



## **UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente**

**Carrera de Agronomía**

**Tema:**

DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L)  
CLON BOLA, FECUNDADO MEDIANTE HIBRIDACIÓN Y  
AUTOPOLINIZACIÓN, EN EL RECINTO MATA DE CACAO.

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero/a Agrónomo otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía.

**Autores:**

Lema Cuji Fabián Enrique

Sánchez Places Bella Elizabeth

**Tutor:**

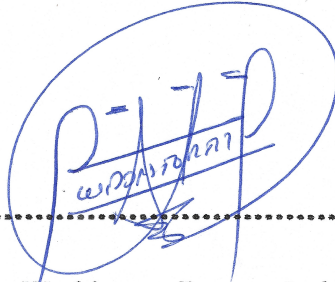
Ing. Jorge Washington Donato Ortiz. M.Sc.

**Guaranda – Ecuador**

**2024**


DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.)  
CLON BOLA, FECUNDADO MEDIANTE HIBRIDACIÓN Y  
AUTOPOLINIZACIÓN, EN EL RECINTO MATA DE CACAO.

**REVISADO Y APROBADO POR:**



Ing. Jorge Washington Donato Ortiz M.Sc.

**TUTOR**



Ing. Sonia Fierro Borja Mg.

**DOCENTE LECTOR**



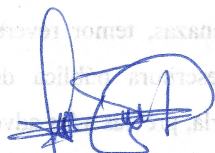
Ing. Marcelo Remigio Rojas Arellano M.Sc.

**DOCENTE LECTOR**

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Lema Cuji Fabián Enrique con CI: 020191287-0 y Sánchez Places Bella Elizabeth con CI: 020250965-9, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

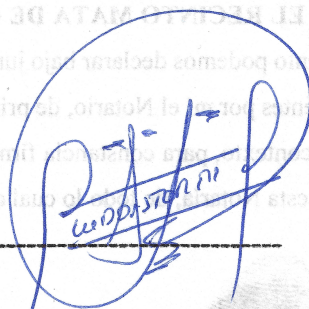
La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



**Lema Cuji Fabián Enrique**  
Autor  
CI: 020191287-0



**Sánchez Places Bella Elizabeth**  
Autora  
CI: 020250965-9



**Ing. Jorge Washington Donato Ortiz. M.Sc.**

Tutor  
CI:180196455-0

**AB. DANILO SANCHEZ HUILCA**



2024-02-05-001P00476

**DECLARACIÓN JURAMENTADA**

OTORGADO POR: FABIAN ENRIQUE LEMA CUJI y BELLA ELIZABETH SANCHEZ PLACES

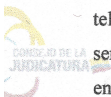
CUANTÍA:

INDETERMINADA  
COPIA/S

DI:

2

En el Cantón San Miguel, Provincia de Bolívar, República del Ecuador, hoy día jueves nueve de mayo del año dos mil veinticuatro. Ante mí, **ABOGADO FLAVIO DANILO SÁNCHEZ HUILCA**, Notario Público Primero de este Cantón, comparece el señor: FABIAN ENRIQUE LEMA CUJI, de estado civil soltero, de ocupación estudiante, domiciliado en la Calle Pichincha y Diez de Enero, del Cantón San Miguel, Provincia de Bolívar, con teléfono número: cero nueve ocho uno nueve cuatro cuatro nueve siete nueve, por sus propios derechos; y, la señorita: BELLA ELIZABETH SANCHEZ PLACES, de estado civil soltera, de ocupación estudiante, domiciliada en el Recinto San Pedro de Guayabal, del Cantón Chillanes, Provincia de Bolívar, encontrándose de tránsito por esta ciudad, con teléfono número: cero nueve siete ocho siete cinco ocho cero cero seis, por sus propios derechos; y, a pedido expreso de los comparecientes se incorpora a la presente escritura pública, copia certificada de su cédula de ciudadanía y papeleta de votación vigente. Los comparecientes manifiestan ser mayores de edad, de nacionalidad ecuatoriana, legalmente capaces para obligarse y contratar, a quienes de conocerles doy fe; en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación, advertidos los comparecientes por mí el Notario de los efectos y resultados de esta declaración; así como examinados que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta declaración sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción, manifiestan que para la celebración de la presente escritura pública de **DECLARACIÓN JURAMENTADA**, que en forma libre y voluntaria tienen a bien hacerla, previas a las advertencias de las penas del perjurio y la gravedad de su declaración, previo conocimiento que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud, bajo juramento manifiestan que: Nosotros, FABIAN ENRIQUE LEMA CUJI, con cédula de ciudadanía número: cero dos cero uno nueve uno dos ocho siete cero; y, BELLA ELIZABETH SANCHEZ PLACES, con cédula de ciudadanía número: cero dos cero dos cinco cero nueve seis cinco nueve, manifestamos que los criterios e ideas emitidas en el presente Proyecto de Investigación **DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CACAO (*theobroma cacao* L) CLON BOLA, FECUNDADO MEDIANTE HIBRIDACIÓN Y AUTOPOLINIZACIÓN, EN EL RECINTO MATA DE CACAO**, es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de Autores. Es todo cuanto podemos declarar bajo juramento y en honor a la verdad. Leída que les fue esta su declaración a los comparecientes por mí el Notario, de principio a fin, en alta y clara voz, aquellos la aprueban, se afirman y se ratifican en su contexto, para constancia firman conmigo el Notario en unidad de acto, quedando incorporado en el protocolo de esta Notaría, de todo lo cual doy fe.



*[Handwritten signature]*

FABIAN ENRIQUE LEMA CUJI

C.C. 0201912870



*[Handwritten signature]*

BELLA ELIZABETH SANCHEZ PLACES

C.C. 0202509659



AB. FLAVIO DANILO SÁNCHEZ HUILCA  
NOTARIO PRIMERO DEL CANTÓN SAN MIGUEL

*[Large handwritten signature]*



*[Handwritten initials]*

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS\_FINAL\_HIBRIDOS I.docx

AUTOR

Lema Cuji y Sánchez Places

RECUENTO DE PALABRAS

13295 Words

RECUENTO DE CARACTERES

70393 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

80 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

9.3MB

FECHA DE ENTREGA

May 9, 2024 4:43 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

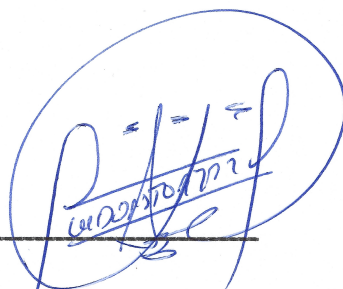
May 9, 2024 4:47 PM GMT-5

● **6% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 6% Base de datos de Internet
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados

Resumen



Ing. JORGE WASHINGTON DONATO ORTIZ. M.Sc.

**TUTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, quienes siempre han sido mi fuente inagotable de inspiración. A mi familia, por su aliento durante esta ardua travesía académica. A mis profesores y mentores, por su invaluable guía y enseñanzas que han moldeado mi desarrollo intelectual. A todos aquellos que de alguna manera han contribuido a mi formación, este logro también les pertenece.

**Fabián**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a Dios por guiarme y darme la fortaleza, sabiduría e inteligencia hasta este momento de mi vida. A mis padres Janeth Places e Hidalgo Sánchez por darme su amor y ser la fuente de inspiración que me alentó a superarme día a día hasta culminar mis estudios universitarios, a mi novio Jordy Chango por ser un ejemplo de fortaleza a seguir, e inculcarme buenos valores y darme su apoyo incondicional en todo momento, a mis hermanos gemelos, Josué, Hidalgo y Germán por ser un pilar fundamental en mi formación profesional a mis primas Magaly, Aracely siempre conté con su confianza y apoyo incondicional.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí. A todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis.

**Bella**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos día a día las bendiciones y bondades que nos otorga Dios, una de ellas es permitirnos ver claramente hasta el punto de cumplir nuestras metas y seguir adelante.

A nuestros Padres y hermanos por sus consejos de vida que nos brindan al haber nuestros alcances para formarnos como excelentes personas, les agradecemos de todo corazón la confianza que han depositado en nosotros ya que este es un gran logro en nuestras vidas.

Nuestro más profundo agradecimiento a nuestro tutor, Ing. Jorge Washington Donato Ortiz. MSc, por su orientación y apoyo invaluable en la culminación exitosa del Proyecto de Titulación.

También un agradecimiento al ingeniero David Silva Mg. y Kleber Espinoza Mora Mg. miembros de la Unidad de Integración Curricular, a los docentes lectores de nuestro proyecto a la Ing. Sonia Fierro Borja Mg. y al Ing. Marcelo Rojas Arellano M.Sc. por el apoyo y los aportes en nuestra investigación.

¡A todos ellos, les agradecemos profundamente por sus invaluable contribuciones!

**Fabián & Bella**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PAG.
CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. PROBLEMA .....	3
1.3. OBJETIVOS .....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivo Específicos .....	4
1.4. HIPÓTESIS.....	5
CAPÍTULO II .....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Origen.....	6
2.2. Taxonomía .....	6
2.3. Genotipos de cacao en el mundo.....	6
2.3.1 Grupos de cacao forasteros .....	7
2.3.2 Grupo de cacao trinitario.....	7
2.3.3 Cacao nacional .....	7
2.4. Descripción botánica.....	8
2.5. Requerimientos climáticos del cacao .....	9
2.6. Producción.....	9
2.7. Enfermedades del cultivo.....	10
2.7.1 Monilla ( <i>Moniliophthora roreri</i> ).....	10
2.8. Origen del cacao JA- Bola-2003 .....	11
2.9. Adaptación.....	11
2.10. Ficha técnica del JA-Bola-2003 .....	11
2.11. Biología del cacao .....	14
2.12. Fenología de la flor .....	14
2.12.1 Floración .....	14
2.12.2 Cuajado .....	14
2.12.3 Madurez.....	15
2.13. Morfología del fruto .....	15

2.13.1 Color del fruto .....	15
2.13.2 Cáscaron de cacao .....	16
2.13.3 Mucílago .....	16
2.13.4 Cascarilla del grano de cacao .....	16
2.14. Mejoramiento genético.....	16
2.15. Técnicas de hibridación.....	17
2.15.1 Hibridación intraespecífica .....	17
2.15.2 Hibridación interespecífica .....	17
2.15.3 Retrocruzamiento (cross-back) .....	17
2.16. Autopolinización .....	18
CAPÍTULO III .....	19
3. MARCO METODOLÓGICO .....	19
3.1. Ubicación de la investigación .....	19
• Localización de la investigación .....	19
• Situación geográfica y edafoclimática .....	19
• Zona de vida .....	19
3.2. Metodología .....	20
3.2.1 Material experimental .....	20
3.2.2 Factores en estudio .....	20
3.2.3 Tratamientos .....	20
3.2.4 Tipo de diseño estadístico .....	20
3.2.5 Manejo del experimento.....	20
• Distribución de la unidad experimental .....	20
• Identificación de plantas evaluadas.....	21
• Mazorcas identificadas.....	21
• Control de malezas .....	21
• Poda fitosanitaria.....	21
• Poda de mantenimiento .....	21
• Control de plagas.....	21
• Control de enfermedades.....	22
• Fertilización.....	22
• Cosecha .....	22
	IX

• Extracción de almendras .....	22
• Fermentación.....	22
• Secado .....	22
3.2.6 Métodos de evaluación (Variables respuesta) .....	23
• Longitud de mazorca (LM) .....	23
• Diámetro de mazorca (DM) .....	23
• Ancho de la semilla (AS) .....	23
• Largo de la semilla (LS).....	23
• Número de semillas vanas (NSV).....	23
• Número de mazorcas cosechadas (NMC).....	23
• Incidencia de monilla en mazorca (IMM).....	24
• Semillas por mazorca (SM).....	24
• Espesor del caballete (EC) .....	24
• Profundidad del surco (PS) .....	24
• Índice de semilla (IS) .....	24
• Índice de mazorcas (IM) .....	25
• Peso de la semilla húmeda con pulpa y testa (PSH) .....	25
• Peso de semilla seca (PS).....	25
• Rendimiento (Kg/ha).....	25
3.2.7 Tipos de análisis .....	25
CAPÍTULO IV .....	26
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
4.1.1 Variables agronómicas .....	26
4.1.2 Variables productivas .....	37
4.1.3 Análisis de correlación y regresión lineal .....	43
4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS .....	44
CAPÍTULO V .....	45
5.1. CONCLUSIONES .....	45
5.2. RECOMENDACIONES .....	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Detalle	Pag.
1	Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a las variables: Longitud de mazorca (LM), Diámetro de mazorca (DM), Ancho de la semilla (AS), Largo de la semilla (LS), Número de semillas vanas (NSV), Número de mazorcas cosechadas (NMC), Incidencia de monilla en mazorca (IMM), Semillas por mazorca (SM), Espesor del caballete (EC), y Profundidad del surco (PS).	26
2	Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a las variables: Peso de la semilla húmeda con pulpa y testa (PSH), Índice de semilla (IS), Índice de mazorcas (IM), Peso de semilla seca (PS) y Rendimiento (Kg/ha).	37
3	Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de la variable independiente (Xs) que tuvieron una estrechez significativa sobre componentes de rendimiento del cultivo de cacao Clon Bola (variable dependiente Y) de las hibridación y autopolinización.	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Nº</b>	<b>Detalle</b>	<b>Pag.</b>
1	Promedios de longitud de mazorca (LM), de las hibridaciones y autopolinizaciones.	27
2	Promedios del diámetro de mazorca (DM), de las hibridaciones y autopolinizaciones.	28
3	Promedios ancho de la semilla (AS), de las hibridaciones y autopolinizaciones.	29
4	Promedios para largo de la semilla (LS), de las hibridaciones y autopolinizaciones.	30
5	Promedios de número de semillas vanas (NSV), de las hibridaciones y autopolinizaciones.	31
6	Promedios para número de mazorcas cosechadas (NMC), de las hibridaciones y autopolinizaciones.	32
7	Promedios para incidencia de monilla en mazorca (IMM), de las hibridaciones y autopolinizaciones.	33
8	Promedios para semilla por mazorca (SM), de las hibridaciones y autopolinizaciones.	34
9	Promedios para espesor del caballete (EC), de las hibridaciones y autopolinizaciones.	35
10	Promedios para profundidad del surco (PS), de las hibridaciones y autopolinizaciones.	36
11	Promedios para peso de la semilla húmeda con pulpa y testa (PSH), de las hibridaciones y autopolinizaciones.	38
12	Promedios para índice de semilla (IS), de las hibridaciones y autopolinizaciones.	39
13	Promedios para índice de mazorcas (IM), de las hibridaciones y autopolinizaciones.	40
14	Promedios para peso de semilla seca (PS) de las hibridaciones y autopolinizaciones.	41
15	Promedios para rendimiento (Kg/ha) de las hibridaciones y autopolinizaciones.	42

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Nº</b>	<b>Detalle</b>
1	Mapa de la ubicación del ensayo
2	Croquis del ensayo
3	Base de datos de las variables agronómicas evaluadas
4	Fotografías
5	Glosario de términos técnicos

## RESUMEN

En los últimos años se ha observado una disminución de la productividad debido al tamaño de la mazorca, espesor del caballete y número de semillas vanas que influye directamente en la cantidad de cacao producido por hectárea, que provocan la pérdida de un 5 a 10%, dependiendo del nivel de incompatibilidad del material genético en la localidad de Mata de Cacao. En la investigación realizada, se determinó el rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L) Clon Bola, fecundado mediante hibridación y autopolinización, en el recinto Mata de Cacao. Los objetivos planteados fueron: I) Identificar las diferencias fenotípicas entre los frutos obtenidos por hibridación y autopolinización. II) Determinar el rendimiento del cacao Clon Bola fecundado bajo hibridación y autopolinización. Los tratamientos en estudio fueron: T1 Clon Bola + CCN51, T2 Clon Bola + INIAP - EETP – 800, T3 Clon Bola + JHVH 10, T4 Clon Bola + FA-2003 y T5 Autopolinizaciones. Se utilizó una estadística descriptiva. El tipo de análisis, prueba de Fisher al 5%, prueba de Tuckey al 5% y análisis de correlación y regresión lineal. Se evaluó las variables: Longitud de mazorca (LM), Diámetro de mazorca (DM), Ancho de la semilla (AS), Largo de la semilla (LS), Número de semillas vanas (NSV), Número de mazorcas cosechadas (NMC), Incidencia de monilla en mazorca (IMM), Semillas por mazorca (GM), Espesor del caballete (EC), Profundidad del surco (PS), Peso de la semilla húmeda con pulpa y testa (PSH), Índice de semilla (IS), Índice de mazorcas (IM), Peso de semilla seca (PS) y Rendimiento (Kg/ha). De acuerdo a los resultados obtenidos indican que los híbridos T1, T3 y T4 presentan una menor incidencia de semillas vanas, que contribuyen a mejorar la calidad y el valor comercial del producto final. Además sobresalen en términos de semilla por mazorca y registran el mayor promedio de peso de semilla seca y de rendimiento, estos tratamientos sobresalen para el programa de mejora genética llevado por la Asociación de Productores San Gabriel (ASGB).

