojas. En cuanto al peso fresco, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos de tipo Forastero y Trinitario. Los primeros alcanzaron un mayor peso fresco frente a los segundos. El genotipo POUND 7 fue el que alcanzó el mayor peso fresco entre los del tipo Forastero con un peso de 1,87 gramos, seguido por el genotipo VRAE 99 con 1,78 gramos y el genotipo POUND 12 con 1,76 gramos. Los genotipos del tipo Trinitario fueron el ICS 6 con 1,53 gramos y ICS 39 con 1,31

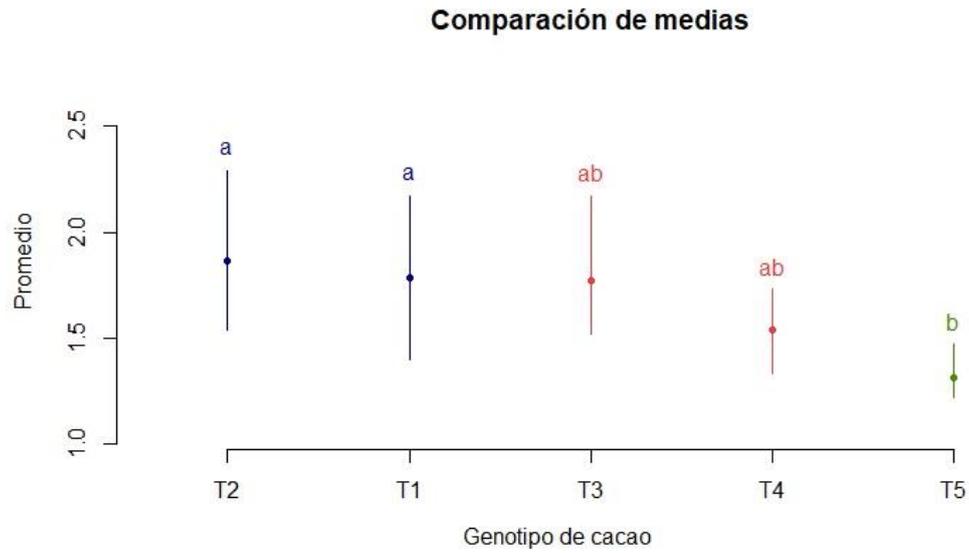
gramos. Esta evaluación y el peso seco fueron de tipo destructivo y sólo se realizó al final de la séptima evaluación. En la fecha del 4 a 9 de febrero.

Al evaluar el peso seco (Figura 28), los genotipos del tipo Forastero registraron un mayor peso seco frente a los del tipo Trinitario. Entre los genotipos Forasteros, POUND 7 registró un peso seco promedio de 1,41 gramos, siendo el mayor entre los POUND. Le siguen los genotipos POUND 12. Con 1,37 gramos. VRAE 99, por otro lado registró el valor más alto en peso seco con 1,45 gramos. Estos datos son interesantes ya que según Millan-Almaraz et al. (2009) la evaluación del peso seco es una forma destructiva de medir o por lo menos tener una idea de la capacidad fotosintética de la planta.

Este argumento nos lleva a inferir que, aunque no fue evaluado, VRAE 99 puede haber tenido un mejor funcionamiento del aparato fotosintético.



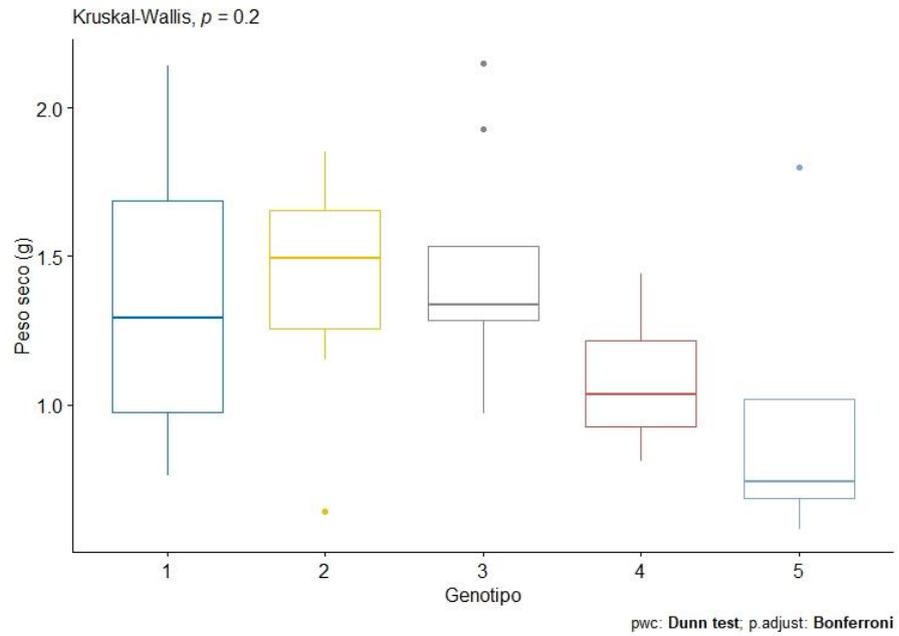
**Figura 26: Peso fresco de hojas de genotipos de cacao evaluados. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39**



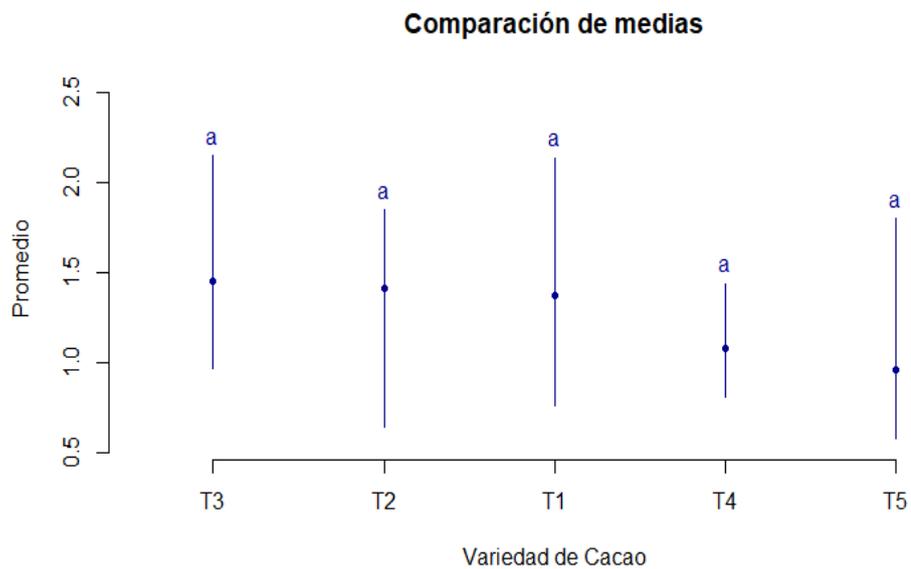
**Figura 27: Comparación de medias en peso fresco de hojas de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39.**

**Tabla 9: Promedio de peso fresco de hojas en cinco genotipos de cacao al final de la evaluación**

Tratamiento	Genotipo	Peso fresco (gr)
T1	VRAE 99	1.78 a
T2	POUND 7	1.87 a
T3	POUND 12	1.76 ab
T4	ICS 6	1.53 ab
T5	ICS 39	1.31 b



**Figura 28: Diagrama de cajas de peso seco en cinco genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39**



**Figura 29: Comparacion de medias de peso seco entre cinco genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39.**

**Tabla 10: Promedio de peso seco en hojas de cinco genotipos de cacao al final de la evaluación**

Tratamiento	Genotipo	Peso seco (gr)
T1	VRAE 99	1.45 a
T2	POUND 7	1.41 a
T3	POUND 12	1.37 a
T4	ICS 6	1.08 a
T5	ICS 39	0.96 a

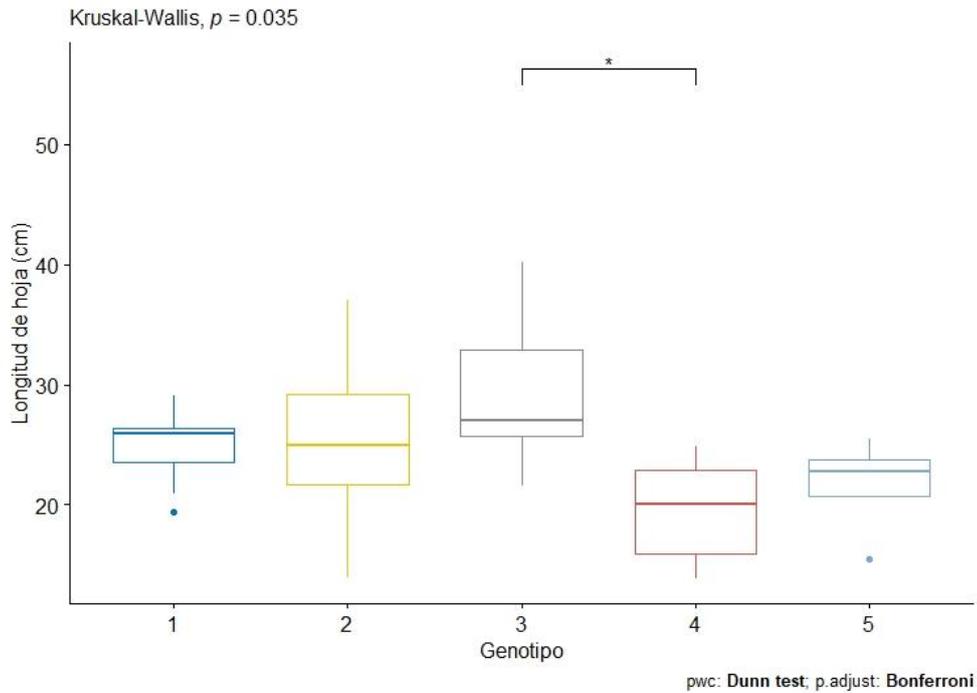
## 4.2 CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS DE LAS HOJAS

### 4.2.1 Longitud y ancho de la lámina foliar

En las Figuras 31 y 32 se muestran respectivamente los resultados de longitud y ancho de las hojas de los genotipos de cacao estudiados en este ensayo. Ambas variables son usadas para estimar el índice de área foliar (Herrera et al., 2018), además del área foliar de cultivos de importancia económica como Durazno (Casierra-Posada et al., 2017) y cacao (Soscué y Fernández, 2021). Asimismo, ambas son usadas para diferenciar genotipos (Soto, 2019). Los genotipos del tipo Forastero registraron una mayor longitud de la lámina foliar frente a los del tipo Trinitario. El genotipo POUND 12 fue el que presentó la mayor longitud de lámina foliar entre los genotipos Forasteros con una medida de 29,11 cm, seguido por el genotipo POUND 7 con 25,29 cm y el VRAE 99 con 24,78 cm en promedio. Los genotipos Trinitarios ICS 39 y ICS 6 fueron los que presentaron las menores medidas de longitud de lámina foliar con 21,62 cm y 19,51 cm, respectivamente.

En el caso de ancho de lámina foliar, dos de los genotipos del tipo Forastero registraron un mayor ancho de lámina foliar. Estos dos fueron POUND 12 y VRAE 99, con medidas de 11,35 cm y 10,04 cm en promedio, respectivamente. Mientras que POUND 7, ICS 39 y ICS 6 presentaron anchos de lámina foliar de 9,32 cm, 8,50 cm y 8,37 cm, respectivamente. Tanto largo como ancho son dos variables para considerar al momento de realizar caracterización de cultivares, genotipos o genotipos. Esto va de acuerdo con lo propuesto

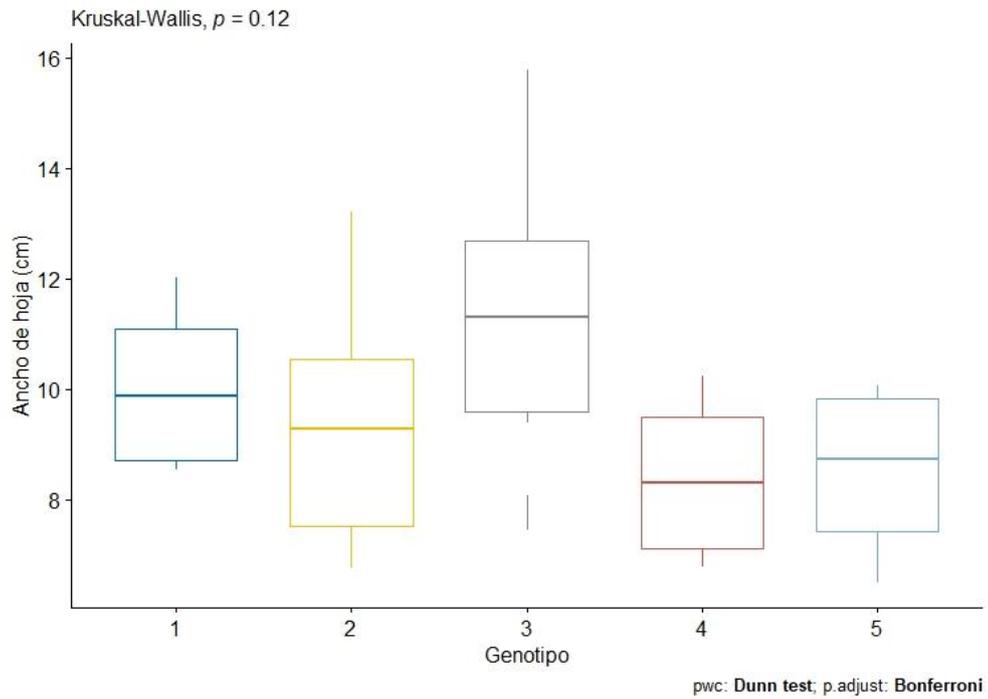
por Castro y Bartley (1983) quienes indicaron que la hoja puede presentar pequeña variación en sus dimensiones y sin embargo pueden ser semejantes en cuanto a forma de limbo y pertenecer al mismo grupo genotípico. Esta teoría es corroborada por Guerrero (2005) durante estudios de caracterización con 48 genotipos de cacao en Tingo María



**Figura 30:Boxplot de longitud de lámina foliar en cinco genotipos de cacao. T1: VRAE 99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39.**

**Tabla 11:Longitud promedio de hojas en cinco genotipos de cacao al final de la evaluación**

Tratamiento	Genotipo	Longitud (cm)
T1	VRAE 99	24,78 ab
T2	POUND 7	25,29 ab
T3	POUND 12	29,11 a
T4	ICS 6	19,51 b
T5	ICS 39	21,62 ab



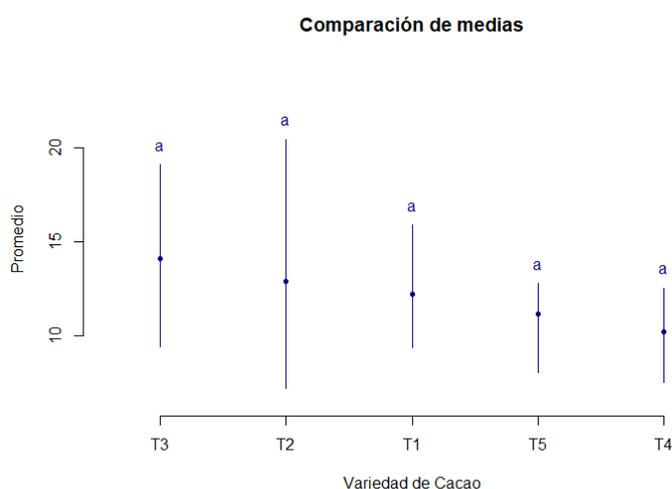
**Figura 31:Boxplot de ancho de lámina foliar en cinco genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39.**

**Tabla 12:Ancho promedio de hojas en cinco genotipos de cacao al final de la evaluación**

Tratamiento	Genotipo	Ancho (cm)
T1	VRAE 99	10,04 a
T2	POUND 7	9,32 a
T3	POUND 12	11,35 a
T4	ICS 6	8,37 a
T5	ICS 39	8,50 a

#### 4.2.2 Longitud desde la Base al punto más Ancho (LBA)

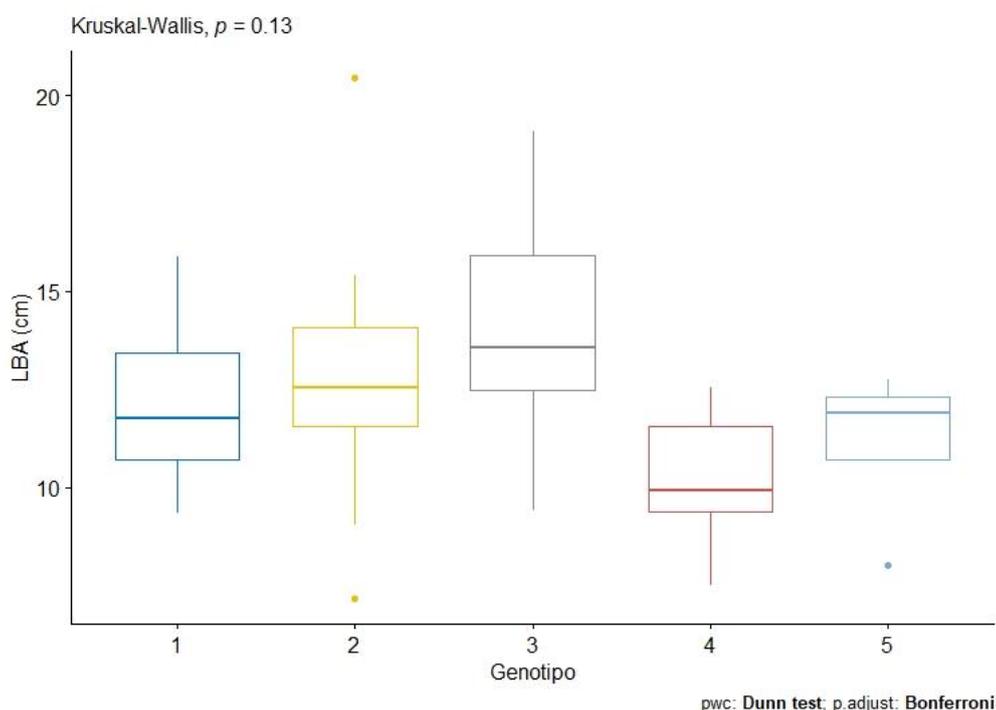
En las Figuras 33 y 34 notamos que el genotipo POUND 12 fue el que registró un valor significativamente superior al resto. Este fue de 14,09 cm. Los demás genotipos fueron estadísticamente similares entre sí. POUND7 registró 12,89 cm seguido de VRAE 99 con 12,20 cm de LBA, seguido por. Los genotipos Trinitarios ICS 6 y ICS 39 alcanzaron 10,19 cm y 11,27 cm de Longitud desde la base hasta el punto más ancho, respectivamente. Esta es otra característica tomada en cuenta por los investigadores para distinguir un genotipo de otro. Estos resultados son cercanos a los relatados por Soto (2019) en genotipos de origen forastero.