**Palabras claves:** Cruzamiento, Hibridación, Autopolinización, Rendimiento

## SUMMARY

In recent years, a decrease in production has been observed due to the size of the pod, thickness of the ridge and number of empty seeds, which directly influences the amount of cocoa produced per hectare, causing a loss of 5 to 10%. depending on the level of incompatibility of the genetic material in the town of Mata de Cacao. In the research carried out, the yield of cocoa (*Theobroma cacao* L) Clone Bola, fertilized through hybridization and self-pollination, in the Mata de Cacao enclosure was determined. The objectives set were: I) Identify the phenotypic differences between the fruits obtained by hybridization and self-pollination. II) Determine the yield of Clone Bola cocoa fertilized under hybridization and self-pollination. The treatments under study were: T1 Bola Clone + CCN51, T2 Bola Clone + INIAP - EETP – 800, T3 Bola Clone + JHVH 10, T4 Bola Clone + FA-2003 and T5 Self-pollinations. Descriptive statistics were used. The type of analysis, Fisher's test at 5%, Tuckey's test at 5% and correlation and linear regression analysis. The variables were evaluated: Ear length (LM), Ear diameter (DM), Seed width (AS), Seed length (LS), Number of empty seeds (NSV), Number of harvested ears (NMC), Incidence of monilla on cob (IMM), Grains per cob (GM), Ridge thickness (EC), Furrow depth (PS), Weight of wet seed with pulp and testa (PSH), Seed index (IS), Ear index (IM), Dry seed weight (PS) and Yield (Kg/ha). According to the results obtained, they indicate that T1, T3 and T4 hybrids have a lower incidence of wasted seeds, which contribute to improving the quality and commercial value of the final product. They also stand out in terms of grains per ear and record the highest average dry seed weight and yield. These treatments stand out for the genetic improvement program carried out by the San Gabriel Producers Association (ASGB).

**Keywords:** Crossing, Hybridization, Self-pollination, Yield

# CAPÍTULO I

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El cacao es fundamental a nivel global y se utiliza en la elaboración de chocolate y diversos productos. La producción mundial de cacao alcanzó aproximadamente 4.8 millones de toneladas métricas anuales en el año 2022. Los principales países productores de cacao a nivel mundial son: Costa de Marfil representando un 40%, Ghana, Indonesia y Camerún el 20%, que en conjunto representan gran parte de la producción mundial. En América Latina, los países productores son: Ecuador representando la mayor producción de América con un 15 %, Brasil, Perú y República Dominicana con el 25% (Orozco, 2020).

Ecuador es conocido como uno de los principales productores de cacao a nivel mundial. Las principales provincias productoras de cacao son: Esmeraldas, Guayas, Manabí, Sucumbíos, Los Ríos y una pequeña parte del subtrópico de Bolívar. Estas regiones destacan por su clima propicio y condiciones ideales para el cultivo de cacao, lo que ha llevado a que Ecuador sea conocido por producir variedades de cacao de alta calidad, Arriba Nacional y el CCN-51, alcanzando una producción, aproximadamente, 249000 toneladas métricas anuales (Azpeitia, 2018).

La Provincia de Los Ríos produce alrededor de 38000 Tn/año, la mayor parte el Cantón Babahoyo, la combinación de factores como el clima, el suelo adecuado y las prácticas agrícolas cuidadosas ha permitido que esta región sea reconocida por producir cacao fino de aroma, apreciado por su sabor distintivo y características únicas (Ramos, 2019).

El rendimiento promedio en la parroquia Mata de Cacao se sitúa en 1346 kg/ha, cifra que refleja la presencia de diversos desafíos que afectan al cultivo de cacao, entre ellas, las características físicas de la mazorca como: tamaño de la mazorca, índice de semilla, semillas vanas y otras características. Estas variables afectan diversos aspectos, desde el rendimiento de la cosecha hasta la calidad organoléptica del chocolate (Borja, 2019).

Para mejorar las características físicas de la mazorca el método más utilizado es la polinización controlada, es posible seleccionar las variedades que tienen características deseadas, resistentes a enfermedades, de mayor productividad y calidad del grano (Dessauw, 2021).

La compatibilidad en el cacao es esencial para asegurar la polinización adecuada, reducir el riesgo de enfermedades, combinar características deseables, aumentar el rendimiento y la estabilidad de la producción, así como mantener la diversidad genética (Meza, 2018).

La hibridación en el cacao es una herramienta valiosa en el ámbito del mejoramiento genético, permitiendo el desarrollo de variedades con características mejoradas en términos de resistencia, productividad y calidad organoléptica. Estos avances no solo impactan positivamente en la industria chocolatera, sino que también contribuye a la sostenibilidad y estabilidad a largo plazo de la producción de cacao a nivel mundial y nacional (Gaibor, 2018).

La autopolinización es un mecanismo importante para mantener la uniformidad genética en poblaciones de cacao. Sin embargo, también lleva a una reducción de la variabilidad genética, lo que ocasiona que la planta sea susceptible a enfermedades o condiciones ambientales desfavorables (Ríos, 2018).

## 1.2. PROBLEMA

La producción de cacao en Ecuador en los últimos años, ha experimentado notable disminución debido a diversos factores como el gran impacto de enfermedades y plagas, así como las características físicas desfavorables de la mazorca, lo que influye en el rendimiento.

El tamaño del fruto de la mazorca está relacionado directamente con la cantidad de cacao producido por hectárea, considerando que el tamaño indica mayor o menor cantidad de semillas, además está relacionado con el tamaño de la semilla y espesor del caballete, incluso se debe tener en cuenta las semillas vanas por mazorca que provocan una pérdida del 5 al 10%, dependiendo del nivel de compatibilidad del material genético.

En la provincia de los Ríos, reportan pérdidas que superan el 10% de la producción de cacao por la cantidad de semillas no fecundadas (Vanas) y semillas pequeñas con poco peso, equivalente a 1000 toneladas de cacao anuales, representando una merma económica de aproximadamente 200 mil dólares.

Actualmente, el Clon Bola de ascendencia Nacional ubicado en la localidad de Mata de Cacao, una vez que sean realizado los cruzamientos dialélicos incompletos, presentan habilidad combinatoria general con excelentes capacidades de cruzamientos con los clones como él; CCN51; FA – 2003; INIAP – 800 y JHVH – 10, por ello se busca determinar si el material obtenido por hibridación posee mayor rendimiento que las autopolinizaciones, para seleccionar el mejor material para el programa de mejora genética de la Asociación de Productores San Gabriel (ASGB).

Por lo tanto, la importancia de esta investigación, radica en poder brindar una alternativa a los agricultores para mejorar el rendimiento de la zona con un nuevo material genético de cacao, mediante la comparación de los componentes de rendimiento de los cruces y autopolinización.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar el rendimiento del cacao Clon Bola, fecundado mediante hibridación y autopolinización.

#### **1.3.2 Objetivo Específicos**

- Identificar las diferencias fenotípicas entre los frutos obtenidos por hibridación y autopolinización.
- Determinar el rendimiento del cacao Clon Bola fecundado bajo hibridación y autopolinización.

#### **1.4. HIPÓTESIS**

**H<sub>0</sub>.** El rendimiento del cultivo de cacao Clon Bola no depende de la hibridación y autopolinización.

**H<sub>a</sub>.** El rendimiento del cultivo de cacao Clon Bola depende de la hibridación y autopolinización.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Origen

El origen del cacao se remonta a la región amazónica de América del Sur, específicamente en Colombia, Ecuador y Perú, cuenta con una historia sumamente rica y fascinante. La domesticación de esta planta se atribuye inicialmente al pueblo olmeca de México, quienes llevaron a cabo este proceso hace aproximadamente 3000 años. Con el tiempo, las civilizaciones Mayas y Aztecas también adoptaron el cacao, incorporándolo en sus prácticas ceremoniales y medicinales. Este camino histórico revela la valiosa contribución de diversas culturas al desarrollo y difusión del cacao en la América precolombina (Freire, 2018).

#### 2.2. Taxonomía

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Subreino</b>	Tracheobionta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Malvales
<b>Familia:</b>	Sterculiaceae
<b>Género:</b>	Theobroma
<b>Especie:</b>	cacao
<b>Nombre Científico:</b>	<i>Theobroma cacao L.</i>

(Machado, 2020)

#### 2.3. Genotipos de cacao en el mundo

Las poblaciones de cacao provenientes de la Amazonía han sido denominadas Forastero. Los tipos criollos y forasteros han sido considerados como dos subespecies distintas y se pensó que eran originarias de Centro y Sur América,

respectivamente. Un tercer grupo fue identificado como Trinitario y fue descrito como híbrido entre criollo y forastero (Cunin & García, 2022).

### **2.3.1 Grupos de cacao forasteros**

Es una variedad de cacao reconocida por su notable rendimiento y su resistencia a enfermedades, lo que la convierte en una de las variedades más ampliamente cultivadas en todo el mundo. Los árboles de cacao forastero se destacan por su altura y robustez, y los granos que produce tienden a ser redondos, caracterizados por un sabor más amargo en comparación con otras variedades de cacao (Dorantes, 2019).

### **2.3.2 Grupo de cacao trinitario**

Se trata de un híbrido resultado del cruce entre las variedades criollo y forastero. Este grupo, conocido como Trinitario, destaca por su excepcional calidad y sabor, lo que ha llevado a su amplio cultivo en numerosos países productores de cacao. Originado en Trinidad y Tobago, el nombre "Trinitario" hace referencia específica a la isla de Trinidad, donde este tipo de cacao se desarrolló. Su reputación por combinar las mejores características de las variedades criollo y forastero ha contribuido significativamente a su reconocimiento y demanda en la industria cacaotera internacional (Baudilio, 2020).

### **2.3.3 Cacao nacional**

Originario del Ecuador, tiene su hábitat natural en las laderas de la cordillera oriental de los Andes, ubicada en la cuenca amazónica. Mantuvo su exclusividad hasta 1890, año en el que se inició la introducción de material genético proveniente de Venezuela de origen trinitario. Este evento marcó un cambio en la diversidad genética del cacao ecuatoriano, fusionando las características únicas de la variedad nacional con las del trinitario, enriqueciendo así la historia y la calidad de la producción cacaotera en el país (Gaibor, 2018).

## 2.4. Descripción botánica

A continuación, la descripción morfológica de la planta de cacao:

<b>Variable</b>	<b>Característica</b>
Raíz	El cacao presenta dos tipos de raíces que desempeñan funciones esenciales en su estructura y absorción de nutrientes. La raíz principal, también denominada raíz pivotante, desempeña un papel crucial al proporcionar anclaje y sostén a la planta. La raíz secundaria ubicada a una profundidad de aproximadamente 30 cm, juega un papel vital al revitalizar la planta, facilitando la absorción de los nutrientes necesarios para su desarrollo. Este sistema de raíces bien diseñado refleja la adaptación eficiente del cacao para garantizar su crecimiento saludable y productivo.
Tronco y sus ramas	Origina cuando una planta es a partir de una semilla sexual, el tronco o tallo vital se desarrolla verticalmente hasta una altura de 0.8 a 1.5 m. de forma, dando comienzo a una especie de mesa, molinillo o verticilo.
Hojas	Su forma alargada y volumen medio; están unidas por el pecíolo las cuales se desprenden de las ramas.
Flores	Se las ubica a lo largo del tronco y de las ramas, agrupadas en sitios llamados cojines florales. Posee una flor hermafrodita de 5 estambres verdaderos de color blanco y 5 falsos de color morado, en la parte superior de los estambres blancos se encuentra el polen.
Fruto	También conocida como mazorca, es una baya protegida en su parte externa por la cascara o pericarpio, es de color rojo brillante en su madures, pesa alrededor de 20 a 50 gramos.

(Elizalde, 2023)

## **2.5. Requerimientos climáticos del cacao**

El cacao es cultivado en altitudes que van desde casi el nivel del mar hasta los 1.200 metros sobre el nivel del mar, con una altitud óptima situada entre 500 y 800 metros sobre el nivel del mar. Este cultivo demanda suelos con texturas que abarcan desde franca hasta franco-arcillosa y franco-arenosa, caracterizándose por contener un 30-40% de arcilla, un 50% de arena y un 10-20% de limo. Es fundamental contar con un buen drenaje, ya que esta característica es esencial y altamente deseable para su desarrollo (Orellana, 2019).

Las zonas más propicias para el cultivo de cacao presentan una temperatura media anual que oscila entre 25 y 26 °C. Por debajo de esta temperatura, se observa una reducción en el crecimiento vegetativo, la floración y el desarrollo de los frutos. La luminosidad también desempeña un papel crucial; se considera que una intensidad lumínica inferior al 50% del total de luz limita los rendimientos, mientras que una intensidad superior al 50% aumenta en plantaciones ya establecidas (Arévalo, 2019).

En términos de humedad, el cacao prospera con un rango de humedad relativa del 70 al 80%. Además, para obtener un rendimiento óptimo en la cosecha, el cacao requiere precipitaciones adecuadas, con un intervalo ideal de 1500 a 2000 mm (Azpeitia, 2018).

El pH del suelo también es un factor relevante y el cacao se desarrolla de manera óptima cuando el pH se sitúa en el rango de 6.0 a 6.5, lo que favorece la obtención de buenos rendimientos (Cabrera, 2018)

## **2.6. Producción**

La producción mundial de cacao alcanzó las 4.700 toneladas durante el periodo 2019/2020, experimentando un crecimiento anual compuesto del 3.7%. Costa de Marfil y Ghana son los principales contribuyentes, concentrando aproximadamente el 63% de la producción global. En Latinoamérica, Ecuador destaca como el principal productor de cacao, exportando 760800 toneladas en 2020 en

comparación con las 301337 toneladas del año anterior, logrando un notable crecimiento anual de 59463 toneladas, equivalente al 19.73% (Dorantes, 2019).

El cacao ecuatoriano, reconocido internacionalmente como "fino de aroma", desempeña un papel crucial en el mercado global. En 2020, Ecuador consolidó su posición como líder al comercializar más del 60% de la producción mundial de cacao de alta calidad. Este logro no solo refuerza la reputación del país como un proveedor confiable, sino que también lo posiciona como el principal abastecedor de materia prima para la elaboración de exquisitos chocolates finos en la industria Europea y Norteamericana (Baudilio, 2020).

## **2.7. Enfermedades del cultivo**

En el cultivo de cacao los productores enfrentan a desafíos significativos, y uno de los problemas más comunes es la presencia de enfermedades que generan pérdidas de hasta un 80% en la producción de las plantaciones. Entre las afecciones más críticas se encuentran la Mazorca Negra, causada por *Phytophthora palmivora*, la Moniliasis, ocasionada por *Moniliophthora roreri*, la Escoba de Bruja, asociada con *Moniliophthora perniciosa*, y el Mal del Machete, provocado por *Ceratocystis fimbriata*. Estas enfermedades representan amenazas significativas para la productividad del cacao y requieren estrategias efectivas de manejo para preservar la salud y rendimiento de las plantaciones (Diaz, 2018).

### **2.7.1 Monilla (*Moniliophthora roreri*)**

Esta enfermedad es causada por un hongo el síntoma más común se manifiesta como una mancha de color café, que puede extenderse hasta cubrir toda la superficie del fruto. En frutos infectados a mitad de su desarrollo, la enfermedad se manifiesta inicialmente como pequeños puntos aceitosos y translúcidos. En un corto periodo, estos puntos se fusionan para formar una mancha de color café. A los pocos días, sobre la mancha café, emerge el micelio y, posteriormente, se desarrollan abundantes esporas de color crema (Pallazhco, 2021).

Otro síntoma común es la apariencia de madurez prematura, donde las mazorcas cambian de color, dando la impresión de estar maduras aunque los frutos aún no

han alcanzado el tamaño ni la edad de cosecha adecuados. El daño principal ocurre en los granos, llegando a causar la pérdida total de la producción. La transmisión de la enfermedad se produce a través del viento o la lluvia, así como por la manipulación de frutos enfermos en la parcela. (Sotomayor, 2019).

## **2.8. Origen del cacao JA- Bola-2003**

El cultivar JA-Bola-2003, proviene de un proceso de selección exhaustiva de la evaluación de material vegetativo proveniente de fincas antiguas ubicadas en los predios agrícolas de los productores Atiencia, en la parroquia: San José del Tambo, cantón Chillanes, Provincia Bolívar, en las coordenadas geográficas; latitud S (X): -1°58'37,51"; Longitud W (Y): -79°15'24,58", con una altitud de 295 msnm, mismo que fue seleccionado por él; Sr. José María Atiencia Sarmiento y Franklin Atiencia Sarmiento, por su resistencia a enfermedades como *Moniliasis* y *Moniliophthora perniciosa*; tolerante, con alta compatibilidad (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP, 2024).

## **2.9. Adaptación**

El JA-Bola-2003 se adapta a la zona bioclimática de Bosque Húmedo Tropical, de suelos profundos y de buena fertilidad.