**Figura 32: Comparación de medias de LBA en cinco genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39.**

**Tabla 13: LBA promedio en cinco genotipos de cacao al final de la evaluación.**

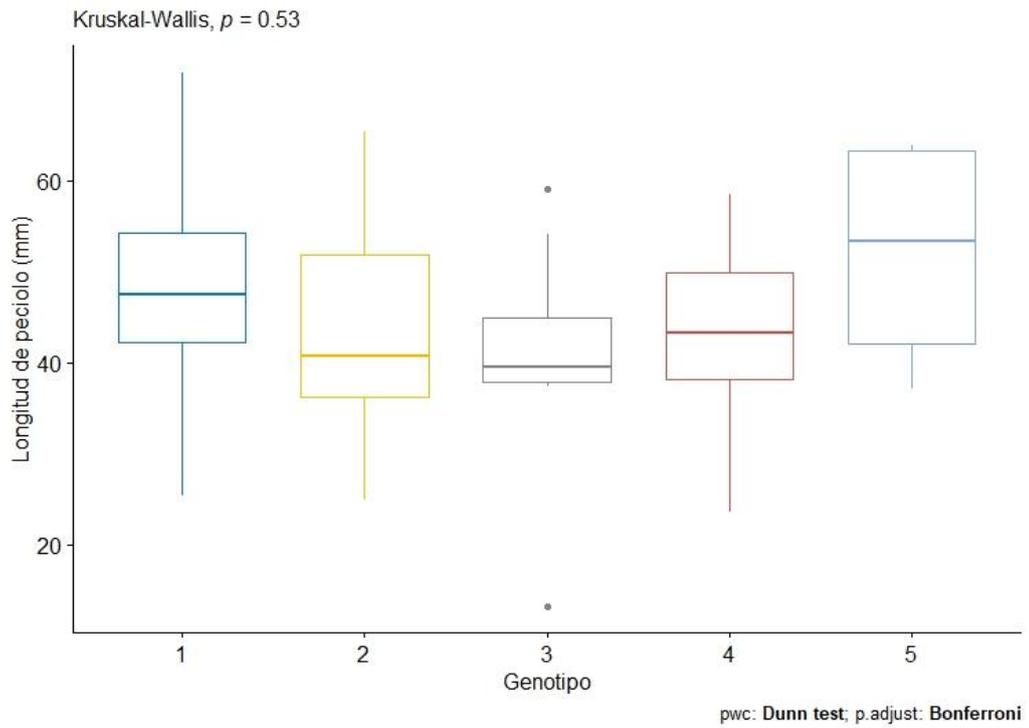
Tratamiento	Genotipo	LBA
T1	VRAE 99	12,20 a
T2	POUND 7	12,89 a
T3	POUND 12	14,09 a
T4	ICS 6	10,19 a
T5	ICS 39	11,27 a



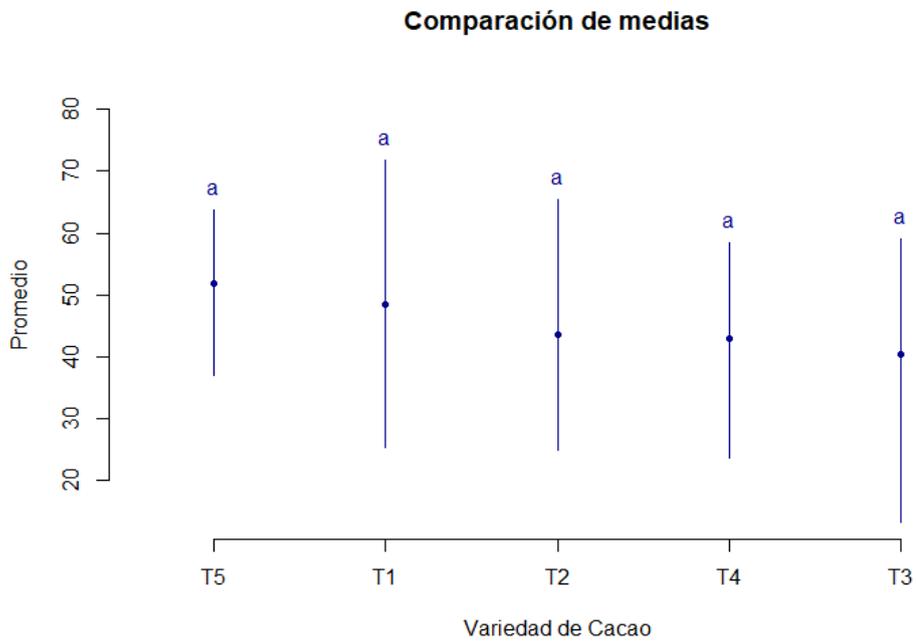
**Figura 33: Diagrama de cajas de la LBA de cinco genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39.**

#### 4.2.3 Longitud del peciolo (LP)

En la Tabla 14 se visualizan los resultados de la evaluación realizada. Respecto al peciolo una de sus principales funciones es unir a la hoja con la planta; además precisa ser fuerte ya que debe soportar el peso de la lámina foliar (Pasini y Mirjalili, 2006). Asimismo, según Negro (1960), la elongación del peciolo favorece una mayor captura de luz, siendo importante cuando una especie compite por otra por luz. Además, puede servir para diferenciar cultivares de plantas (Talip *et al.* 2021). La longitud del peciolo de los genotipos ICS 39 y VRAE 99 fue mayor a la del resto de genotipos, alcanzando los 51,90 mm y 48,40 mm, respectivamente. Los demás genotipos registraron medidas menores, pero estadísticamente similares entre sí. Es así que las longitudes de peciolo para POUND 12, ICS 6 y POUND 7 fueron 40,31 mm, 42,85 mm y 43,67 mm, respectivamente.



**Figura 34: Diagrama de cajas de longitud de peciolo. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39.**



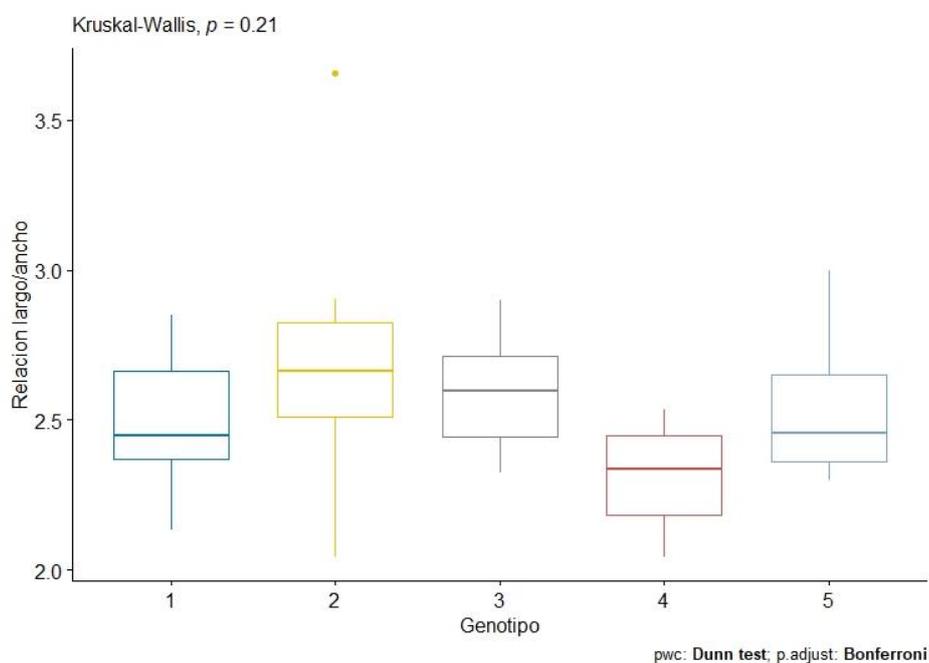
**Figura 35: Medias de longitud del peciolo de los genotipos evaluados. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39.**