## **2.10. Ficha técnica del JA-Bola-2003**

<b>Procedencia</b>	San José del Tambo
<b>Nombre del cultivar</b>	JA-Bola-2003
<b>Obtutores del material vegetal</b>	José María Atiencia Sarmiento; Franklin Alcivar Atiencia Sarmiento
<b>Técnico responsable del seguimiento</b>	Ing. Franklin Alfredo Atiencia Bazan En el año 2003, se colectaron muestras de material vegetativo de plantas elites antiguas dentro del cantón Chillanes, parroquia San José del Tambo
<b>Método de mejoramiento</b>	

### **Características de la planta**

Arquitectura	Semi – erecto
Altura (cm)	350 a 400
Número de cojinetes florales/planta	112
Número de botones florales/planta	386
Número de flores abiertas/planta	123
Número de flores cerradas/planta	201
Número de flores semiabiertas/planta	236
Longitud de lámina foliar (cm)	33 – 45
Diámetro de lámina foliar (cm)	15 – 23
Longitud del pecíolo (cm)	2,2 -2,8
Forma de la hoja	Ovadas-elípticas
Color de los brotes terminales	Verde claro
Color del pecíolo	Gris – café.
Color de la hoja	Verde claro
Forma de la base de la hoja	Ligeramente cordada
Forma del ápice de la hoja	Apiculado
Floración	Primer y tercer trimestre del año
Antocianina en sépalos	Hirsutinidina
Antocianina en estaminodios	Hirsutinidina
Antocianina en filamentos del estambre	Hirsutinidina
Color de la flor	Verdoso
Color de los sépalos	
Longitud del estaminodio (mm)	6.8
Longitud del ovario (mm)	2.5
Número de óvulos por ovario	En dos filas de 6 a 12

### **Características del fruto**

Color fruto inmaduro	Verde claro
Color fruto maduro	Amarillento
Forma del ápice del fruto	Obtuso
Constricción basal del fruto	Bien marcada

Forma del fruto	Amenolada
Rugosidad del fruto	Leve
Color del mucílago	Blanco
Longitud fruto (cm)	23 - 26
Diámetro fruto (cm)	9.1 – 11.67
Relación longitud - diámetro fruto	2.52 – 2.22
Grosor caballete (cm)	1.1 – 1.9
Profundidad surco primario (cm)	0.3 – 1.3
Número semillas íntegras/fruto	48
Número semillas vanas/fruto	1
Peso mazorca (g)	969.42
Masa húmeda (g)/ 100 semillas	215 – 230
Masa seca (g)/ 100 semillas	123 – 136
Relación masa húmeda/seca (g)	1.7 – 1.6
Granos/mazorca	48
Forma de la semilla	Oblonga
Forma de la semilla en sección transversal	Aplanada
Color predominante de los cotiledones	Purpura
Longitud semilla (cm)	2.7 – 3.4
Diámetro semilla (cm)	0.5 – 0.9
Grosor semilla (cm)	0.8 – 1.3
Relación largo diámetro de la semilla	1.8 – 2.6
<b>Características de rendimiento</b>	
Frutos árbol/año	38
Índice de semilla	1.36
Índice de mazorca	15
Rendimiento Kg/ha/año	1813.33
Cantidad de árboles por ha	1000
<b>Plagas y enfermedades</b>	
<i>Moniliophthora perniciosa</i>	Tolerante
<i>Moniliophthora roreri</i>	Tolerante

*Maconellicoccus hirsutus*  
(INIAP, 2024)

Moderadamente

## **2.11. Biología del cacao**

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es una planta perenne y diploide, lo que significa que su número cromosómico es  $2n=20$ . Esto indica que cada célula del cacao contiene 20 cromosomas organizados en pares, uno proveniente del progenitor paterno y otro del progenitor materno (Cente, 2019).

El tronco del árbol de cacao puede ser considerado vertical y continuo, aunque la producción de brotes y flores puede ser discontinua y variable. La floración del cacao generalmente ocurre durante la temporada de lluvias y los frutos tardan varios meses en madurar (Barrón, 2018).

## **2.12. Fenología de la flor**

### **2.12.1 Floración**

Las flores del cacao son monoicas, de flores hermafroditas con proteroginia, se desarrollan en agrupaciones conocidas como cojines florales, que contienen entre 4 y 8 flores. En su etapa inicial, las flores se presentan cerradas, ya que los botones florales requieren aproximadamente 30 días para abrirse. Este proceso tiene lugar durante la noche y se despliegan completamente. Mantienen esta condición durante dos o tres días; sin embargo, si experimentan problemas de incompatibilidad genética o no son polinizadas, se marchitan y caen (Dorantes, 2019).

### **2.12.2 Cuajado**

El cuajado de los frutos es un proceso que ocurre desde la polinización mediante el cual el polen, que es el gameto masculino de las plantas, se cubrirá a los estigmas de otra flor, permitiendo así la fertilización del óvulo y la producción de un nuevo fruto. La flor del cacao parece estar diseñada para dificultar la polinización, ya que su polen no es accesible para los insectos que se alimentan de ella, como la mosca *forcipomyia* (Freire, 2018).

### **2.12.3 Madurez**

En un período de seis meses, una planta de cacao tiene la capacidad de producir, en promedio,  $4.554 \pm 687$  flores. Sin embargo, únicamente un porcentaje, entre el 5% y el 10%, de estas flores experimenta una polinización efectiva y logra desarrollar un fruto. En los casos en que los árboles no logran la formación de mazorcas, se pueden identificar diferentes razones, entre ellas la esterilidad masculina, la esterilidad femenina y la incompatibilidad (Ramos, 2019).

La esterilidad masculina atribuye al fracaso en el desarrollo del grano de polen, la ausencia del mismo o una formación incorrecta de la flor. La esterilidad femenina se origina a través del aborto del óvulo o debido a una estructura floral con características morfológicas inadecuadas. Estos factores subrayan la complejidad del proceso reproductivo del cacao (Cente, 2019).

### **2.13. Morfología del fruto**

El fruto del cacao, botánicamente clasificado como una drupa, comúnmente denominado "mazorca", es esencial para la producción de chocolate. El fruto maduro se compone de una cáscara gruesa que envuelve entre 30 y 50 semillas, las cuales son la materia prima para la obtención del famoso chocolate. Estas semillas, cubiertas por una capa azucarada y mucilaginosa, actúan como protección y son sostenidas mediante un funículo entrelazante (Dorantes, 2019).

#### **2.13.1 Color del fruto**

Las exhiben una variación de colores a lo largo de su proceso de maduración. En estado inmaduro, presentan tonalidades verdes o rojizas. Con el tiempo, las mazorcas rojizas transicionan hacia tonos naranjas o amarillos, mientras que aquellas inicialmente verdes cambian hacia el amarillo. Este ciclo de cambios de color no solo refleja la madurez del fruto, sino que también indica el momento propicio para la cosecha, influyendo directamente en la calidad de las semillas de cacao (Ramos, 2019).

### **2.13.2 Cáscaron de cacao**

Es aproximadamente el 56% del peso total de la mazorca madura. Los estudios y análisis químicos y proximales de la cáscara de cacao han revelado que contiene aproximadamente lo siguiente: proteína cruda 5.0% – 6.2%, fibra cruda 32.1% – 35.0%, grasa cruda 0.87%, cenizas 8.76%. La fibra detergente ácida, la fibra detergente neutra y el nutriente digestible total son 43.8%, 56.6% y 60.0% respectivamente (Orozco, 2020).

### **2.13.3 Mucílago**

Es la sustancia blanquecina que cubre el grano de cacao dentro de la mazorca; también se conoce como sudoración de pulpa, jugo. Las semillas de cacao están rodeadas por una pulpa aromática que surge de los tegumentos (Tejido vegetal que cubre ciertas partes de las plantas) de las semillas. La pulpa mucilaginosa está compuesta de células parenquimatosas (Tejido vegetal esponjoso de las células vivas que rellena los intersticios dejados por los vasos y que puede tener funciones diversas según su ubicación, como reservar sustancias, fotosintetizar o rellenar) esponjosas, rica en azúcares (10% -13%), pentosanos (2% –3%), ácido cítrico (1% –2%) y sales (8% –10%) (Machado, 2020).

### **2.13.4 Cascarilla del grano de cacao**

Es la cubierta exterior de color marrón de un grano de cacao. Es la hoja que envuelve el cotiledón. La cascarilla del grano de cacao es un material de desecho industrial lignocelulósico producido en las fábricas de cacao y chocolate, especialmente en los países industrializados, y constituye del 12% al 14% del grano de cacao tostado. La cascarilla del grano de cacao seco contiene 13,12% de proteína cruda, 13,00% de fibra cruda, 8,71% de extracto de éter (Orozco, 2020).

## **2.14. Mejoramiento genético**

En el cacao es un proceso mediante el cual se busca desarrollar nuevas variedades con características deseadas, como resistencia a enfermedades, plagas, mayor productividad, calidad del grano y adaptación a diferentes condiciones ambientales (INIAP, 2019).

## **2.15. Técnicas de hibridación**

Las técnicas de hibridación en el cacao son utilizadas para crear nuevas variedades o cultivares con las características deseadas. La hibridación implica cruzar árboles parentales seleccionados con diferentes mutaciones genéticas para producir una descendencia que posea rasgos superiores (Borja, 2019).

### **2.15.1 Hibridación intraespecífica**

La obtención de híbridos en especies alógamas implica el cruzamiento de diversas líneas endógamas seleccionadas. Estas líneas, aunque diferentes entre sí, son puras y altamente homogéneas debido a su origen en sucesivas autofecundaciones. Existen varios tipos de híbridos en este proceso: al cruzar dos líneas endógamas homocigóticas se genera un híbrido simple; al cruzar dos híbridos simples se obtiene un híbrido doble; y para obtener un híbrido triple, es necesario cruzar un híbrido simple con una línea endógama (Freire, 2018).

### **2.15.2 Hibridación interespecífica**

En el cacao puede tener diferentes objetivos, como la introducción de nuevas características genéticas, la mejora de la resistencia a enfermedades o la adaptación a diferentes condiciones ambientales (INIAP, 2019).

Esta técnica, consiste en cruzar plantas de especies diferentes. En las plantas alógamas, todo individuo es un híbrido, de suerte que muchos de sus genes son heterocigóticos. La instauración de la homocigosis por autofecundación artificial es acompañada por el efecto “inbreeding” o de endogamia: los descendientes son mucho menos vigorosos y menos productivos que la planta madre (Arévalo, 2019).

### **2.15.3 Retrocruzamiento (cross-back)**

El principal propósito del retrocruzamiento es transferir un rasgo deseado de la planta parental original, denominada "donante", a la planta híbrida resultante del cruce, conocida como "receptora". A través de iterativos retrocruzamientos, se persigue la obtención de una descendencia que mantenga las características genéticas fundamentales del progenitor donante, al tiempo que se incorpora el rasgo

específico buscado. Este enfoque preciso busca preservar la esencia genética del donante mientras se mejora la nueva generación con la introducción selectiva del rasgo deseado (INIAP, 2021).

### **2.16. Autopolinización**

Se refiere al proceso mediante el cual el polen de una flor de cacao es transferido a la misma flor o a otra flor de la misma planta. La planta de cacao se fertiliza a sí misma con la necesidad de la intervención de agentes externos, como el viento o insectos. La autopolinización puede tener lugar cuando el polen de la flor masculina (estambre) entra en contacto con el órgano reproductor femenino (pistilo) de la misma flor o de otra flor en la misma planta. Aunque el cacao es principalmente una planta de polinización cruzada, algunos grados de autopolinización pueden ocurrir en condiciones específicas. Este proceso es crucial para asegurar la reproducción y la producción de semillas en la planta de cacao (Sánchez, 2022).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ubicación de la investigación

- **Localización de la investigación**

Se realizó en la provincia Los Ríos, cantón Babahoyo, Parroquia Mata de cacao – Febres Cordero, Recinto Tigrillo Bajo.

- **Situación geográfica y edafoclimática**

Descripción	Valor
Altitud :	125 msnm
Latitud:	1 <sup>0</sup> 58” 19” S
Longitud :	79 <sup>0</sup> 15” 17” W
Temperatura máxima :	30 <sup>0</sup> C
Temperatura mínima :	20 <sup>0</sup> C
Temperatura media anual :	26.8 <sup>0</sup> C
Helofanía promedio anual:	900 h/1/ año
Precipitación media anual :	850 mm
Humedad relativa media anual :	77.8%

**Fuente:** (Meteobox, 2022)

- **Zona de vida**

La localidad de acuerdo a la zona de vida de Holdridge, L (1979). se encuentra ubicada en el bosque seco montano bajo (bs MB)

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1 Material experimental**

Se utilizaron plantas de cacao Clon Bola de 5 años de edad.

### **3.2.2 Factores en estudio**

En esta investigación se evaluó los tipos de cruzamientos de cacao Clon Bola

### **3.2.3 Tratamientos**

Se consideró un tratamiento por cada combinación, según el siguiente detalle

<b>Nº. Tratamientos</b>	<b>Código</b>
T1	Clon Bola + CCN51
T2	Clon Bola + INIAP - EETP – 800
T3	Clon Bola + JHVH 10
T4	Clon Bola + FA-2003
T5	Autopolinizaciones

### **3.2.4 Tipo de diseño experimental o estadístico**

Estadística descriptiva e inferencial

### **3.2.5 Manejo del experimento**

Para la implementación del experimento, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- **Distribución de la unidad experimental**

Labor que se realizó de acuerdo al mapa de campo, dividiendo la unidad experimental por medio de estacas en cuatro tratamientos, cada uno de los tratamientos constó de 60 plantas con un distanciamiento de 3 x 3 m entre planta.

- **Identificación de plantas evaluadas**

La identificación de las 10 plantas evaluadas por tratamiento tomadas al azar se realizó mediante tarjetas plásticas de colores con sus respectivas numeraciones, fueron colocadas en cada una de las plantas.

- **Mazorcas identificadas**

Se utilizaron las mazorcas identificadas mediante tarjetas de fomix que fueron usadas para las polinizaciones con sus respectivas numeraciones, en cada una de las plantas.

- **Control de malezas**

Se efectuó de forma manual cuatro veces, durante el tiempo que duró la investigación sin afectar las raíces de los cacaotales, ya que estas se encuentran muy superficiales.

- **Poda fitosanitaria**

Se llevó a cabo eliminando todas aquellas partes que estaban enfermas de *Moniliophthora perniciosa* y *Phytophthora sp.*

- **Poda de mantenimiento**

Se realizó el deschuponamiento cada mes, de todos los brotes tiernos que salen en el tallo principal, se utilizó una tijera de podar la misma que fue desinfectada con alcohol al pasar de planta a planta.

- **Control de plagas**

Labor que se realizó con la ayuda de una bomba a motor aplicando insecticida agrícola con Chlorpyrifos + Cypermethrin en una dosis de 0,55 l/ha, rociando en toda la planta para controlar gusanos, arrieras, pachones y patillas.

- **Control de enfermedades**

Se realizó con una bomba a motor nebulizando toda la planta con la aplicación de fosetyl aluminium, fungicida que combate la incidencia de la monilla, con una dosis de 0,35 Kg/ha.

- **Fertilización**

Para compensar los requerimientos del cultivo, se realizó a los 2 meses de iniciada la investigación, la aplicación de ferticacao producción con una dosis de 300 Kg/ha.

- **Cosecha**

Se efectuó la cosecha cuando las mazorcas alcanzaron su madurez fisiológica, para lo cual se desprendió el fruto del tallo mediante la utilización de una tijera de podar previamente desinfectada, con un corte realizado en el pedúnculo al ras de la mazorca.

- **Extracción de almendras**

Posterior a la cosecha, se procedió con cortes transversales y un corte longitudinal de la mazorca, para extraer la almendra.

- **Fermentación**

Se fermentó las almendras por 3 días en cajones, dándole movimiento o virado día a día, proceso que se realizó para la muerte del embrión y obtener un mejor aroma, sabor, textura y coloración de la almendra.

- **Secado**

Luego del fermentado se procedió a secar las almendras en un tendal mediante la exposición solar, para bajar el porcentaje de humedad al 5 %.

### **3.2.6 Métodos de evaluación (Variables respuesta)**

- **Longitud de mazorca (LM)**

Se evaluó en 10 mazorcas de cacao, tomadas al azar por tratamiento medidos desde la parte basal hasta el ápice de la mazorca cosechada, para lo cual se utilizó un cinta métrica y se expresó en cm.

- **Diámetro de mazorca (DM)**

Esta actividad se realizó en una muestra de 10 mazorcas de cacao por tratamiento, las mismas que fueron tomadas al azar, medidos en la parte media utilizando un calibrador de Vernier en cm.

- **Ancho de la semilla (AS)**

Se tomó en una muestra de 100 semillas frescas del total de mazorcas elegidas por tratamiento, midiendo el ancho con un calibrador de Vernier en cm.

- **Largo de la semilla (LS)**

Con la ayuda de un calibrador de Vernier, se midió el largo polar de cada semilla, considerándose un tamaño de muestra de 100 semillas frescas, se expresó en cm.

- **Número de semillas vanas (NSV)**

Variable que fue registrada por conteo directo, observando y palpando que no tenga llenado de semilla o embrión solo presente mucílago en las 10 mazorcas maduras seleccionadas de cada uno de los tratamiento.

- **Número de mazorcas cosechadas (NMC)**

Dato que fue evaluado a la cosecha (madurez fisiológica) mediante conteo directo en cada una de las 10 plantas seleccionadas al azar por tratamiento.

- **Incidencia de monilla en mazorca (IMM)**

Variable que fue evaluada en cada uno de los tratamientos, considerándose como tal aquellas que estén afectadas en un 30 % de su totalidad, para lo cual se utilizó la fórmula de James.

$$\text{Incidencia \%} = \frac{\text{número de mazorcas afectadas}}{\text{número de mazorcas analizadas}} \times 100$$

- **Semillas por mazorca (SM)**

Esta variable fue registrada por conteo directo observando y palpando que tenga formación de embrión en 10 mazorcas maduras seleccionadas de cada uno de los tratamientos.

- **Espesor del caballete (EC)**

Dato que fue evaluado en 10 mazorcas maduras seleccionadas en cada uno de los tratamientos medido en la parte más sobresaliente de uno de sus lóbulos con la ayuda de un calibrador de Vernier y se expresó en cm.

- **Profundidad del surco (PS)**

Fue evaluado en 10 mazorcas maduras seleccionadas de cada uno de los tratamientos, medido en la parte más profunda de uno de sus lóbulos con la ayuda de un calibrador de Vernier y se expresó en cm.

- **Índice de semilla (IS)**

Dato que se registró en base al peso de 100 semillas fermentadas y secas, y se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IS} = \frac{\text{Peso en g de 100 semillas fermentadas y secas}}{100}$$

(INIAP, 2021)

- **Índice de mazorcas (IM)**

La cantidad de mazorcas requeridas para formar un kilogramo de semilla fermentada y secas. El índice de mazorca se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$IM = \frac{1000 \text{ Constante de plantas en campo}}{\text{Índice de semillas} * \text{semillas por mazorcas}}$$

(INIAP, 2021)

- **Peso de la semilla húmeda con pulpa y testa (PSH)**

Este dato se determinó en base al peso de 100 semillas con pulpa y testa, de las cuales se escogieron 10 semillas frescas provenientes de 10 mazorcas maduras de cada uno de los tratamientos y se pesó en una balanza de precisión en gramos.

- **Peso de semilla seca (PS)**

Este dato fue evaluado en base al peso de 100 semillas secas, que se obtuvo a través de la acción solar y se tomó el peso en gramos en una balanza de precisión, en cada uno de los tratamientos.

- **Rendimiento (Kg/ha)**

El rendimiento en Kg/ha que tendrán los cruzamientos y autopolinización por año, para tomar cuenta en un programa de mejora genética se calculó con la siguiente ecuación matemática:

$$\frac{Kg}{ha} = \frac{\text{Peso de semilla} * (0,40 \text{ humedad perdida en seco}) * 2 \text{ constante}}{\text{número de plantas seleccionada por tratamiento}} * 1000$$

(INIAP, 2021)

### 3.2.7 Tipos de análisis

- Prueba de Fisher al 5%
- Prueba del Tuckey al 5%
- Análisis de correlación y regresión lineal simple

## CAPÍTULO IV

### 4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1.1 Variables agronómicas

**Tabla 1**

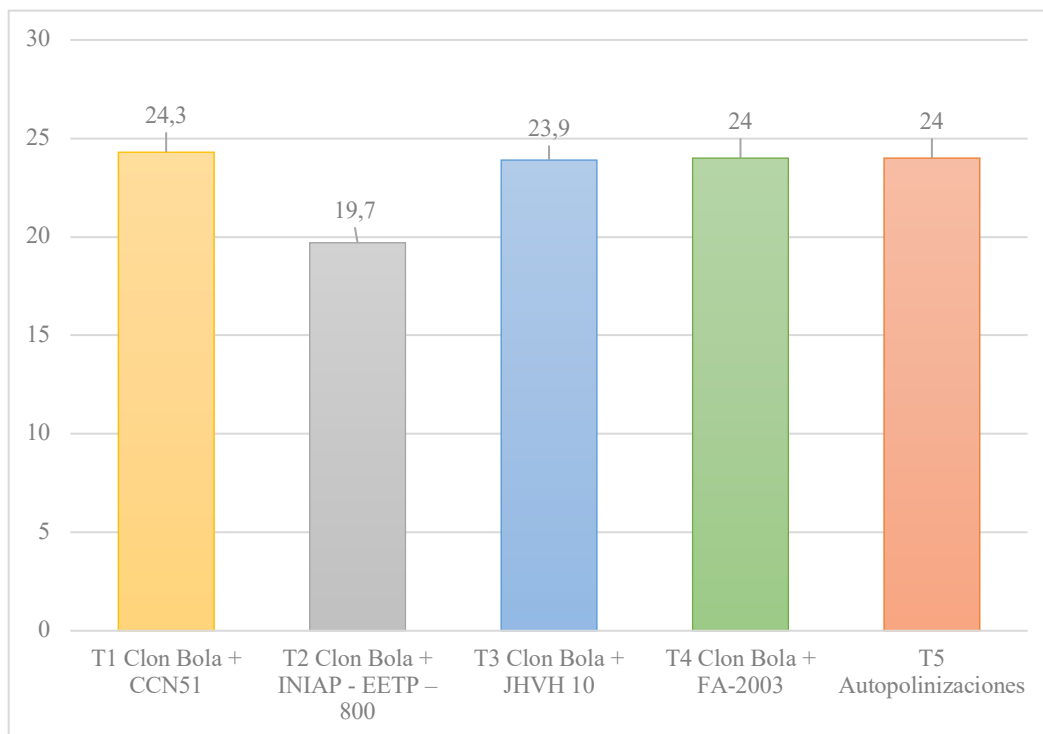
*Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a las variables: Longitud de mazorca (LM), Diámetro de mazorca (DM), Ancho de la semilla (AS), Largo de la semilla (LS), Número de semillas vanas (NSV), Número de mazorcas cosechadas (NMC), Incidencia de monilla en mazorca (IMM), Semillas por mazorca (SM), Espesor del caballete (EC), y Profundidad del surco (PS).*

<b>Variables</b>	<b>T1</b>	<b>R</b>	<b>T2</b>	<b>R</b>	<b>T3</b>	<b>R</b>	<b>T4</b>	<b>R</b>	<b>T5</b>	<b>R</b>	<b>F</b>	<b>MG</b>
LM (*)	24.30	A	19.70	B	23.90	A	24	A	24	A	11.97	23.18
DM (*)	10.17	A	9.08	B	10.03	A	9.60	AB	9.90	A	4.81	9.76
AS (**)	0.94	A	0.49	C	1.02	A	0.91	A	0.75	B	37.92	0.82
LS (**)	3.43	A	2.53	B	2.93	AB	3.24	A	3.08	A	7.02	3.04
NSV(**)	0	BC	2	AB	1	A	0	C	1	ABC	4.83	1
NMC (**)	7	A	2	B	7	A	6	A	3	B	15.41	5
IMM (**)	2	BC	5	AB	3	BC	0	C	8	A	7.74	3
SM (*)	45	A	37	B	44	A	49	A	48	A	9.35	45
EC (**)	1.6	AB	1.5	AB	1.6	AB	1.8	A	1.4	B	3.20	1.56
PS (Ns)	0.31	A	0.28	A	0.36	A	0.35	A	0.47	A	1.26	0.35

*Nota:* \*\* = Altamente significativo; \* = significativo; Ns = No existen diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ); Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas; MG = Media general; R = Rango; F = Fisher.

**Figura 1**

*Promedios de longitud de mazorca (LM), de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



El rendimiento del cacao clon Bola, fecundado mediante hibridación y autopolinización, en la longitud de mazorca (LM), se determinaron diferencias significativas con un promedio general de 23.18 cm (Tabla 1).

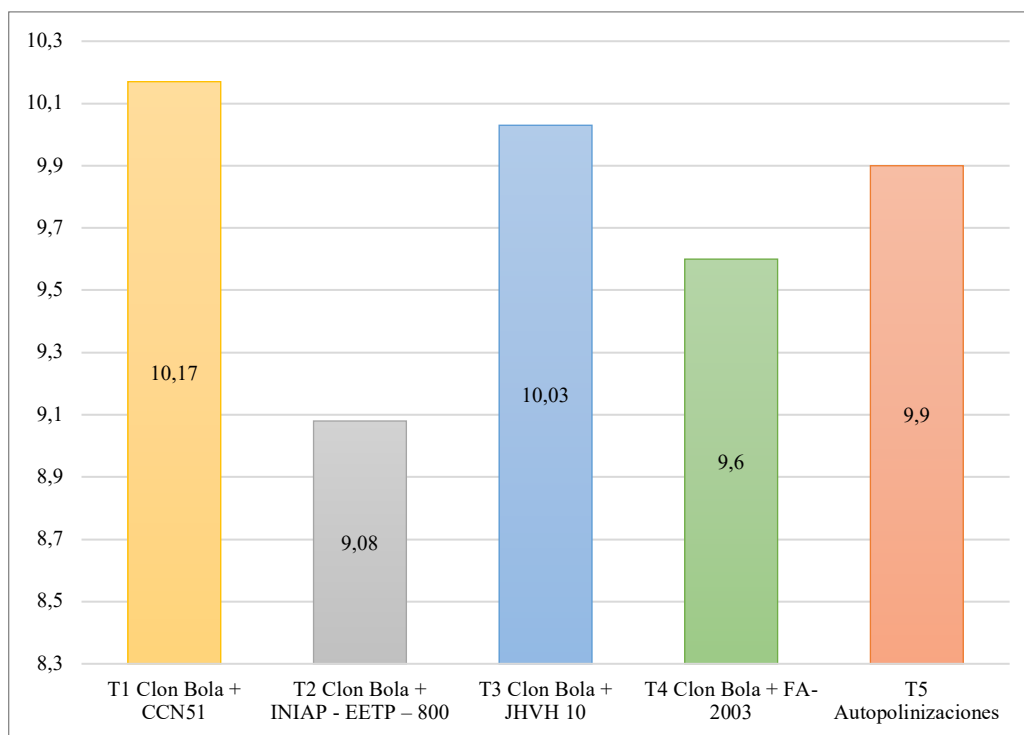
Se identificó que el T1 alcanzó el mayor promedio de longitud de mazorca, con 24.3 cm, seguidos de los tratamientos T4 y T5 con 24 cm, mientras que el T3 con 23.9 cm, el menor promedio se registró en el T2 con 19.7 cm LM (Figura 1).

Estos resultados indican que el tratamiento T1 alcanzó un mayor tamaño de longitud con 24.3 cm, lo que sugiere una mejora notable en comparación con los demás tratamientos.

La combinación de técnicas de fecundación mediante hibridación y autopolinización ha demostrado tener un impacto significativo en el rendimiento del cacao, en términos de longitud de la mazorca al existir mayor tamaño tiene la capacidad de albergar mas semillas (Barrón, 2018).

**Figura 2**

*Promedios del diámetro de mazorca (DM), de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



En cuanto al diámetro de mazorca (DM) entre los tratamientos fecundados mediante hibridación y autopolinización, se determinaron diferencias significativas con un promedio general de 9.76 cm de DM de cacao (Tabla 1).

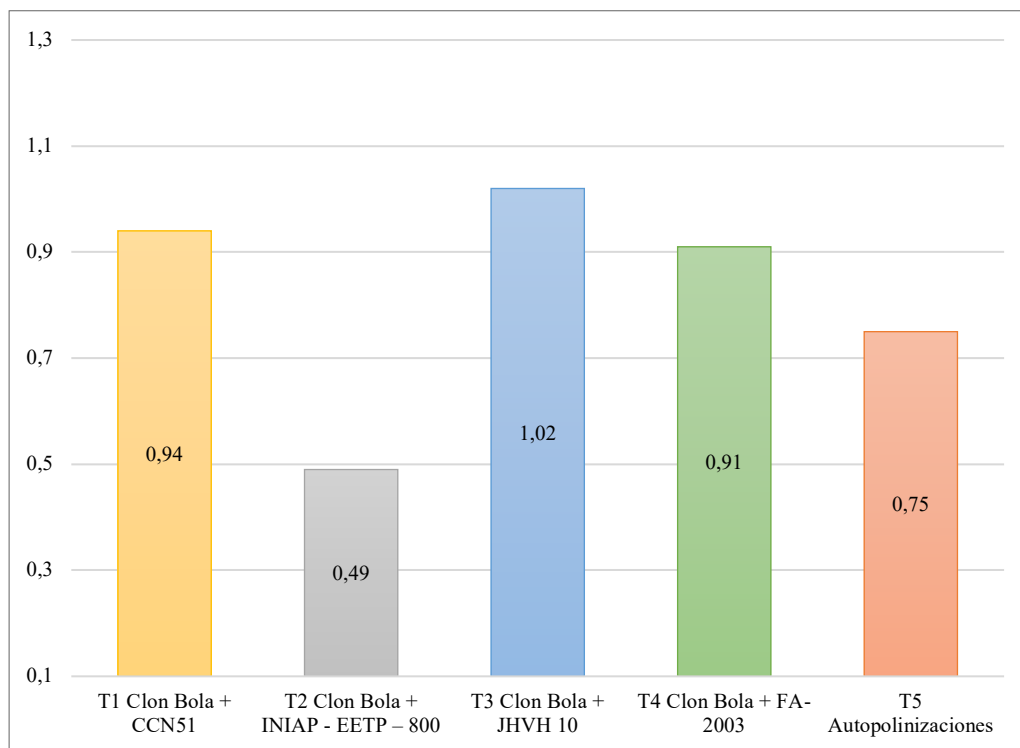
El T1 alcanzó el mayor promedio de diámetro de mazorca, con 10.17 cm, seguido del tratamiento T3 con 10.03 cm, mientras que el T5 con 9.9 cm, el menor promedio se registró en el T2 con 9.08 cm DM (Figura 2).

Lo que permite deducir que el tratamiento T1 sobresale con el mayor promedio de diámetro de mazorca 10.17 cm, estas variaciones entre tratamientos sugieren impacto significativo en la forma y el diámetro de las mazorcas de cacao.

El diámetro de mazorcas esta influenciado por aspectos como la genética específica de los clones utilizados en cruzamientos, condiciones de cultivo, gestión del suelo y agua, así como la presencia de plagas y enfermedades (Dessauw, 2021).

**Figura 3**

*Promedios del ancho de la semilla (AS), de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



Para el ancho de la semilla (AS), se determinaron diferencias altamente significativas con un promedio general de 0.82 cm (Tabla 1).

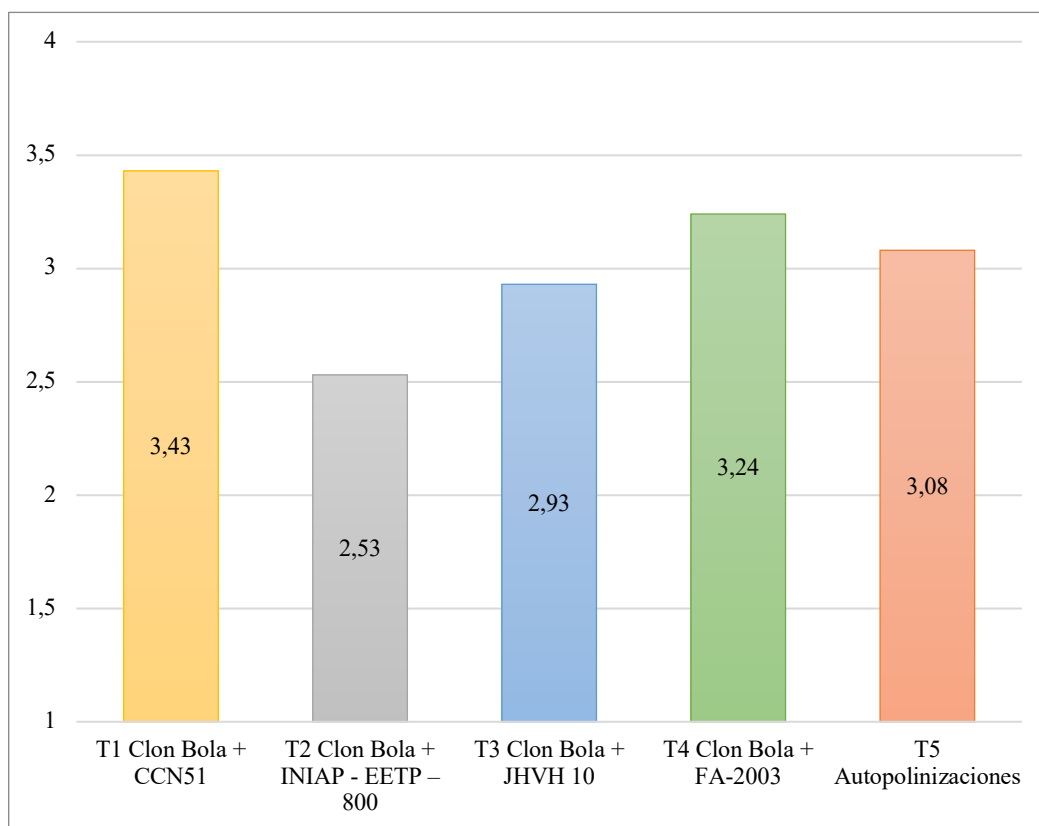
El T3 alcanzó el mayor promedio de ancho de la semilla, con 1.02 cm, seguido del tratamiento T1 con 0.94 cm, mientras que el T4 con 0.91 cm, el menor promedio se registró en el T2 con 0.49 cm AS (Figura 3).