**Tabla 14: Promedio longitud de peciolo de cinco genotipos al final de la evaluación**

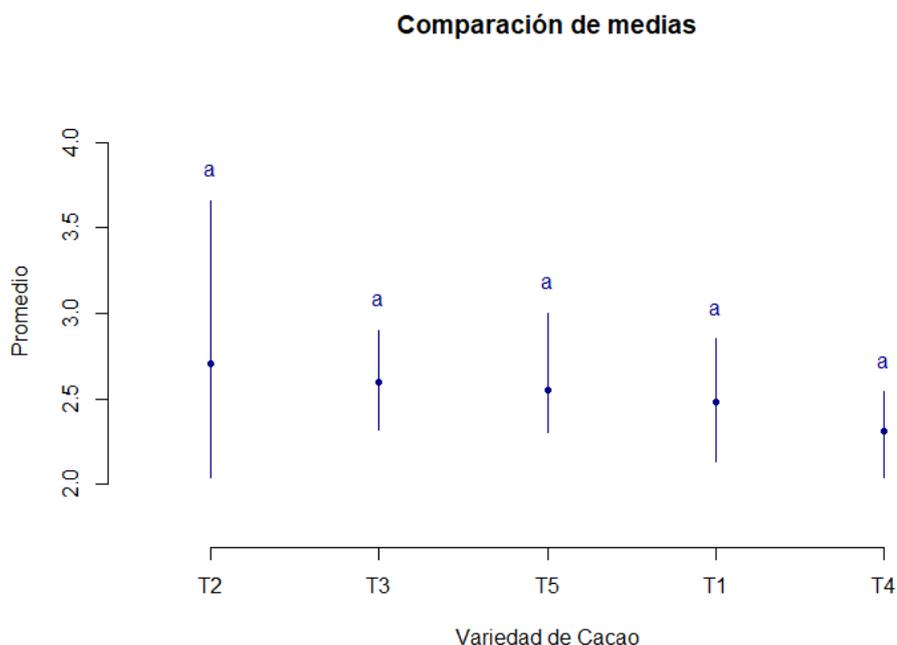
Tratamiento	Genotipo	Peciolo (mm)
T1	VRAE 99	48.4 a
T2	POUND 7	43.67 a
T3	POUND 12	40.31 a
T4	ICS 6	42.85 a
T5	ICS 39	51.90 a

#### 4.2.4 Relación Largo – Ancho

En algunas especies como *Argania spinosa* (Zahidi et al., 2013), esta variable es usada para diferenciar ecotipos, además puede ser usados para caracterizar hojas en diferentes lugares de las plantas como demostrado por Lee et al., (2018) en el cultivo de paprika. Sin embargo, de acuerdo con nuestros resultados no hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) entre los diferentes genotipos, aunque podemos mencionar que el genotipo POUND 7 tuvo mayor con una relación de 2.7, seguido de los genotipos POUND 12, con 2,59; ICS 39 con 2,31; VRAE 99 con 2,48 y ICS 6 con 2,31 (Tabla 16).



**Figura 36: Diagrama de cajas de relación Largo-Ancho. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS 39.**



**Figura 37: Comparación de medias de Relación Largo/ancho de cinco genotipos de cacao. T1: VRAE99. T2: POUND7. T3: POUND 12. T4: ICS 6. T5: ICS**

**Tabla 15: Promedio RLA en cinco genotipos de cacao al final de la evaluación**

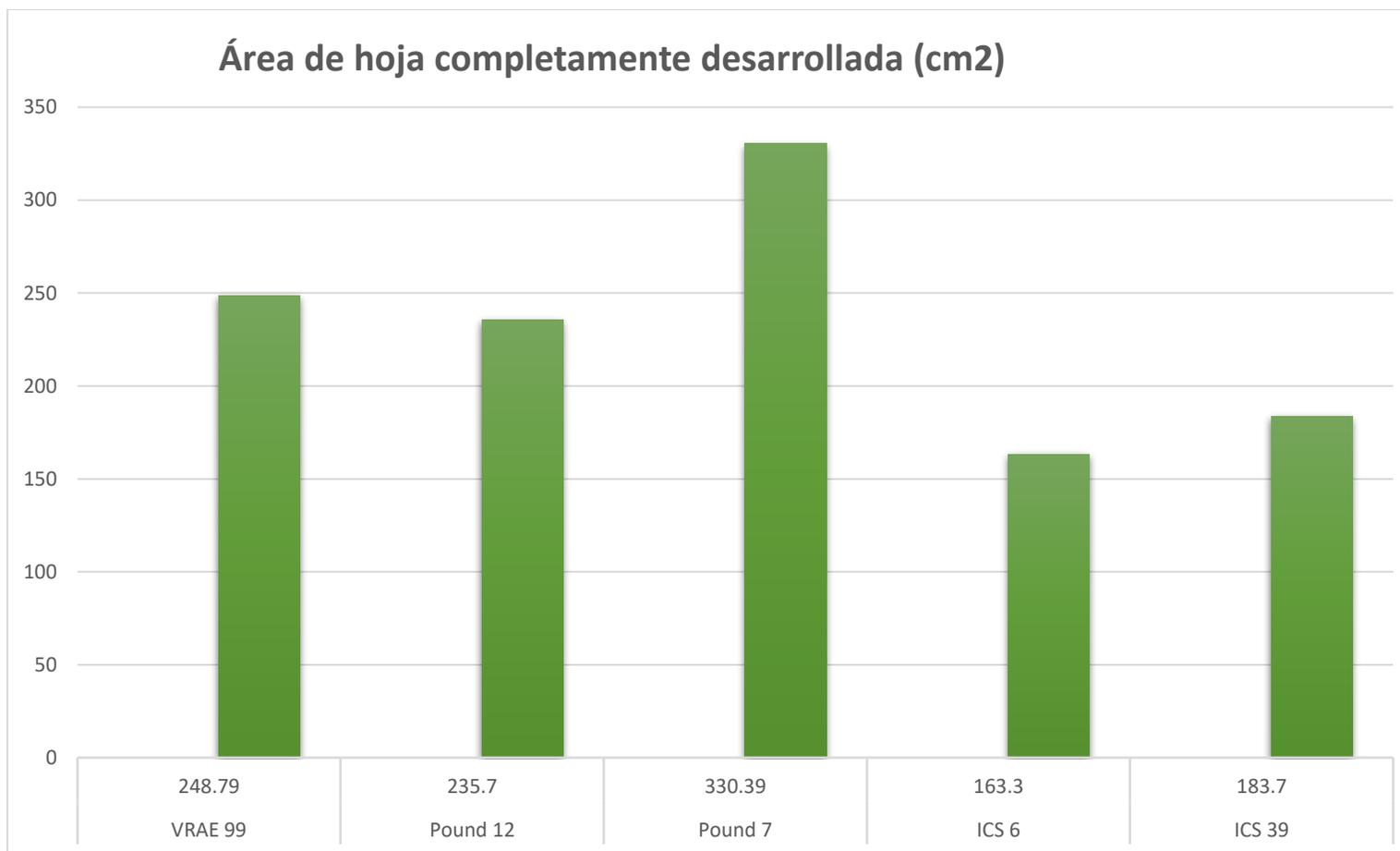
Tratamiento	Genotipo	Relacion L/A
T1	VRAE 99	2,48 a
T2	POUND 7	2,70 a
T3	POUND 12	2,59 a
T4	ICS 6	2,31 a
T5	ICS 39	2,55 a

#### 4.2.5 Área de hoja completamente desarrollada

En la Figura 39 se visualizan los resultados de la evaluación realizada. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos. Es así, que los genotipos tipo Forastero fueron los que registraron mayor área de hoja en comparación con los del tipo Trinitario.

El genotipo POUND 12 fue el que alcanzó la mayor medida con un área de 330,39 cm<sup>2</sup>, seguido por VRAE 99 con un área de 248,79 cm<sup>2</sup>, y el genotipo POUND 7 con un área de 235,70 cm<sup>2</sup>.

Entre los genotipos del tipo Trinitario, ICS 6 registró un área foliar de 163,30 cm<sup>2</sup>, mientras que el genotipo ICS 39 alcanzó un área de 183,7 cm<sup>2</sup>.