Estas diferencias se atribuyen a una variedad de factores, como las condiciones de cultivo, genética de las plantas involucradas en el cruzamiento permitiendo sobresalir el T3 alcanzando un ancho de semilla favorable en comparación con los demás tratamientos.

El ancho de la semilla es un factor crucial en la producción de cacao, ya que influye en la calidad del grano y en el valor comercial del producto final. Por lo tanto, entender las variaciones en el ancho de la semilla y cómo estas pueden ser afectadas es fundamental para los productores de cacao. (Machado, 2020)

**Figura 4**

*Promedios para largo de la semilla (LS), de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



En el largo de la semilla (LS), se determinaron diferencias altamente significativas con un promedio general de 3.04 cm de LS (Tabla 1).

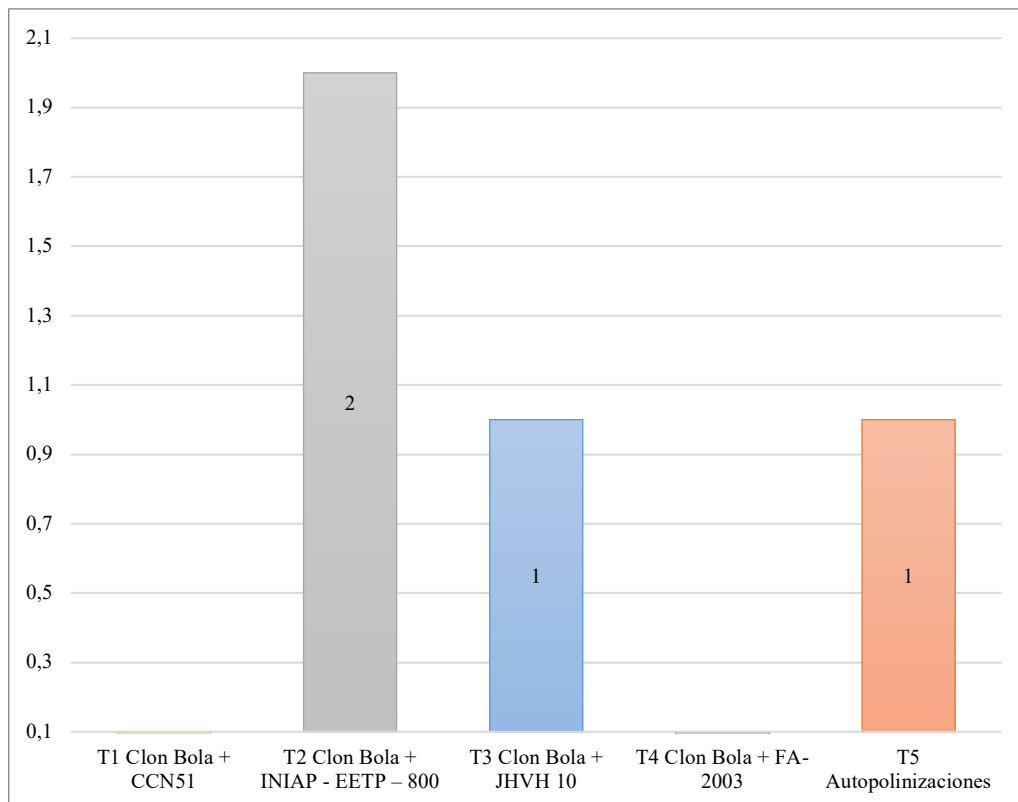
Se identificó que el T1 alcanzó el mayor promedio de largo de la semilla, con 3.43 cm, seguido del tratamiento T4 con 3.24 cm, mientras que el T5 con 3.08 cm, el menor promedio se registró en el T2 con 2.53 cm LS (Figura 4).

Esta variabilidad entre tratamientos se debe a diferentes condiciones genéticas de los padres involucrados en las cruzas que influyen significativamente en el largo de la semilla de cacao.

El largo de la semilla está asociado con un mayor rendimiento, además es la parte comestible y de alto valor en el cacao. Un buen tamaño de semilla facilita la manipulación y el procesamiento del grano (Gaibor, 2018).

**Figura 5**

*Promedios de número de semillas vanas (NSV), de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



En el número de semillas vanas (NSV), se determinaron diferencias altamente significativas con un promedio general de una semilla vana (Tabla 1).

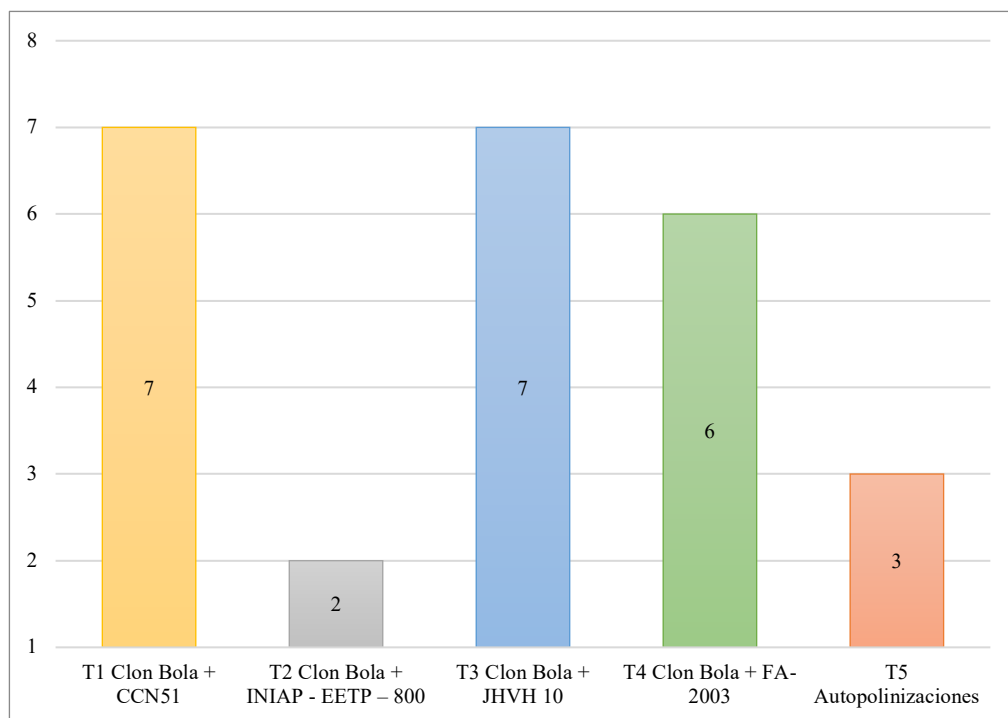
El T2 alcanzó el mayor promedio de semilla vanas, con 2 semillas, seguido de los tratamientos T3 y T5 con una, el menor promedio se registró en los T1 y T4 con 0 semillas vanas (Figura 5).

Lo que permite deducir que los tratamientos T1 y T4 no presentaron semillas vanas, aspecto que contribuye a mejorar la calidad y el valor comercial del producto final.

La presencia de semillas vanas tiene implicaciones negativas para la calidad y el valor del grano de cacao, al existir una gran cantidad de semillas vanas por mazorcas disminuye el rendimiento de la producción y afecta a los productores de cacao (Orozco, 2020).

**Figura 6**

*Promedios del número de mazorcas cosechadas (NMC), de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



En el número de mazorcas cosechadas (NMC), se determinaron diferencias altamente significativas con un promedio general de 5 mazorcas (Tabla 1).

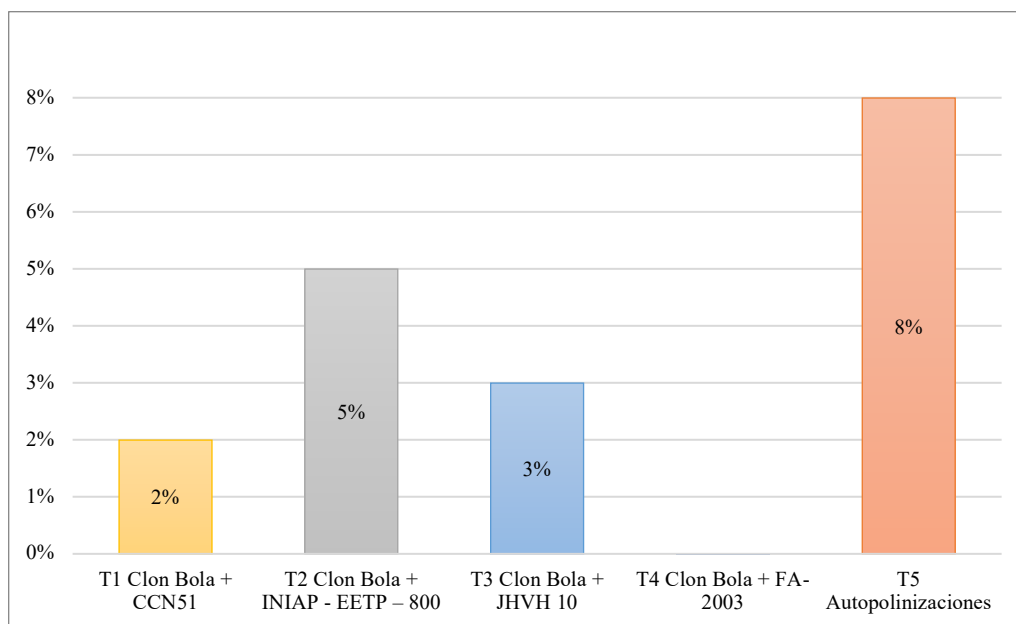
El T1 y T3 alcanzaron el mayor promedio de mazorcas cosechadas, con 7, seguido del tratamiento T4 con 6, el menor promedio se registró en el T2 con 2 mazorcas cosechadas (Figura 6).

Los tratamientos pueden haber sido expuestos a diferentes condiciones ambientales, lo que influyó en la producción de mazorcas el T1 y T3 al haber estado ubicados en áreas con condiciones óptimas de crecimiento, lo que resultó en una mayor producción de mazorcas en comparación con el T2, que pudo haber estado expuesto a condiciones menos favorables.

El cacao es sensible a condiciones ambientales, de temperatura, humedad y luz solar (Cente, 2019).

**Figura 7**

*Promedios para incidencia de monilla en mazorca (IMM), de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



En la incidencia de monilla en mazorca (IMM), se determinaron estadísticas altamente significativas con un promedio general del 3% de IM (Tabla 1).

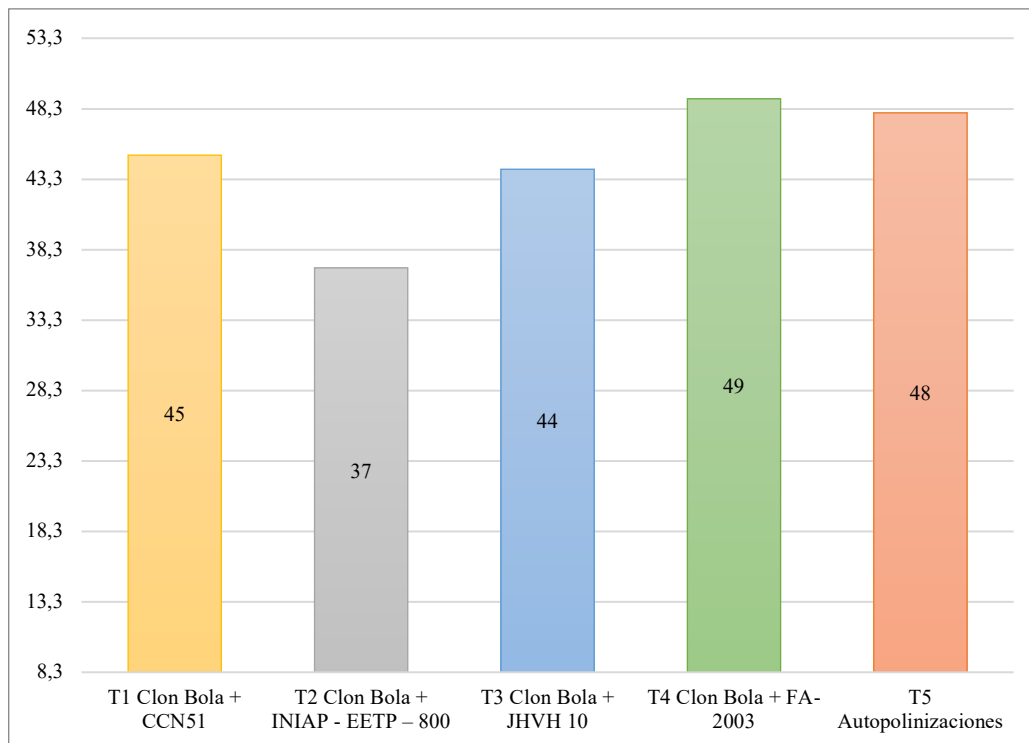
El T5 alcanzó el mayor promedio de incidencia de monilla con un 8%, seguido del tratamiento T2 con 5 % y el T1 con el 2%, el menor promedio se registró en el T4 con 0% de incidencia de monilla (Figura 7).

Lo que permite predecir que el nuevo híbrido que corresponde al T4 presenta mayor resistencia a la incidencia de monilla en mazorca en comparación con las autopolinizaciones y los demás tratamientos.

La monilla causa daños físicos y químicos a los granos de cacao, lo que resulta en una disminución de la calidad del producto final. Los granos afectados suelen tener un sabor amargo o astringente, lo que reduce su valor para la fabricación de chocolate y otros productos de cacao de alta calidad. Esto lleva a la pérdida de mercados y oportunidades comerciales para los productores de cacao. (Sotomayor, 2019)

**Figura 8**

*Promedios para semilla por mazorca (SM), de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



En el número de semillas por mazorca (SM), se determinaron estadísticas significativas con un promedio general de 45 semillas (Tabla 1).

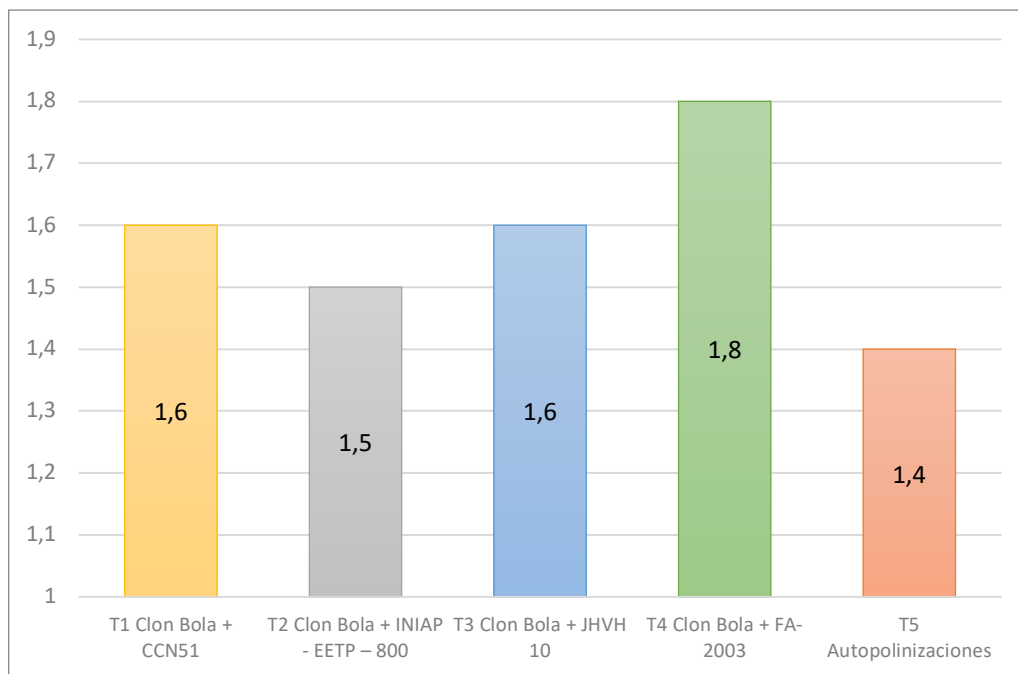
El T4 alcanzó el mayor promedio de semillas por mazorcas con 49, seguido del tratamiento T5 con 48, mientras que el T1 con 45, el menor promedio se registró en el T2 con 37 semillas (Figura 8).

El T4 sobresale en términos de semillas por mazorca, destacando una excelente combinación genética a diferencia de los demás tratamientos.

El número de semillas por mazorca también influye en la calidad del cacao producido. Las semillas de cacao más numerosos tienden a ser más pequeños y presentan una mayor proporción de pulpa, lo que contribuye a una mejor fermentación y un sabor más rico y complejo en el producto final, como el chocolate. (Barrón, 2018)

**Figura 9**

*Promedios de la variable espesor del caballete (EC), de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



En el espesor del caballete (EC), se determinaron diferencias altamente significativas con un promedio general de 1.56 cm (Tabla 1).