**Figura 38: Resultados de la evaluación del área de la hoja completamente desarrollada de los genotipos**

### 4.3 CARACTERISTICAS CUALITATIVAS DE LAS HOJAS

#### 4.3.1 Color de hojas jóvenes

Se evaluó el color de las hojas jóvenes durante la última evaluación. Engels *et al* (1980) originalmente propusieron dos supra categorías para realizar esta evaluación; Sin presencia de antocianina y con presencia de antocianina. Para el caso de la primera, consideraron los colores; Verde claro, verde intenso y marrón. Por otro lado, ante la presencia de antocianinas consideraron rojo ligero, rojo intermedio y rojo oscuro.

En cuanto a la evaluación de estas características tomando como referencia al total de hojas contadas: El 40 % de la población presentaron hojas de color rojo Oscuro, 30.56 % tienen hojas Rojo intermedio, 13,34 % poseen hojas de marrón, 5,56 % tienen hojas de color verde Intenso y el 10,56 % presentaron hojas color rojo ligero. No hubo hojas jóvenes de color verde claro.

Por otro lado, al evaluar el color de hojas por árboles del mismo genotipo esta característica se presentó de la siguiente forma:

**Tabla 16: Color de hojas jóvenes entre individuos de un mismo genotipo de cacao.**

Genotipo	Color hojas jóvenes
VRAE 99	Rojo Oscuro
Pound 7	Rojo intermedio
Pound 12	Rojo Oscuro
ICS 6	Marrón
ICS 39	Rojo ligero

Ballesteros (2011) en un estudio con cacao del tipo “cundeamor” *Theobroma cacao* subsp. *Sphaericarpum*. Analizó cinco grandes grupos en una plantación de Colombia, tres de ellos presentaban diferentes niveles de antocianina en hojas, mientras que los otros dos no poseían antocianina en hojas jóvenes.

### **4.3.2 Textura de la hoja**

Estudios realizados por Dostert et al. (2011) mencionan lo siguiente: “*T. cacao* es un árbol o arbusto semicaducifolio de hasta 12 m de alto [...] Las hojas son de textura coriácea o cartácea, simple, enteras, angostamente ovadas y ligeramente asimétricas.

En botánica se considera a la textura como la consistencia interna de la hoja, una característica que, si bien es cierto, por sí sola no basta para servir como un descriptor de una especie, sino que usualmente requiere otros descriptores tales como forma de hoja, venación entre otros (Gutiérrez-Hernandez, 2011)

Para el caso del experimento el 100% de individuos presentó textura del tipo coriácea. Esto se corroboró cuando al momento de contraer la hoja ésta regresaba a su forma original.

Lam Thi (2016), en un estudio morfológico de 63 genotipos, entre ellos dos poblaciones de individuos forasteros – Pound 16-; Estableció que “Las hojas adultas tornaban un color verde oscuro, de forma ovalada y textura coriácea

### **4.3.3 -Forma de la base de la hoja**

Según Valla (2004); La base foliar y la lámina son las partes principales y el pecíolo y los anexos foliares (estípulas) pueden estar presentes o ausentes. A su vez, estas estípulas pueden variar incluso entre especies del mismo género o familia. Por ejemplo, Ragonese (1969), observó estas variaciones en diferentes series del género *Adesmia* de orquídeas.

Para el caso del total de la población en la parcela de Cacao: El 46,94 % presentaron hojas con base aguda, el 30 % hojas con base cordiforme y el 23,1 % hojas con base redondeada

Por otro lado, al evaluar esta característica en hojas de árboles del mismo genotipo, se obtuvo la siguiente información.

**Tabla 17: Forma de base foliar entre individuos del mismo genotipo de cacao**

<b>Genotipo</b>	<b>Tipo de Base</b>
VRAE 99	Cordiforme
Pound 7	Aguda
Pound 12	Aguda
ICS 6	Aguda
ICS 39	Redonda

Gutiérrez Hernández (2011) en su estudio agromorfológico y fisicoquímico de los ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Izalco y Nahuilingo, en el departamento de Sonsonate en El Salvador, reportó árboles con características de hojas con base aguda y redondeada.

Phillips Mora *et al.* (2012) en un estudio de caracterización de cacao de tipo trinitario en Costa Rica, encontró que los genotipos internacionales CCN-51, ICS-95 y PMCT-58, presentaban hojas con base obtusa.

#### **4.3.4 Forma del ápice foliar**

El 48,89 % de la población evaluada mostraron hojas con ápice acuminado corto, 23,06 % hojas con ápice agudo. Y 28,06% presentaron ápice foliar acuminado largo.

**Tabla 18: Forma de ápice foliar entre individuos de un mismo genotipo de cacao.**

<b>Genotipo</b>	<b>Forma ápice</b>
VRAE 99	Acuminado Largo
Pound 7	Acuminado Corto
Pound 12	Acuminado corto
ICS 6	Agudo
ICS 39	Acuminado Largo

Gutiérrez Hernández (2011) en un estudio de los ecotipos de cacao trinitarios cultivados en El Salvador, encontró que el 100% de la población de los árboles resultaron con hojas de ápice acuminado.

López-Avilés y Lovo. (2018) en otra investigación en El Salvador, encontraron tres formas de ápices en las hojas: el 46,81% de las hojas posee un ápice de forma apiculado, 31,91% con ápice de forma agudo y 21,28% un ápice de forma acuminado. Este estudio se realizó en Árboles de cacao del tipo criollo.

#### 4.3.5 Pubescencia en peciolo y ramas jóvenes

El 54,17 % de la población caracterizada presentaron pubescencia débil y el 45,84 % pubescencia moderada.

**Tabla 19: Presencia de pubescencia en peciolo entre individuos de un mismo genotipo de cacao**

<b>Genotipo</b>	<b>Nivel de pubescencia</b>
VRAE 99	Pubescencia Débil
Pound 7	Pubescencia Débil
Pound 12	Pubescencia Débil
ICS 6	Pubescencia Moderada
ICS 39	Pubescencia Fuerte

Marcano (2007), citado por Duarte Hernández (2014), afirma que la pubescencia en ramas jóvenes es una característica evidente en los árboles de cacao criollo y hay una escala de pubescencia entre estos y los forasteros, siendo imperceptible en los últimos. El cacao con tendencias fenotípicas criollas presenta mayor pubescencia en los brotes terminales a diferencia de los cacaos de tipo forasteros e híbridos que presentan poca pubescencia

#### 4.3.6 Forma general de la hoja

Según la siguiente relación matemática propuesta por Vera y Soria (1994), se puede caracterizar las hojas del cacao en tres categorías:

$L/LBA < 2$ : Ovalada

$L/LBA = 2$ : Elíptica

$L/LBA > 2$ : Oblonga

Para esto se tomaron diez hojas maduras por árbol y tratamiento al final del experimento Se procedió a obtener la longitud total promedio y dividirlo entre la distancia promedio de la base al punto más ancho. Al dividir ambos promedios para cada tratamiento se puede concluir que: VRAE-99 con una relación de 1,93 presenta hojas del tipo Ovaladas, Pound 12 con una relación de 1,96 presenta hojas del tipo Ovaladas. Por otra parte, y perteneciendo al mismo grupo genotípico; Pound 7 obtuvo una relación de 2,07 lo cual significa que posee hojas del tipo Oblongas. Finalmente, en el caso de ICS 6 e ICS 39 ambos presentan hojas del tipo Ovaladas. Obteniendo 1,91 y 1,94 respectivamente en la relación

**Tabla 20: Características fenotípicas de hojas de cacao, frecuencia relativa y absoluta.  
(Elaboración Propia)**

<b>Variable</b>	<b>Características</b>	<b># Árboles</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Forma General de la Hoja</b>	Oblongas	16	41.03 %
	Ovaladas	23	58.97 %
	<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>100 %</b>
<b>Variable</b>	<b>Características</b>	<b># Hojas</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Color de hojas jóvenes.</b>	Rojo claro	144	<b>40%</b>
	Rojo intermedio	38	<b>10.56%</b>
	Rojo Oscuro	20	<b>5.56 %</b>
	Verde Claro	110	<b>30.56 %</b>
	Verde Oscuro	0	<b>0</b>
	Marrón	48	<b>13.32</b>
<b>Total</b>	<b>360</b>	<b>100 %</b>	
<b>Textura de la hoja</b>	Coriácea	<b>360</b>	<b>100 %</b>
<b>Variable</b>	<b>Característica</b>	<b># Hojas</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Forma de la base de la hoja</b>	Redondeada	83	23,06%
	Cordiforme	108	30,0%
	Aguda	169	46,94%
<b>Total</b>	<b>360</b>	<b>100%</b>	
<b>Forma del ápice foliar</b>	Acuminado largo	101	28,06%
	Agudo	83	23,05%
	Acuminado corto	179	49,72%
<b>Total</b>	<b>360</b>	<b>100%</b>	
<b>Pubescencia en pecióslos/ramas</b>	Pubescencia débil	195	54,17 %
	Pubescencia moderada	165	45,83 %
<b>Total</b>	<b>360</b>	<b>100 %</b>	

## V. CONCLUSIONES

- Luego de la evaluación de los genotipos se concluyó que los genotipos forasteros registraron diámetros de tallos estadísticamente superiores a los de tipo trinitario, el POUND 7 presentó mayor diámetro promedio con valor de 23,75 cm y el menor fue el ICS 39 con una medida de 15,12 cm. Con esto podemos asegurar que los genotipos forasteros presentan mayor ratio de adaptación a condiciones locales frente a los trinitarios.
- En términos de número de hojas los genotipos forasteros registraron un mayor conteo promedio en comparación con los trinitarios; VRAE 99 obtuvo 22 hojas, siendo también el más vigoroso en cuanto a formación de biomasa.
- En términos de generación de brotes los forasteros registraron un mayor número en comparación con los trinitarios. Se observó un comportamiento precoz, así como rápida generación de lo que sería la horqueta en los primeros que en los segundos; Formando sus 5 primeros brotes entre la tercera y quinta evaluación.
- En cuanto al peso fresco los genotipos forasteros, al formar mayor biomasa, superaron a los trinitarios tanto en peso (en promedio 3,1-3,5 gr frente a 2,4-2,1 gr de los trinitarios) como en aspecto externo de la hoja (mayor lustre, forma general y tolerancia al daño causado por insectos)
- En cuanto al peso seco, los genotipos de tipo Forastero registraron un mayor peso seco frente a los del tipo Trinitario. Es así que, entre los Forasteros, el genotipo POUND 7 registró un peso seco promedio de 1,53 gramos, siendo el mayor entre ellos

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Luego de las evaluaciones se recomienda hacer este tipo de evaluaciones con otros genotipos forasteros para así obtener mejores resultados comparativos entre especies locales.
- No se recomienda realizar el trasplante a campo definitivo previo a los meses de sequía. Vimos que esto afectó en gran medida a plantas desprotegidas de sombra y aceleró su decaimiento. La elección de una parcela con árboles de sombra amplia y raíces profundas debe ser esencial al momento de planificar la siembra.
- Se recomienda evaluar el comportamiento en genotipos de origen trinitario o criollo. Esto para tener un mejor entendimiento de estos grupos genéticos en nuestras condiciones.
- Se aconseja poseer un mejor historial de campo para obtener registros de manejo de parcelas. Asimismo, si se comparten parcelas vecinas con árboles de diferente edad, es aconsejable eliminar mazorcas viejas o afectadas por algún patógeno para evitar problemas sanitarios más adelante.
- El presente estudio debe complementarse con una evaluación remanente en el tiempo; Evaluar los genotipos hasta que lleguen a la madurez sexual y se pueda verificar las capacidades de producción de cada uno. Además de observar características de flores, podríamos analizar el comportamiento en nuestras condiciones además de un rendimiento aproximado

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, J., Iturríos, J. (2017) Determinantes de la productividad en pequeños productores de cacao de las regiones de San Martín, Huánuco y Ucayali una aproximación exploratoria al modelo tecnológico de productividad en estas regiones. Lima, Perú, 13 noviembre 2017
- APPCACAO. (2016). Injertaciones en el cultivo de cacao. Desarrollo competitivo del cultivo de cacao con pequeños agricultores de la convención, Revisado el 17 de febrero del 2017.
- Arguello C., O. (2000). Variabilidad Morfoagronómica de 59 árboles élite de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Santander. CORPOICA. Bucaramanga, Colombia. 25-29. Recuperado de: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/21131?show=full>
- Ballesteros, W. (2011). Caracterización Morfológica de árboles elite de cacao (*Theobroma cacao*) en el municipio de Tumaco, Nariño , Colombia. Universidad de Nariño, Maestría en ciencias agrarias, 2011
- Batista, L. (2009). Guía técnica del cultivo del cacao. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal. Republica Dominicana.
- Bekele, FL., Bekele, I., Butler, DR. & Bidaisee, GG. (2006). Patterns of Morphological Variation in a Sample of Cacao (*Theobroma cacao* L.) Germplasm from the International Cocoa Genebank, Trinidad. Genetic Resources and Crop Evolution. 53: 933–948. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-004-6692-x>
- Casierra-Posada et al., 2017. Comparación de métodos directos e indirectos para la estimación del área foliar en duraznero (*Prunus persica*) y ciruelo (*Prunus salicina*).
- Castro (2015). Evaluación de la Fenología Reproductiva y Dinámica de Producción del Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN – 51, en el Distrito de Irazola. Tesis de Grado Universidad Nacional Intercultural de la selva. Recuperado de: <http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/90/1/TESIS.pdf>

- Cerrón G., G. (2012). Asistencia técnica dirigida en manejo integrado del cultivo de cacao. Universidad Nacional Agraria “La Molina” Agrobanco. Junín, Perú. 38 pp. Recuperado de: [https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/010-f-cacao\\_CULTIVOS\\_.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/010-f-cacao_CULTIVOS_.pdf)
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, MI. & Weigend, M. (2011). Hoja botánica: Cacao. Botconsult GmbH.Lima, Perú.2-20. Recuperado, de: [https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/185/BIV\\_01202.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/185/BIV_01202.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Duarte Hernández, D. (2014). Caracterización Morfo agronómica de 26 materiales regionales e introducidos de cacao (*Theobroma cacao L*) en San Vicente Chucuri, Santander. Tesis. Ing. A. CO. UFPS. 139 p.
- Engels, J., Bartley, B., Enriquez, G., (1980). Cocoa Descriptors, their states and modus operandi. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE. Costa Rica
- Farfán, F.; Arias, J.; Riaño, N. (2003). Desarrollo de una metodología para medir sombrero en sistemas agroforestales con café. Cenicafé 54. 24-30
- Fernández A., S & Fernández A., Y. (2016). Los aztecas y el uso del cacao como moneda. Banco Central de la República Argentina. Buenos Aires, Argentina. 11 pp. Recuperado de: <https://docplayer.es/33764007-Los-aztecas-y-el-uso-del-cacao-como-moneda.html>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO) (2020). Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- García C., LF. (2010). Catálogo de cultivares de cacao del Perú. 1 ed. Ministerio de Agricultura/DEVIDA. Lima, Perú. 112 pp. Recuperado de: [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manualesboletines/cacao/catalogo\\_cultivares\\_cacao.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manualesboletines/cacao/catalogo_cultivares_cacao.pdf).
- García C., LF. (2019). Caracterización y Clasificación fenética de 46 accesiones de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la colección internacional de la U.N.A.S., Tingo María. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Mejoramiento Genético de Plantas. Repositorio virtual de la Escuela de Postgrado Universidad Nacional Agraria “La Molina”. Lima, Perú. 131 pp. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4308/garcia-carrion-luis-fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Gómez et al., 2014. Paquete Tecnológico del Cacao fino de Aroma. Recuperado de:  
[https://vinculate.concytec.gob.pe/wp-content/files/Paquete Tecnológico Cultivo Cacao.pdf](https://vinculate.concytec.gob.pe/wp-content/files/Paquete_Tecnologico_Cultivo_Cacao.pdf)
- Gutiérrez-Hernandez, B. (2011). Estudio agromorfológico y fisicoquímico de los ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Izalco y Nahulingo, en el Departamento de Sonsonate en El Salvador
- Herrera et al., 2018. Determinación del índice de área foliar de *Cenchrus purpureus* vc. CT-115 mediante medidas en la cuarta hoja completamente abierta. Recogido de:  
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/837/83758178007/83758178007.pdf>.
- Henderson J.S., R.A. Joyce, G.R. Hall, W.J. Hurst & P.E. McGovern (2007) Chemical and archaeological evidence for the earliest cacao beverages. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Recuperado de: <https://doi.org/10.1073/pnas.0708815104>.
- Huaranca A., JC. (2019). Fases lunares y tipos de injertos en la propagación de cacao (*Theobroma cacao* L.), vivero Pichari Alta 620 msnm, Cusco, 2018. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agroforestal. Repositorio virtual de Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Recuperado de:  
[http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/3601/TESIS%20AF10\\_Hua.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/3601/TESIS%20AF10_Hua.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (1999). Manual Agrícola de los Principales cultivos de Ecuador. INIAP, Estación experimental Santa Catalina, Ecuador.
- Instituto Interamericano para la cooperación Agropecuaria (IICA). (2006). Protocolo Estandarizado de Oferta Tecnológica para el Cultivo de Cacao en el Perú. Lima, Perú
- Integrated Taxonomic Information System. (ITIS) (2020). Disponible en:  
[https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=505487#nul](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=505487#nul)
- Iturríos, 2017. <https://agraria.pe/noticias/peru-puede-duplicar-su-produccion-de-cacao-sin-14016>