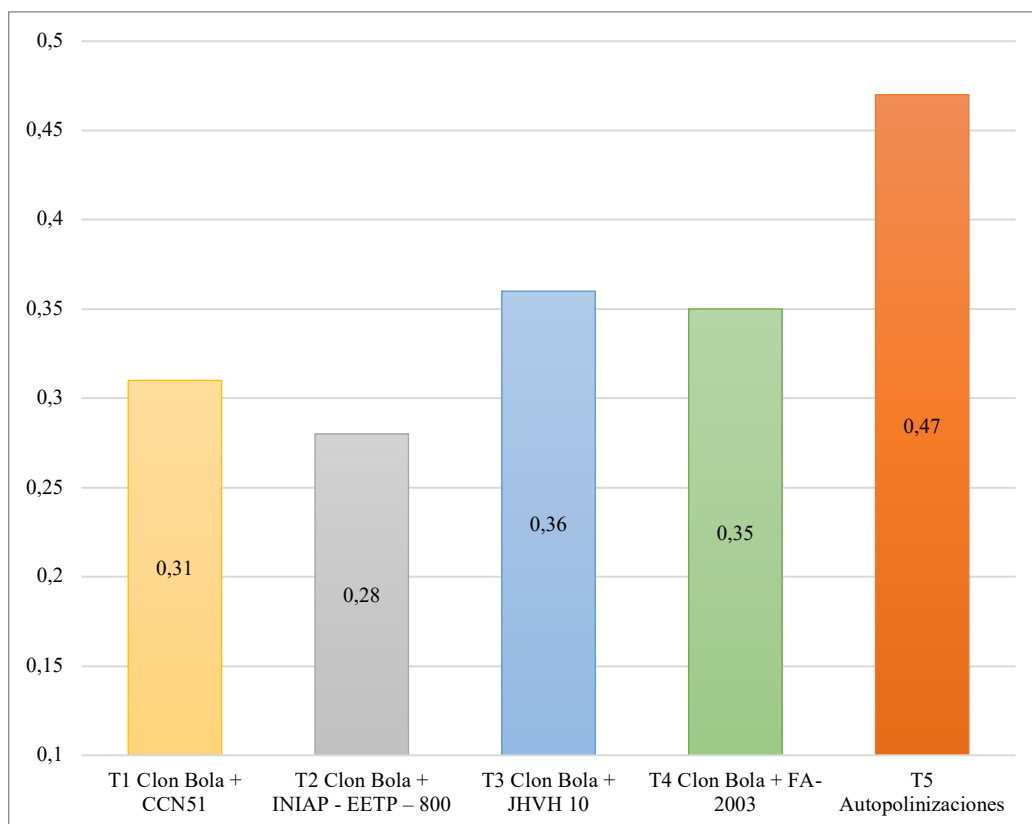
El T4 alcanzó el mayor promedio de espesor del caballete con 1.8 cm, seguido de los tratamientos T1 y T3 con 1.6 cm, mientras que el T2 con 1.5 cm, el menor promedio se registró en el T5 con 1.4 cm de espesor (Figura 9).

El tratamiento T4 destacó con el mayor promedio de espesor del caballete, seguido de cerca por los tratamientos T1 y T3, esta variabilidad entre tratamientos se debe a las características fenotípicas de los padres.

Un caballete más grueso proporciona una mayor protección a las semillas de cacao contra enfermedades y daños físicos. Actúa como una barrera natural que ayuda a proteger las semillas contra la penetración de patógenos y la invasión de insectos u otros organismos dañinos (Tapia, 2021).

**Figura 10**

*Promedios para profundidad del surco (PS), de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



La respuesta de la profundidad del surco (PS), fue similar (NS), se registró un promedio general de 0.35 cm, con un rango de promedios que va de 0.47 a 0.28 cm (Tabla 1).

El T5 registró el mayor promedio de profundidad del surco con 0.47 cm, seguido de los tratamientos T3 y T4 con 0.35 cm, el menor promedio se registró en el T2 con 0.28 cm de profundidad (Figura 10).

Estos resultados confirman lo mencionado por la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao – Ecuador, Anecacao que la profundidad del surco se ve influida en la forma en que se desarrollan las semillas dentro de la mazorca. Un surco más profundo proporciona más espacio para que las semillas se desarrollen, lo que resulta semillas más grandes y mejor formadas.

### 4.1.2 Variables productivas

**Tabla 2**

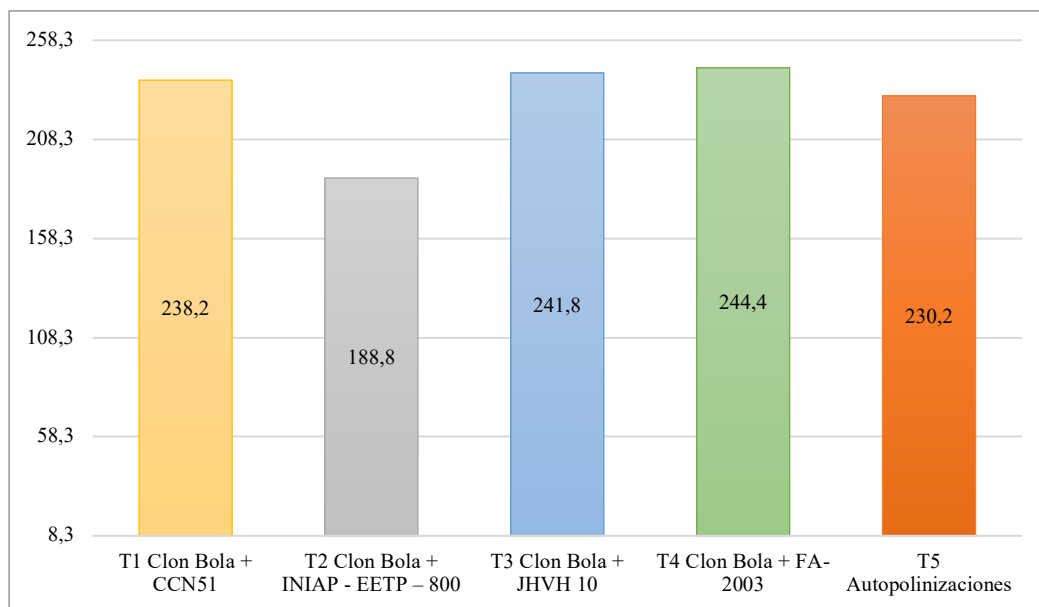
*Resultados de los análisis estadísticos para comparar los promedios de los tratamientos en relación a las variables: Peso de la semilla húmeda con pulpa y testa (PSH), Índice de semilla (IS), Índice de mazorcas (IM), Peso de semilla seca (PS) y Rendimiento (Kg/ha).*

Variables	T1	R	T2	R	T3	R	T4	R	T5	R	F	MG
PSH (**)	238.20	A	188.80	B	241.80	A	244.40	A	230.20	AB	4.11	228.68
IS(**)	1.87	A	1.33	B	1.86	A	1.91	A	1.52	AB	11.93	1.70
IM (*)	12	B	21	A	13	B	11	B	14	B	26.23	14
PS (**)	187	A	133	B	185.50	A	190.50	A	151.50	AB	11.93	169.50
RKg/ha (**)	2493.3	A	1773.3	B	2473.3	A	2540	A	2020	AB	11.93	2260

*Nota: \*\* = Altamente significativo; \* = significativo; NS = No existen diferencias estadísticamente significativas (P>0.05); Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas; MG = Media general; R = Rango; F = Fisher.*

**Figura 11**

*Promedios para peso de la semilla húmeda con pulpa y testa (PSH), de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



En el rendimiento del cacao clon Bola, fecundado mediante hibridación y autopolinización, en la variable peso de la semilla húmeda con pulpa y testa (PSH), se determinaron diferencias altamente significativas con un promedio general de 228.68 g (Tabla 2).

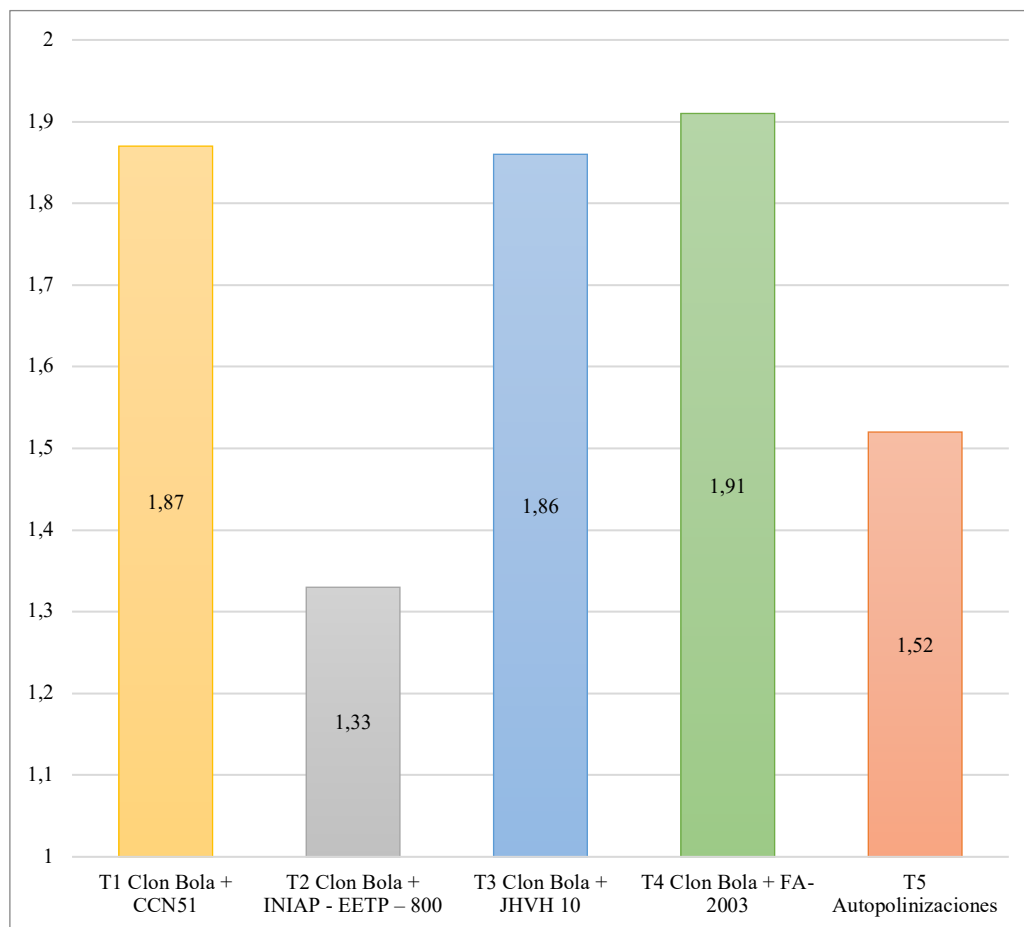
El T4 alcanzó el mayor promedio de peso húmedo con 244.4 g, seguido del tratamiento T3 con 241.8 g, mientras que el T1 con 238.2 g, el menor promedio se registró en el T2 con 188.8 g de peso húmedo (Figura 9).

Se puede deducir que el tratamiento que sobresale en peso húmedo es el T4, seguido del T1 y T3 las cuales presentan mayor rendimiento que las autopolinizaciones y el T2, esto se debe a características de la mazorca y semilla.

El peso de la semilla húmeda con pulpa y testa es un indicador importante de la calidad del cacao. Semillas más grandes y pesadas suelen estar asociadas con una mayor calidad, ya que tienen más potencial para producir granos de cacao de alta calidad y rendimiento (INIAP, 2019).

**Figura 12**

*Promedios para índice de semilla (IS), de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



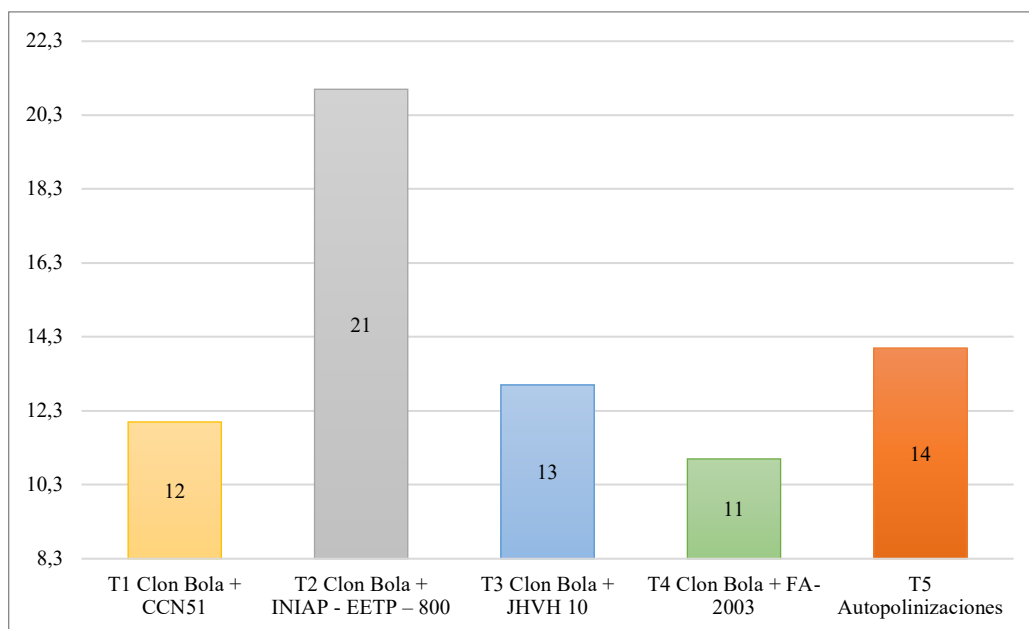
En el índice de semilla (IS), se determinaron diferencias altamente significativas con un promedio general de 1.70 (Tabla 2).

El T4 alcanzó el mayor promedio de índice de semilla con 1.91, seguido de los tratamientos T1 y T3 con 1.87, mientras que el T5 con 1.52, el menor promedio se registró en el T2 con 1.33 (Figura 12).

Estos resultados confirman lo mencionado por la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao – Ecuador, Anecacao que la calidad del cacao está estrechamente relacionada con la proporción de semillas en la mazorca. Las mazorcas con un alto índice de semilla tienden a producir semillas de mayor calidad, que son más grandes, más uniformes y tienen un mejor sabor y aroma.

**Figura 13**

*Promedios para índice de mazorcas (IM), de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



En la variable índice de mazorcas (IM), se determinaron diferencias significativas con un promedio general de 14 mazorcas (Tabla 2).

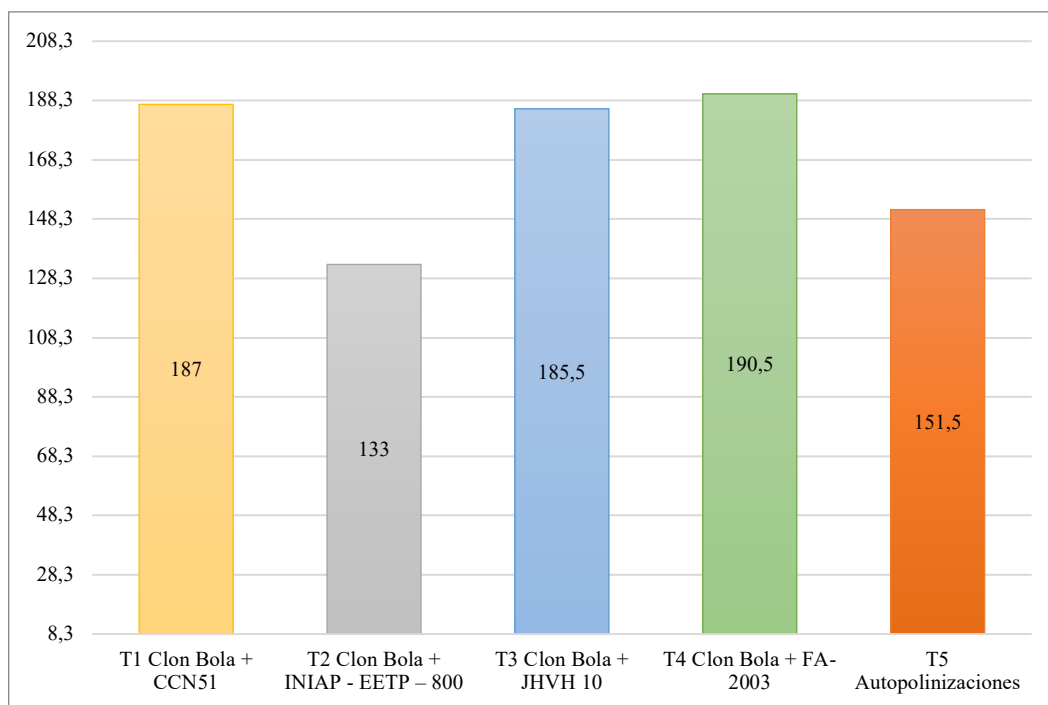
El T2 alcanzó el mayor promedio de índice de mazorca con 21, seguido del tratamiento T5 con 14, mientras que el T3 con 13, el menor promedio se registró en el T4 con 11 mazorcas para formar un Kg seco (Figura 13).