- Julca-Otiniano et al., 2018. *Comportamiento de variedades brasileñas en el Banco de Germoplasma de café en San Ramón – Chanchamayo*. Grupo de Investigación Agricultura y Desarrollo Sustentable en el Trópico Peruano – Universidad Nacional Agraria La Molina <https://scielo.conicyt.cl/pdf/chjaasc/v34n3/0719-3890-chjaasc-00504.pdf>
- Lam Thi,V.H et al, 2016. Characterization of leaf, flower, and pod morphology among vietnamese cocoa varieties (*Theobroma cacao L.*)
- Lee et al., (2018). Estimation of Leaf Area in Paprika Based on Leaf Length, Leaf Width, and Node Number Using Regression Models and an Artificial Neural Network. Recolectado de: <https://www.hst-j.org/articles/xml/Rkyy/>
- López-Avilés W., Lovo L M. (2019) Caracterización morfoagronómica in situ de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) en el Cantón Cangrejera, municipio de Izalco, Departamento de Sonsonate, El Salvador.
- López C., YM., Cunias R., MY. & Carrasco V., YL. (2020). El cacao peruano y su impacto en la economía nacional. *Universidad y Sociedad*, 12(3), 344-352.
- Luque, A. (2020). Desempeño Exportador del Cacao en la Selva Central, a Partir de Cambios en los Factores de Calidad. Tesis para obtener el título de magister scientiae en agronegocios
- Martínez, J. (2007). Caracterización morfológica y molecular del cacao nacional boliviano y de selecciones élites del Alto Beni, Bolivia. Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) como requisito para optar por el grado de: Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica. 101 pp. Recuperado de: [https://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files\\_mf/julymartinez2007.pdf](https://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/julymartinez2007.pdf).
- Meng, Z., Duan, A., Chen, D., Bandara Dassanayake, K, Wang, X., Liu, Z., Liu, H. y Gao,S. (2017). *Suitable indicators using stem diameter variation – derived índices to monitor the water status on greenhouse tomato plants*. PLOS ONE. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0171423>
- Millan-Almaraz et al. (2009). Advantages and disadvantages on photosynthesis measurement techniques: A review

- Mixán V., E. (2014). Experiencia profesional adquirida en la empresa Negusa Corp S.A. – Lima, en el área de control de calidad para la elaboración de chocolate. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Iquitos, Perú. Recuperado de: <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/12/Tesis-completa.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). Análisis de la cadena productiva del cacao, con enfoque en los pequeños productores de limitado acceso al mercado. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria y Dirección General de Políticas Agrarias. Recuperado de: [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/ftaxonomia\\_plantas/f01-cultivo/2018/cadena\\_cacao\\_nov188.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/ftaxonomia_plantas/f01-cultivo/2018/cadena_cacao_nov188.pdf).
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). <https://www.gob.pe/institución/midagri/noticias/52030-minagri-en-el-peru-mas-de-100-mil-familias-se-dedican-al-cultivo-de-cacao-en-16-regiones>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). Observatorio de commodities: cacao. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria y Dirección General de Políticas Agrarias. Recuperado de: [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/economia/e71/commodities\\_cacao\\_jun19.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/economia/e71/commodities_cacao_jun19.pdf)
- Miranda, E., Sangama, E., & Flores, J. 2017. Evaluación del proceso de germinación de tres genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) para ser usado como patrón bajo las condiciones edafoclimáticas del distrito de Manantay-Ucayali-2015. Revista Tzhoecoen 9(2): 1-8.
- Monteiro WR., Lopes UV. & Clement D. (2009) Genetic Improvement in Cocoa. Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species. Springer, Nueva York, Estados Unidos. Recuperado de: [https://doi.org/10.1007/978-0-387-71201-7\\_16](https://doi.org/10.1007/978-0-387-71201-7_16)
- Motamayor et al., (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L) Recuperado de: Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L) - PubMed (nih.gov)
- Nazario I., OM. (2014). Polifenoles totales, antocianinas, capacidad antioxidante de granos secos y análisis sensorial del licor de cacao (*Theobroma cacao* L.) Criollo y siete genotipos. Para optar el título de Ingeniero en industrias alimentarias. Repositorio virtual de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

- Tingomaría, Perú. Recuperado de:  
<http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/315/FIA229.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Oblitas, J., (2015). Producción orgánica de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el valle del río Apurímac, Ene y Mantaro (VRAE). Trabajo monográfico para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Palacios, A., (2008). Establecimientos de Parámetros para diferenciar y valorizar el cacao (*Theobroma cacao*.L) Producido en dos zonas identificadas al norte y sur del litoral Ecuatoriano. Tesis de grado para obtener el título de ingeniero agrónomo. Universidad Técnica del Manabí-Ecuador.
- Palma, L. (2017). Niveles de Productividad y Rentabilidad del Cultivo de Cacao en la Región San Martín : 2000-2016. Trabajo académico para obtener el título de Economista
- Pasini, D & Mirjalili, V. 2006. The optimized shape of a leaf petiole. Department of Mechanical Engineering, McGill University, Montreal, Canada (en línea). Consultado 10 jun. 2021. Disponible: <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/DN06/DN06004FU1.pdf>
- Phillips Mora, W.; Arciniegas Leal, A.; Mata Quirós, A.; Motamayor Arias, J.C. 2012 Catalogo de Clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales [Catalog of cocoa clones selected by CATIE for commercial plantations] Serie técnica. Manual técnico Turrialba, Costa Rica. No. 105. 24 Recuperado de:  
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/610/61059020003/html/index.html>.
- Quiroz J., Soria J. (1994). Caracterización Fenotípica de Cacao Nacional de Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Ecuador.
- Restrepo Q., TI. & Urrego P., JE. (2018). Protocolo para la caracterización morfológica de árbol élite de cacao (*Theobroma cacao* L.). Compañía Nacional de Chocolates. Grupo Nutesa. Medellín, Colombia. 28 pp. Recuperado de:  
[https://www.chocolates.com.co/wpcontent/uploads/2018/12/Cartilla\\_Protocolo\\_Cacao-dic20\\_VFF.pdf](https://www.chocolates.com.co/wpcontent/uploads/2018/12/Cartilla_Protocolo_Cacao-dic20_VFF.pdf)
- Romero CA. & Urrego V., E. (2016). Estudio del cacao en el Perú y en el mundo. Ministerio de Agricultura/DEVIDA. Lima, Perú. 90 pp. Disponible en:  
<http://bibliotecavirtual.minagri.gob.pe/index.php/analisis->

economicos/estudios/2016/21-estudio-del-cacao-en-el-peru-y-en-el-mundo/file

Soto A., MG. (2019). Caracterización morfológica de 28 accesiones de cacao silvestre (*Theobroma cacao* L.) de las cuencas Santiago y Morona - Alto Amazonas. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Repositorio digital de la Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú. Recuperado de:

<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3491/AGRONOMIA%20%20Maricruz%20Gianella%20Soto%20Amacifuen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Talip *et al.* 2021. Talip, N. Cutler, D.F. Ahmad Puad. Ismail B.S. Ruzi, A.R. Ahmad Juhari. 2021. Importancia diagnóstica y sistemática de la anatomía del pecíolo en la identificación de especies de *Hopea* (Dipterocarpaceae) Consultado 30 jul. 2020. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629916300941#!>

Tsubo, M.; Walker, S. (2005). Relationships between photosynthetically active radiation and clearness index at Bloemfontein, South Africa. *Theoret. Appl. Climatol.* 80(1):17-25

Valla, JJ. (2004). Botánica. Morfología de las plantas superiores. Ed. Hemisferio Sur.

Valenzuela B., A. (2007). El Chocolate, un placer saludable. *Revista Chilena de Nutrición.* Santiago de Chile, Chile 34(3). Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182007000300001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182007000300001&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Zahidi *et al.*, 2013 Variability in leaf size and shape in three natural populations of *Argania spinosa* (L.) Skeels, Recolectado de: <http://www.ijcrar.com/vol-3/A.Zahidi,%20et%20al.pdf>

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: DATA RUN

R version 4.1.2 (2021-11-01) -- "Bird Hippie"

library(tidyverse)

library(ggpubr)

library(rstatix)

#longitud de hoja

# A tibble: 1 x 6

```
.y.      n statistic  df    p method
* <chr> <int>  <dbl> <int> <dbl> <chr>
1 lon   34    10.3   4 0.0351 Kruskal-Wallis
```

# A tibble: 10 x 9

```
.y. group1 group2  n1  n2 statistic    p p.adj p.adj.signif
* <chr> <chr> <chr> <int> <int>  <dbl> <dbl> <dbl> <chr>
1 lon  1    2      8   8 -0.151 0.880 1    ns
2 lon  1    3      8   8  1.13 0.258 1    ns
3 lon  1    4      8   6 -1.95 0.0508 0.508 ns
4 lon  1    5      8   4 -1.11 0.268 1    ns
5 lon  2    3      8   8  1.28 0.200 1    ns
6 lon  2    4      8   6 -1.81 0.0698 0.698 ns
7 lon  2    5      8   4 -0.984 0.325 1    ns
8 lon  3    4      8   6 -3.00 0.00271 0.0271 *
9 lon  3    5      8   4 -2.03 0.0424 0.424 ns
10 lon 4    5      6   4  0.584 0.560 1    ns
```

#ancho hoja

# A tibble: 1 x 6

```
.y.      n statistic  df    p method
* <chr> <int>  <dbl> <int> <dbl> <chr>
1 an   34    7.26   4 0.123 Kruskal-Wallis
```

#LBA

# A tibble: 1 x 6

```
.y.      n statistic  df    p method
* <chr> <int>  <dbl> <int> <dbl> <chr>
1 lba   34    7.11   4 0.13 Kruskal-Wallis
```

```
# longitud peciolo
```

```
# A tibble: 1 x 6
```

```
.y.    n statistic  df    p method  
* <chr> <int>  <dbl> <int> <dbl> <chr>  
1 lp    34    3.16   4 0.532 Kruskal-Wallis
```

```
#relacion largo/ancho
```

```
# A tibble: 1 x 6
```

```
.y.    n statistic  df    p method  
* <chr> <int>  <dbl> <int> <dbl> <chr>  
1 rela  34    5.84   4 0.211 Kruskal-Wallis
```

```
#diámetro de tallo
```

```
# A tibble: 1 x 6
```

```
.y.    n statistic  df    p method  
* <chr> <int>  <dbl> <int> <dbl> <chr>  
1 dia   34    15.9   4 0.00316 Kruskal-Wallis
```

```
# A tibble: 10 x 9
```

```
.y. group1 group2  n1  n2 statistic    p p.adj p.adj.signif  
* <chr> <chr> <chr> <int> <int>  <dbl> <dbl> <dbl> <chr>  
1 dia  1    2      8   8  0.202 0.840 1    ns  
2 dia  1    3      8   8  0.252 0.801 1    ns  
3 dia  1    4      8   6 -2.13 0.0328 0.328 ns  
4 dia  1    5      8   4 -2.82 0.00475 0.0475 *  
5 dia  2    3      8   8  0.0505 0.960 1    ns  
6 dia  2    4      8   6 -2.32 0.0203 0.203 ns  
  
7 dia  2    5      8   4 -2.99 0.00280 0.0280 *  
8 dia  3    4      8   6 -2.37 0.0179 0.179 ns  
9 dia  3    5      8   4 -3.03 0.00245 0.0245 *  
10 dia 4    5      6   4 -0.893 0.372 1    ns
```

```
#altura de planta
```

```
# A tibble: 1 x 6
```

```
.y.    n statistic  df    p method  
* <chr> <int>  <dbl> <int> <dbl> <chr>  
1 alt   34    15.9   4 0.00311 Kruskal-Wallis
```

```
# A tibble: 10 x 9
```

```
.y. group1 group2  n1  n2 statistic    p p.adj p.adj.signif  
* <chr> <chr> <chr> <int> <int>  <dbl> <dbl> <dbl> <chr>  
1 alt  1    2      8   8 -0.176 0.860 1    ns  
2 alt  1    3      8   8  1.36 0.175 1    ns
```

3 alt	1	4	8	6	-1.72	0.0845	0.845	ns
4 alt	1	5	8	4	-2.35	0.0189	0.189	ns
5 alt	2	3	8	8	1.53	0.125	1	ns
6 alt	2	4	8	6	-1.56	0.118	1	ns
7 alt	2	5	8	4	-2.20	0.0275	0.275	ns
8 alt	3	4	8	6	-2.98	0.00288	0.0288	*
9 alt	3	5	8	4	-3.46	0.000548	0.00548	**
10 alt	4	5	6	4	-0.785	0.433	1	ns

#numero hojas

# A tibble: 1 x 6

.y.	n	statistic	df	p	method
* <chr>	<int>	<dbl>	<int>	<dbl>	<chr>
1 nh	34	13.2	4	0.0103	Kruskal-Wallis

# A tibble: 10 x 9

.y.	group1	group2	n1	n2	statistic	p	p.adj	p.adj.signif
* <chr>	<chr>	<chr>	<int>	<int>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<chr>
1 nh	1	2	8	8	-0.427	0.669	1	ns
2 nh	1	3	8	8	0.352	0.725	1	ns
3 nh	1	4	8	6	-2.25	0.0246	0.246	ns
4 nh	1	5	8	4	-2.48	0.0131	0.131	ns
5 nh	2	3	8	8	0.779	0.436	1	ns
6 nh	2	4	8	6	-1.85	0.0640	0.640	ns
7 nh	2	5	8	4	-2.13	0.0329	0.329	ns
8 nh	3	4	8	6	-2.57	0.0101	0.101	ns
9 nh	3	5	8	4	-2.77	0.00563	0.0563	ns
10 nh	4	5	6	4	-0.473	0.636	1	ns

#numero brotes

# A tibble: 1 x 6

.y.	n	statistic	df	p	method
* <chr>	<int>	<dbl>	<int>	<dbl>	<chr>
1 nb	34	6.70	4	0.153	Kruskal-Wallis

#peso fresco

# A tibble: 1 x 6

.y.	n	statistic	df	p	method
* <chr>	<int>	<dbl>	<int>	<dbl>	<chr>
1 pf	34	8.43	4	0.077	Kruskal-Wallis

#peso seco

# A tibble: 1 x 6

.y.	n	statistic	df	p	method
* <chr>	<int>	<dbl>	<int>	<dbl>	<chr>
1 ps	34	6.06	4	0.195	Kruskal-Wallis

## Anexo 2: Guía para la toma de datos en campo

### Datos de Colecta:

Nombre del recolector: \_\_\_\_\_

Fecha de recolección: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_ Provincia: \_\_\_\_\_ Distrito: \_\_\_\_\_

Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_ msnm: \_\_\_\_\_

Área total de la finca (Ha/m<sup>2</sup>): \_\_\_\_\_ Área con cacao (Ha/m<sup>2</sup>) \_\_\_\_\_

Edad de la plantación \_\_\_\_\_ Nombre de la finca/Parcela: \_\_\_\_\_

### Anexo 3: Caracterización Morfoagronómica

Arquitectura del tallo	Valor asignado
Erecto	
Intermedio	
Penduloso	
Vigor del árbol	Valor asignado
Débil	
Intermedio	
Vigoroso	
Forma de ramificación	Valor asignado
Simple	
Intermedia	
Verticilada	
Numero de chupones/árbol	
Diámetro de la altura al pecho	
Altura del árbol	
Numero de mazorcas	

### Hojas (10 hojas por planta)

Forma de la hoja	Numero de hojas por árbol										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
Longitud (cm)											
Ancho (cm)											
Forma de la base foliar											
Aguda											
Obtusa											
Redondeada											
Ápice de las hojas											
Acuminado											
Apiculado											
Agudo											
Color de brotes tiernos/terminales											
Verde claro											
Verde oscuro											
Marron											
Rojo claro											
Rojo medio											
Rojo oscuro											
Pubescencia en brotes y ramas											
Ausente											
Intermedia											
Abundante											



**Anexo 4: Formas de las hojas de los genotipos en estudio; A) VRAE 99, B) Pound 12, C) Pound 7, D) ICS 6, E) ICS 39**



**Anexo 5: Señalización de genotipos al inicio del experimento, Noviembre 2020. A)**

**VRAE 99, B) Pound 12, C) Pound 7, D) ICS 6, E) ICS 39**



**Anexo 6: Principales problemáticas con la parcela. A) Falta de agua durante meses cálidos; B) Brotes atacados por hormigas; C) Defoliación parcial por hormigas; D) Quemado de brote previo al análisis del experimento (posteriormente algunos individuos rebrotaron); E) Caída de árboles y ramas de *Inga edulis* sobre la parcela experimental.**



**Anexo 7: Problemática con ICS 6: A) Manchas foliares color café en hojas desarrolladas (1 individuo); B) Plantas de porte bajo; C) Rebrote tardío; D) Vista general del individuo**



**Anexo 8: Desarrollo de VRAE 99 en la parcela experimental (Fotos A-F); G) Brotes que formarán la horqueta.**



**Anexo 9: Desarrollo de Pound 12 en la parcela experimental (Fotos A-F); G)**

**Formación de nuevos brotes; H) Detalle de nuevas hojas.**



**Anexo 10: Desarrollo de Pound 7 en la parcela experimental.**



**Anexo 11: Detalle pubescencia y pigmentación rama POUND 7**



**Anexo 12: Desarrollo de ICS 6 en parcela experimental (Fotos A-E); F) Rebrote**



**Anexo 13: Desarrollo de ICS 39 en la parcela experimental (A-E); F) Coloración de brotes y pigmentación de ramas**



**Anexo 14: Detalle de pigmentación y pubescencia en brotes de ICS 39**

**Anexo 15: Distribución de los genotipos en la parcela experimental.**

PACAE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	PACAE
	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	
	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	
	VRAE 99			X	X	X	X	X	X	X	
			POUND 7		POUND 12		ICS 6		ICS 39		

FUENTE: Elaboración propia

Nota: Los puntos marcados con X indican los individuos por tratamiento, mientras que los espacios vacíos indican ausencia