El tratamiento T4, registró el menor promedio de índice de mazorca indicando que se necesitan menos mazorcas para producir un kilogramo de cacao seco en comparación con otros tratamientos. Esto sugiere una mayor eficiencia en la producción de cacao seco en términos de la cantidad de mazorcas necesarias para alcanzar el mismo peso seco.

Un índice de mazorca más bajo indica una mayor eficiencia en la producción, ya que menos mazorcas son necesarias para producir la misma cantidad de cacao seco. Esto puede ser beneficioso en términos de reducción de costos de producción, mano de obra y recursos. (INIAP, 2021)

**Figura 14**

*Promedios para peso de semilla seca (PS) de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



En el rendimiento del cacao clon Bola, fecundado mediante hibridación y autopolinización, en el peso de semilla seca (PS), se determinaron diferencias altamente significativas con un promedio general de 169.50 g (Tabla 2).

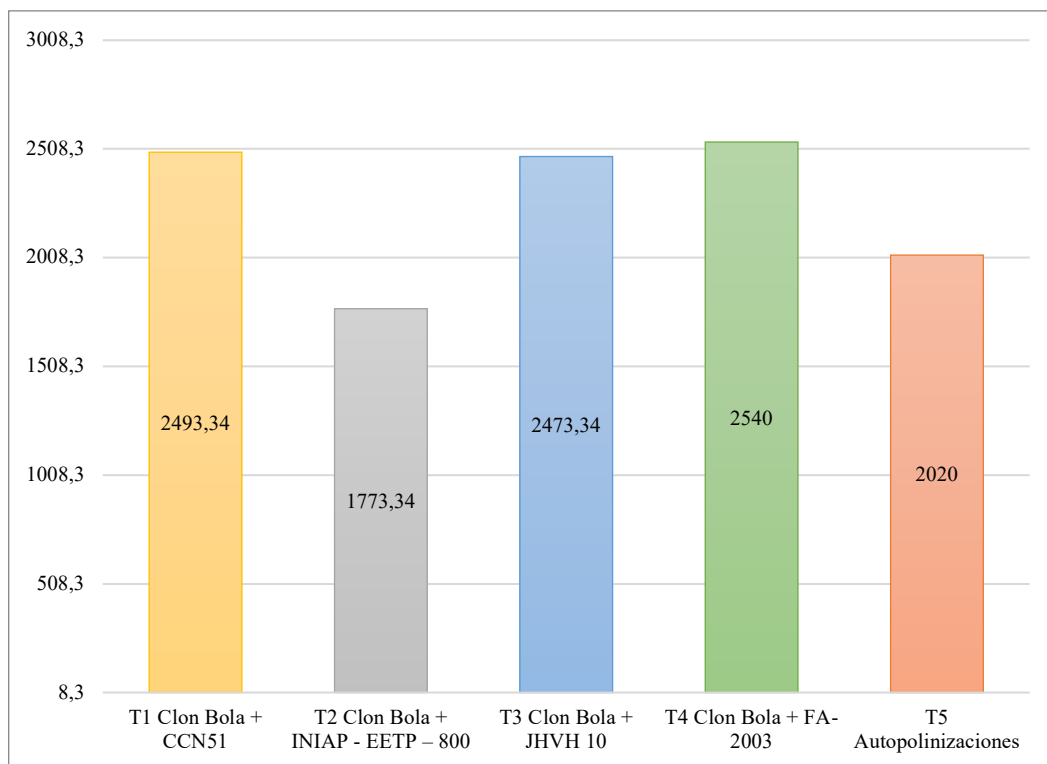
El T4 alcanzó el mayor promedio de peso de semilla seca con 190.5 g, seguido del tratamiento T1 con 187 g, mientras que el T3 con 185.5 g, el menor promedio se registró en el T2 con 133 g de semilla seca (Figura 14).

Los resultados muestran que el tratamiento T4 registró el mayor promedio de peso de semilla seca, seguido por el T1 y T3. Esto sugiere que en términos de rendimiento estos tratamientos sobresalen.

Las semillas más grandes y pesadas suelen estar asociadas con una mejor calidad, ya que pueden contener más nutrientes y tienen el potencial de producir plántulas más vigorosas (Freire, 2018).

**Figura 15**

*Promedios para rendimiento (Kg/ha) de las hibridaciones y autopolinizaciones.*



En el rendimiento del cacao clon Bola, fecundado mediante hibridación y autopolinización, en la variable rendimiento (Kg/ha) se determinaron diferencias altamente significativas con un promedio general de 2260 Kg/ha (Tabla 2).

El T4 alcanzó el mayor promedio de rendimiento con 2540 Kg/ha, seguido del tratamiento T1 con 2493.34 Kg/ha, mientras que el T3 con 2473.34, el menor promedio se registró en el T2 con 1773.3 Kg/ha (Figura 15).

El tratamiento T4 destacó como el más exitoso en términos de rendimiento, mostrando el mayor promedio de (Kg/ha), seguidos de T1 y T3. Estos resultados resaltan una mejora significativa en la productividad en comparación con los tratamientos T2 y T5, los cuales mostraron rendimientos considerablemente inferiores.

El rendimiento de cacao por hectárea es un indicador crítico de la productividad de una plantación de cacao (Lamilla, 2022).

### 4.1.3 Análisis de correlación y regresión lineal

**Tabla 3**

*Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de la variable independiente (Xs) que tuvieron una estrechez significativa sobre componentes de rendimiento del cultivo de cacao Clon Bola (variable dependiente Y) de las hibridación y autopolinización.*

<b>Variab independientes (Xs) componentes Rendimiento del cultivo de cacao Clon Bola.</b>	<b>Coficiente de correlación (r)</b>	<b>Coficiente de regresión (b)</b>	<b>Coficiente de determinación (R<sup>2</sup>) %</b>
Índice de semilla (IS)	1 **	7.72	99.99 %
Peso de semilla seca (PS)	1 **	7.72	99.99 %
Semillas por mazorca (GM)	0.63 **	8.62	39.47 %
Longitud de mazorca (LM)	0.80 **	4.52	63.69
Diámetro de mazorca (DM)	0.68 **	8.58	46.53 %
Ancho de la semilla (AS)	0.95 **	5.78	89 %
Largo de la semilla (LS)	0.77 **	7.65	59.54

*Nota: \*\*= altamente significativo*

#### **Coficiente de correlación (r)**

En esta investigación, se observó que, en el rendimiento del cultivo de cacao Clon Bola existieron correlaciones altamente significativas y positivas con: índice de semilla (IS), peso de semilla seca (PS), granos por mazorca (GM), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), ancho de la semilla (AS) y largo de la semilla (LS) (Tabla 3).

### **Coefficiente de regresión (b)**

Las variables que incrementaron el rendimiento del cultivo de cacao Clon Bola fueron: índice de semilla y el peso de semilla seca que constan de un coeficiente de regresión de 7.72, semillas por mazorca con 8,62, longitud de mazorca con 4.52, diámetro de mazorca con 8.58, ancho de la semilla con 5.78 y largo de la semilla con 7.65 (Tabla 3).

### **Coefficiente de determinación (R<sup>2</sup>)**

El mayor incremento del rendimiento del cultivo de cacao Clon Bola, se obtuvo en la variable índice de semilla y peso de semilla seca con un valor de coeficiente de (R<sup>2</sup>) de 99.99%, esto quiere decir que un 99.99 % de incremento, en el rendimiento se debe, al índice de semilla (IS) y peso de semilla seca (PS) (Tabla 3).

## **4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS**

De acuerdo a los resultados estadísticos obtenidos en la presente investigación, se pudo evidenciar que existió en la mayor número de variables diferencias estadísticas significativas y altamente significativas a nivel de tratamientos, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, determinando que el rendimiento del cultivo de cacao Clon Bola fecundado depende de la hibridación y autopolinización.

## CAPÍTULO V

### 5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos indican que el híbrido T1 alcanzó un mayor tamaño en la variable longitud de mazorca con 24.30 cm el mismo tratamiento presentó el mayor promedio de largo de la semilla, con 3.43 cm, seguido del tratamiento T4 con 3.24 cm, esta variabilidad entre tratamientos se debe a diferentes condiciones genéticas de los padres involucrados en las cruzas que influyen significativamente en el largo de la semilla de cacao.
- Los híbridos T1 y T4 presentan una menor incidencia de semillas vanas y sobresale en términos de semillas por mazorca, que contribuyen a mejorar la calidad y el valor comercial del producto final.
- Los resultados muestran que el tratamiento T4 registró el mayor promedio de peso de semilla seca, seguido por el T1 y T3, esto sugiere que en términos de rendimientos estos tratamientos sobresalen para el programa de mejora genética.
- En este ensayo el tratamiento T4, registró el menor promedio de índice de mazorca con 11 mazorcas, indicando que se necesitan menos mazorcas para producir un kilogramo de cacao seco aumentando el rendimiento mismo que presentó el mayor promedio de 2540 Kg/ha, seguidos de T1 y T3 estos resultados resaltan una mejora significativa en la productividad.
- Se determinó que dentro de los componentes que constituyeron, al rendimiento del cultivo de cacao Clon Bola existieron correlaciones altamente significativas. En las variables: índice de semilla, peso de semilla, granos por mazorca, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, ancho de la semilla y largo de la semilla.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Dado que el híbrido T1 ha mostrado un mayor tamaño de longitud y el T4 destaca en términos de semillas por mazorca y peso de semilla seca, se recomienda enfocar los esfuerzos de mejora genética en estos dos híbridos, debido a que los híbridos T1 y T4 muestran una menor incidencia de semillas vanas, promover su siembra para la futura propagación, de estos dos híbridos, que sus resultados demostraron una mejora en la calidad del cacao.
- El híbrido T4 muestra un menor promedio de índice de mazorca, lo que indica una mayor eficiencia en la productividad de cacao seco, en comparación con otros tratamientos, se sugiere promover su adopción entre los agricultores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, A. (2019). Evaluación de cuatro métodos de polinización artificial en cacao (*Theobroma cacao L.*). Costa Rica: IICA, San José (Costa Rica). Obtenido de Evaluación de cuatro métodos de polinización artificial en cacao (*Theobroma cacao L.*): <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1922>
- Azpeitia, A. (2018). *INIFAP*. Obtenido de Metodología adaptada para la formación de híbridos F1 de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Tabasco: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/90>
- Barrón, Y. (2018). *INIFAP*. Obtenido de Metodología adaptada para la formación de híbridos F1 y F2 de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Tabasco: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/90>
- Baudilio, D. (2020). Universidad de Investigación Avaladora. Obtenido de Acta Botánica Venezolana: <https://www.redalyc.org/pdf/862/86228107.pdf>
- Borja, G. (2019). Hibridación en cacao. Obtenido de INIAP Repositorios: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3404>
- Cabrera, V. (2018). Conozca y combata la monilla en cacao. *Scielo*, pag 3.
- Cente, F. (2019). Preferencia y daño del Carmenta spp, relacionado al crecimiento del fruto de *Theobroma cacao L.* CCN-51 en dos épocas de producción, Pichari, Cusco, 2015. Obtenido de Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga: [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3528/1/TESIS%20AF05\\_Cce.pdf](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3528/1/TESIS%20AF05_Cce.pdf)
- Chávez, J. (2019). Caracterización cultural, patogénica y sensibilidad in vitro de *Phytophthora spp.* asociado a enfermedades de mazorca de cacao (*Theobroma cacao L.*). Obtenido de ESPAMMFL: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1337/1/TTA10D.pdf>

- Cunin, C., & García, E. (2022). Universidad Estatal de Bolívar. Obtenido de Evaluación de la floración y formación de frutos en el cultivo de cacao clonal (*Theobroma cacao L*) Aplicando dos tipos de fertilizantes foliares con tres dosis, en el Cantón Ventanas: <https://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/4545/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION%20GARCIA%20ADRIAN-CUNIN%20CARMEN.pdf>
- Dessauw, D. (2021). Los nuevos clones de cacao que se han desarrollado en México, Costa Rica y Ecuador. Obtenido de I Congreso Latinoamericano científico técnico de cacao: [https://mocca.org/wp-content/uploads/2022/03/Memoria\\_congreso\\_latinoamericano\\_cacao.pdf](https://mocca.org/wp-content/uploads/2022/03/Memoria_congreso_latinoamericano_cacao.pdf)
- Díaz, E. (2018). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua Facultad Regional Multidisciplinaria. Obtenido de Conozca y combata monilla: <https://canacacao.org/wp-content/uploads/Moniliasis-IPADE-Nicaragua.pdf>
- Dorantes. (2019). Diversidad genética de cacao *Theobroma cacao L.* con marcadores moleculares microsatélites. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75268/7211504.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Elizalde, K. (2023). Repositorios UEB. Obtenido de Determinación de la eficiencia agronómica del cultivo de cacao ccn 51 (*Theobroma cacao L*), bajo la aplicación de cuatro fertilizantes foliares en el Cantón Caluma, Provincia Bolívar.: <https://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/6298/1/17-10-2023%20tesis%20lista.pdf>
- Freire, M. (2018). Dirección del centro nacional de referencia fitosanitaria. Obtenido de ficha técnica: <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Escoba%20bruja%20del%20cacao.pdf>
- Gaibor, A. (2018). El cultivo del cacao. Obtenido de Metodología adaptada para la formación de híbridos F1 de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Tabasco:

[https://www.researchgate.net/publication/273261750\\_Metodologia\\_adaptada\\_para\\_la\\_formacion\\_de\\_hibridos\\_F1\\_de\\_cacao\\_Theobroma\\_cacao\\_L\\_en\\_Tabasco](https://www.researchgate.net/publication/273261750_Metodologia_adaptada_para_la_formacion_de_hibridos_F1_de_cacao_Theobroma_cacao_L_en_Tabasco)

INIAP. (2024). Nuevo cultivar de cacao nacional. INIAP. Milagro: Yaguachi, EC: INIAP, Estación Experimental Litoral Sur, Unidad de Investigación, Desarrollo e Innovación/Cacao, 2023.

INIAP. (2021). Estación Experimental Litoral Sur. Obtenido de Potencial genético de los materiales de cacao del INIAP.: [https://www.worldcofoundations.org/wp-content/uploads/files\\_mf/1473869418FieldTripJQuiros.pdf](https://www.worldcofoundations.org/wp-content/uploads/files_mf/1473869418FieldTripJQuiros.pdf)

INIAP. (2019). Podemos combatir la escoba de bruja del cacao. *Scielo*, 18. Obtenido de La polinización en los sistemas de producción agrícola: revisión sistemática de la literatura : [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292016000300008](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292016000300008)

Lamilla, A. (2022). Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de Control químico de Monilia (*Moniliophthora roreri*) en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*), en Ecuador: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13087/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000409.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Machado, L. (2020). Clasificación taxonómica del cacao. Obtenido de UTB: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16142/1/ttuaca-2020-ia-de00025.pdf>

Meteobox. (2022). Meteobox. Obtenido de Tiempo San Carlos, Los Ríos: <https://meteobox.es/ecuador/san-carlos-3/>

Meza, G. (2018). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de Sistema de reproducción sexual y morfología floral de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) tipo Nacional y dos Trinitarios en la finca

experimental la represa: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4674/1/T-UTEQ-210.PDF>

MPCEIP. (2022). Boletín Productivo Zona 6. Obtenido de Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca: <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2022/11/Boletin-Productivo-Zona-6.pdf>

Orellana, E. (2019). *MAG*. Obtenido de requerimientos hidricos del cultivo: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658cacao.pdf>

Orozco, S. (2020). Universidad de Antioquia. Obtenido de Apoyo al mejoramiento del sistema productivo de la asociación acefuver: [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/17271/1/OrozcoSantiago\\_2020\\_AcefuverMejoramientoProductivo.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/17271/1/OrozcoSantiago_2020_AcefuverMejoramientoProductivo.pdf)

Pallazhco, R. (2021). Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de analisis espacial de la moniliasis en el cultivo de cacao en tres zonas de la provincia del guaya: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PALLAZHC%20MONILIASIS%20EN%20TRES%20ZONAS%20DE%20LA%20PROVINCIA%20DEL%20GUAYA.pdf>

Ramos, A. (2019). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. Obtenido de Caracterización fenotípica y genotípica de cultivares de cacao (*Theobroma cacao L.*) de Dibulla, La Guajira, Colombia: <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1557/784>

Ríos, D. (2018). Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de *Theobroma cacao*: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8660/MONOGRAFIA%20POLINIZADORES%20DEL%20CACAO.pdf;sequence=1>

Sánchez, L. (2022). Evaluación de los servicios de polinización de *Apis mellifera* L. (hymenoptera: apidae) en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) y su aporte en la producción. *SAN Pablo De León Cortés*, San José, Costa Rica. Obtenido de Universidad Nacional: <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream>

/handle/11056/13486/Tesis%20polinizaci%C3%B3n%20de%20aguacate.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sánchez, L. (2021). Control químico y cultural de la moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif & Par) del cacao (*Theobroma cacao* L) en el estado Barinas. Obtenido de Scielo: [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182003000200007](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182003000200007)

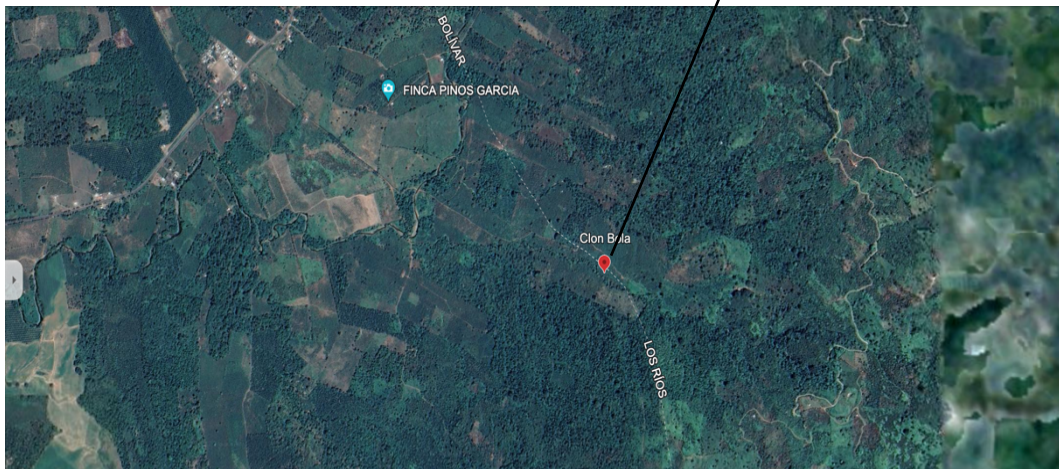
Sotomayor, H. (2019). INIAP. Obtenido de efecto de fungicidas sistémicos en el control de la moniliasis del cacao: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3816>

Tapia, L. (2021). Universidad Nacional. Obtenido de estudio del proceso de infección de *Moniliophthora roreri* en frutos de cacao (*Theobroma cacao*), en la provincia de Utcubamba - Región Amazonas: <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/2514/Alejandria%20Tapia%20Lisseth.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Villena, O. (2021). Origen del cacao. Obtenido de Cacao móvil: <https://cacaomovil.com/site/guide/el-cacao-en-sistemas-agroforestales-df638640-b491-4be2-a0e0-479d7b616e5f/9/cual-es-el-origen-del-cacao>

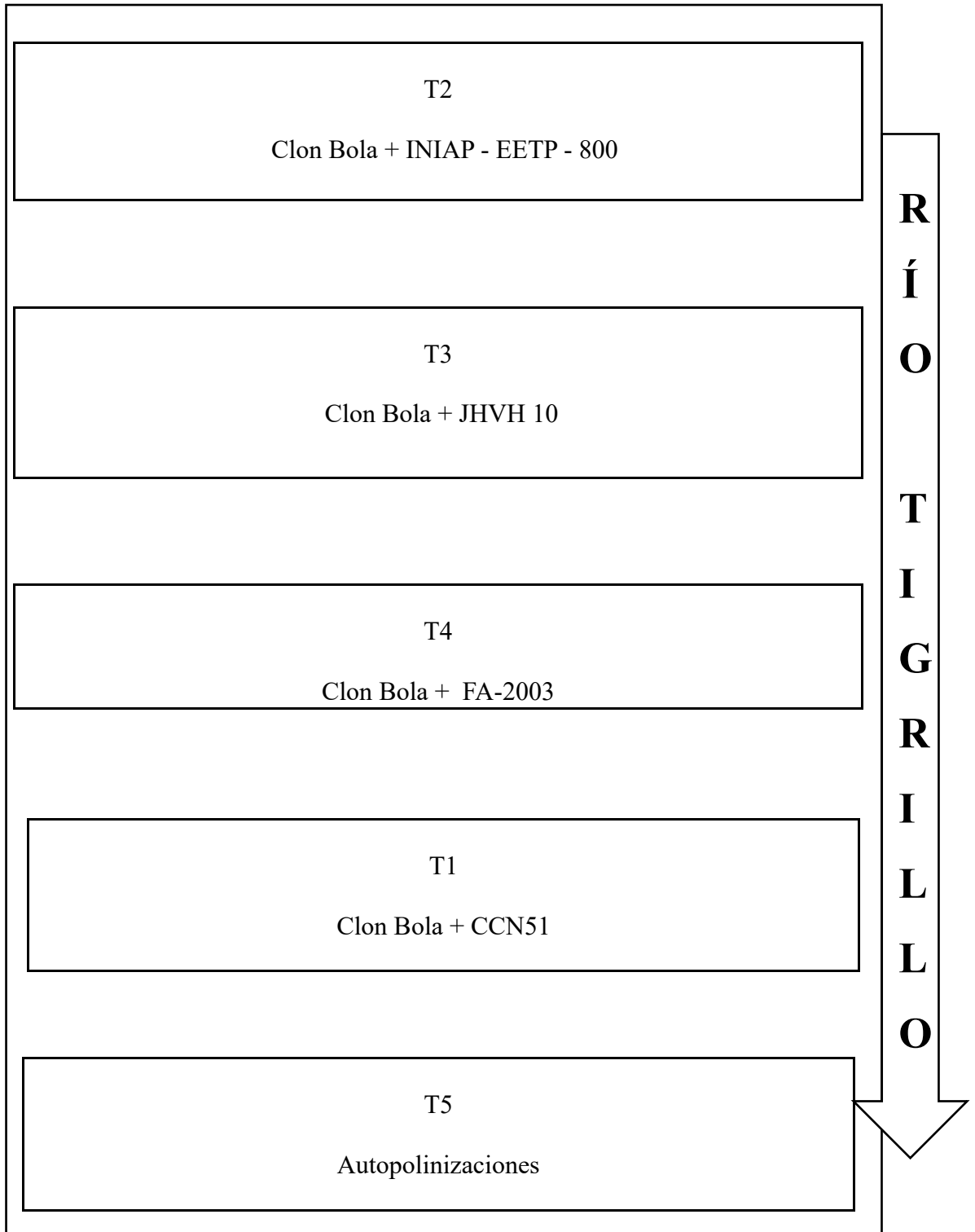
# **Anexos**

Anexo 1. Mapa de la ubicación del ensayo.



Anexo 2. Croquis del ensayo

**TRATAMIENTOS**



**Anexo 3.** Base de datos de las variables agronómicas y productivas evaluadas en Mata de Cacao 2024

Longitud de mazorca (LM)						Diámetro de mazorca (DM)				
No.	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
1	22	20	23	25	23	9.1	8.1	9.9	10.3	10.3
2	26	17	26	25	26	10.8	9.1	10.5	10.1	10.2
3	23	22	25	23	25	9.8	10	9.5	9.8	9.7
4	25	23	23	24	23	9.9	8.1	10.2	9.3	9.2
5	24	20	26	23	23	9.4	9	10.7	8.6	10.2
6	24	18	25	25	24	9.4	10.1	9	9.7	10
7	26	22	22	23	25	10.1	9.1	10.2	9.4	10.4
8	23	18	26	25	27	11	9.4	9.8	9.3	10.1
9	27	20	23	22	23	12	9.4	10.2	9.9	9.1
10	23	17	20	25	21	10.2	8.5	10.3	9.6	9.8
$\Sigma =$	243	197	239	240	240	101,7	90,8	100,3	96,0	99,0
$\mu =$	24,30	19,70	23,90	24	24	10,17	9,08	10,03	9,6	9,9

Ancho de la semilla (AS)						Largo de la semilla (LS)				
No.	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
1	1	0.5	1	0.9	0.9	2.9	2.3	3.3	3.3	3.3
2	1	0.4	1	1	0.8	3.1	2.8	3.1	2.9	3.3
3	0.8	0.6	1	0.8	0.8	3.5	2.7	3.1	3	3
4	0.9	0.6	1	1	0.5	3.7	2.7	3.1	3.3	2.7
5	0.7	0.5	1	1	0.7	3.8	2.9	3.3	2.8	2.9
6	0.8	0.4	1.1	0.8	0.8	3	3	3.3	3	3.2
7	1	0.4	1.2	0.9	0.7	3.5	2.8	1.8	3.4	3.3
8	0.9	0.6	1	0.9	0.6	3	2	2.9	3.9	3.4
9	1.2	0.5	0.9	0.9	0.9	3.9	2.1	3.5	3.5	2.9
10	1.1	0.4	1	0.9	0.8	3.9	2	1.9	3.3	2.8
$\Sigma =$	9,4	4,9	10,2	9,1	7,5	34,3	25,3	29,3	32,4	30,8
$\mu =$	0,94	0,49	1,02	0,91	0,75	3,43	2,53	2,93	3,24	3,08

Número de semillas vanas (NSV)						Número de mazorcas cosechadas (NMC)				
No.	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
1	2	2	1	0	1	8	2	8	4	3
2	1	1	1	0	0	7	1	7	3	4
3	0	1	0	1	2	5	2	9	6	2
4	0	2	1	0	0	6	3	10	9	1
5	0	1	3	0	0	8	2	8	8	4
6	0	1	0	0	1	4	3	7	5	5
7	0	1	3	0	0	7	1	9	11	2
8	0	0	2	0	0	3	1	5	6	3
9	0	2	0	1	0	8	2	4	5	1
10	0	1	2	0	0	9	3	3	7	4
$\Sigma =$	3	12	13	2	4	65	20	70	64	29
$\mu =$	0	2	1	0	1	7	2	7	6	3

Incidencia de monilla en mazorca (IMM)						Semillas por mazorca (SM)				
No.	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
1	5	10	0	0	10	35	33	47	48	47
2	0	5	5	0	5	46	36	48	48	49
3	0	10	0	0	15	44	38	41	47	54
4	0	0	5	0	0	46	40	28	51	48
5	5	0	0	0	5	44	42	50	49	47
6	0	10	5	0	0	52	34	47	48	48
7	5	1	0	0	5	44	33	43	49	57
8	0	5	5	0	15	49	36	45	53	51
9	0	5	0	0	10	38	39	52	45	37
10	0	5	5	0	10	50	40	42	47	46
$\Sigma =$	15	51	25	0	75	448	371	443	485	484
$\mu =$	2 %	5 %	3 %	0 %	8 %	45	37	44	49	48

Espesor del caballete (EC)						Profundidad del surco (PS)				
No.	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
1	1.5	1.9	1.4	2	1.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5
2	1.6	2	1.9	2.2	1.4	0.2	0.2	0.4	0.2	1.3
3	1.5	1.5	1.9	1.8	1.1	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3
4	1.7	1.5	2	1.9	1.1	0.5	0.4	0.2	0.1	0.8
5	1.5	1.9	1.5	1.4	1.1	0.3	0.4	0.5	0.2	0.5
6	1.7	1.4	1.5	1.4	1.1	0	0.3	0.4	0.6	0.3
7	1.8	1.1	1.2	1.8	1.9	0.5	0.3	0.4	0.8	0.3
8	1.7	1.1	1.7	1.9	1.7	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3
9	1.6	1.1	1.5	1.5	1.3	0.3	0.2	0.5	0.2	0.2
10	1.8	1.1	1.2	1.8	1.5	0.3	0.2	0.4	0.5	0.2
$\Sigma =$	16	15	16	18	14	3,1	2,8	3,6	3,5	4,7
$\mu =$	1,6	1,5	1,6	1,8	1,4	0,31	0,28	0,36	0,35	0,47

Índice de semilla (IS)						Índice de mazorcas (IM).				
No.	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
1	1.86	1.34	1.91	1.93	1.36	12	20	12	11	15
2	1.88	1.32	1.80	1.88	1.67	12	21	13	11	12
$\Sigma =$	3.74	2.66	3.71	3.81	3.03	24	41	25	22	27
$\mu =$	1.87	1.33	1.86	1.91	1.52	12	21	13	11	14

Peso de semilla seca (PS)						Rendimiento (Kg/ha)				
No.	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
1	186	134	191	193	136	2480	1786.67	2546.67	2573.33	1813.33
2	188	132	180	188	167	2506.67	1760	2400	2506.67	2226.67
$\Sigma =$	374	266	371	381	303	4986.67	3546.67	4946.67	5080	4040
$\mu =$	187	133	185,50	190,50	151,50	2493.34	1773.34	2473.34	2540	2020

<b>Peso de la semilla húmeda con pulpa y testa (PSH)</b>					
<b>No.</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
<b>1</b>	152	154	264	246	313
<b>2</b>	258	135	272	235	230
<b>3</b>	238	242	223	227	234
<b>4</b>	247	152	203	233	254
<b>5</b>	246	153	234	256	242
<b>6</b>	220	158	267	245	241
<b>7</b>	256	254	257	256	215
<b>8</b>	278	223	216	234	222
<b>9</b>	256	272	265	277	168
<b>10</b>	231	145	217	235	183
<b><math>\Sigma =</math></b>	2382	1888	2418	2444	2302
<b><math>\mu =</math></b>	238,2	188,8	241,8	244,4	230,2

## Anexo 4. Fotografías

### ACTIVIDADES REALIZADAS

#### Distribución de la unidad experimental



#### Control de maleza



## Cosecha



## Secado



## Visita de campo



**TOMA DE DATOS (VARIABLES RESPUESTAS)**

**Longitud de mazorca (LM)**



**Diámetro de mazorca (DM)**



**Ancho de la semilla (AS)**



**Largo de la semilla (LS)**



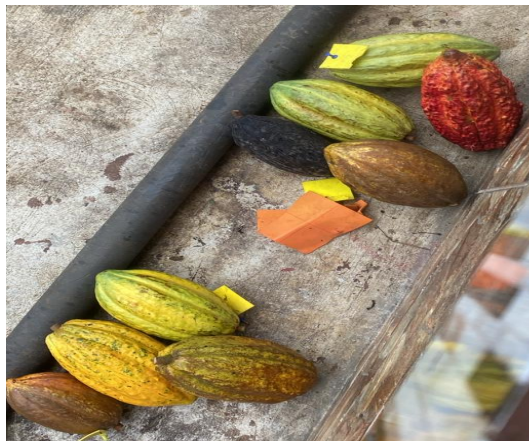
**Número de semillas vanas (NSV)**



**Semillas por mazorca (SM)**



**Número de mazorcas cosechadas (NMC)**



**Incidencia de monilla en mazorca (IMM)**



**Espesor del caballete (EC)**



**Profundidad del surco (PS)**



**Peso de la semilla húmeda con pulpa y testa (PSH)**



**Peso de semilla seca**



## **Anexo 5.-** Glosario de términos técnicos

**Autopolinización:** Proceso de polinización donde el cacao se fertiliza a sí mismo sin intervención externa.

**Caballote del cacao:** Es el diametro del cascaron en la parte media de la mazorca aun menor diametro mayor largo de semilla.

**Calidad del grano:** Evaluación de atributos como tamaño, peso y otras características del grano.

**Características deseables:** Atributos específicos que se buscan en una nueva variedad de cacao, como resistencia a enfermedades, alta productividad, calidad del grano, etc.

**Clon Bola o JA-Bola-2003:** Variante específica de cacao obtenida mediante selección de material vegetativo de plantaciones antiguas.

**Endogamia:** Cruce entre individuos estrechamente relacionados genéticamente, lo que puede aumentar la expresión de rasgos recesivos no deseados.

**Espesor del caballote:** Se refiere al espesor del cascarón, un cascarón de gran espesor dificulta su labor de extracción de almendras.

**F1:** Abreviatura de "primera generación filial", los descendientes de la primera cruce entre dos variedades diferentes.

**F2:** Abreviatura de "segunda generación filial", los descendientes de la cruce entre dos individuos F1.

**Fermentación:** Proceso de descomposición controlada que afecta los granos de cacao, mejorando su sabor y aroma.

**Fertilizante:** Sustancia aplicada al suelo para mejorar la calidad y cantidad de nutrientes disponibles para las plantas.

**Floración:** Etapa del ciclo de vida del cacao donde se desarrollan las flores.

**Heterocigoto:** Un organismo que lleva dos copias diferentes de un gen particular

**Hibridación:** Cruce de dos variedades de cacao con características específicas para mejorar el rendimiento.

**Híbridos:** Es el resultado del cruzamiento entre dos líneas puras, o plantas convencionales

**Homocigoto:** Un organismo que lleva dos copias idénticas de un gen particular.

**Índice de mazorca:** Se refiere a la relación entre el peso total de la mazorca de cacao y el peso de las semillas contenidas en ella para tener un 1kg en seco.

**Índice de semilla:** Se refiere a la proporción de semillas dentro del fruto en comparación con el peso total del mismo.

**Mejoramiento genético:** Proceso de selección y reproducción de individuos con características deseables para mejorar una población de plantas.

**Polinización:** Transferencia de polen desde la flor masculina a la femenina para la formación de frutos.

**Rendimiento:** Cantidad de granos de cacao cosechados por unidad de área, medida clave para evaluar la productividad.

**Retrocruzamiento:** Es un cruce de un híbrido con uno de sus progenitores o un individuo genéticamente similar a su progenitor, para lograr descendencia con una identidad genética más cercana a la del progenitor. Se utiliza en la horticultura, la cría de animales y la producción de organismos de inactivación genética.

**Selección parental:** Proceso de elección de los progenitores para el cruce, considerando sus características genéticas y fenotípicas.

**Surcos del cacao:** Se refieren a las hendiduras o líneas en la superficie de las semillas de cacao. Estos surcos varían en número y profundidad, y su presencia afecta la calidad del cacao.