

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**PRODUCTIVIDAD DE *Theobroma cacao* L. CLON CCN 51, MEDIANTE LA
APLICACIÓN DE UN BIORREGULADOR Y UN BIOESTIMULANTE, EN UCHIZA**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por:

FRANK DIEGO CINESIO PISCO CORNELIO

Asesor:

M.Sc. JAIME JOSSEPH CHÁVEZ MATÍAS

Tingo María - Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: fagro@unas.edu.pe.

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 00 -2022-FA-UNAS

BACHILLER : **FRANK DIEGO CINESIO PISCO CORNELIO**

TÍTULO : “Productividad de *Theobroma cacao* L. clon CCN 51, mediante la aplicación de un biorregulador y un bioestimulante, en Uchiza”

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Ing. M. Sc. Luis F. García Carrión
VOCAL : Ing. Jorge Cerón Chávez
VOCAL : Ing. Carlos Miguel Miranda Armas

ASESOR : Ing. M. Sc. Jaime Joseph Chávez Matías

FECHA DE SUSTENTACIÓN : Miércoles 20 de Abril, 2022

HORA DE SUSTENTACIÓN : 5 pm.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : Sala virtual - Facultad de Agronomía

CALIFICATIVO : Muy Bueno

RESULTADO : Aprobado

OBSERVACIONES A LA TESIS : En hoja adjunta

Tingo María, 21 de Abril de 2022

M.Sc. LUIS FERNANDO GARCIA CARRIÓN
PRESIDENTE

Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
VOCAL

Ing. JORGE CERON CHAVEZ
VOCAL

M.Sc. Jaime J. CHAVEZ MATIAS
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 167 - 2022 - CP-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:


Facultad de Agronomía

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PRODUCTIVIDAD DE Theobroma cacao L. CLON CCN 51, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN BIORREGULADOR Y UN BIOESTIMULANTE, EN UCHIZA	FRANK DIEGO CINESIO PISCO CORNELIO	20% Veinte

Tingo María, 12 de octubre de 2022


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE
TÍTULO**

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Título de Tesis	: Productividad de <i>Theobroma cacao</i> L. clon CCN 51, mediante la aplicación de un biorregulador y un bioestimulante, en Uchiza
Autor	: Bach. Frank Diego Cinesio Pisco Cornelio
DNI	: 73301000
Correo electrónico	: frank.pisco@unas.edu.pe
Asesor	: Ing. M.Sc. Jaime Chávez Matías
Escuela Profesional	: Agronomía
Programa de Investigación	: Agricultura moderna y tradicional
Línea (s) de Investigación	: Agroecología
Eje temático de investigación	: Producción de cultivo
Lugar de Ejecución	: Uchiza - Tocache
Duración del trabajo	: 13 meses
Fecha de Inicio	: 2 de diciembre 2019
Término	: 31 de diciembre 2020
Financiamiento	: S/ 2 000
FEDU	: NO
Propio	: SI
Otros	: NO

Tingo María - Perú - Octubre, 2022

DEDICATORIA

A mis queridos padres: Cesar Pisco Berrospi y María Cornelio Adán, por darme la vida y guiar mis pasos con sus sabios consejos en mi formación profesional.

A mis hermanos: Maricel, Iveth y Cesar, por su cariño y apoyo incondicional en todo momento de mi vida.

A mis abuelos: Eustaquio Cornelio Huaranga y Anatolia Adán Cordero, quienes durante mi vida me han sabido guiar, cuidar y apoyar.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por la contribución en mi formación profesional.
- A la Empresa Palmas del Espino S.A por brindarme la oportunidad y el sostén en la realización del trabajo de investigación.
- Al Ing. M.Sc. Jaime Chávez Matías, asesor de la tesis, por guiarme en la conducción y culminación.
- Al Ing. José Bartra Perea, colaborador de la tesis, por su constante apoyo en la ejecución y redacción.
- Al Dr. Ricardo Bardales Lozano, por su colaboración en el análisis estadístico de mi tesis.
- A los miembros del jurado: Ing. M.Sc. Luis García Carrión, Ing. Carlos Miranda Armas e Ing. Jorge Cerón Chávez, por sus orientaciones y sugerencias para la finalización de mi tesis.

INDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Importancia del cacao	3
2.2. Requerimientos climáticos del cacao	3
2.2.1. Temperatura	3
2.2.2. Precipitación	3
2.2.3. Humedad relativa	3
2.2.4. Radiación solar	3
2.3. Influencia de los factores climáticos en el cacao	4
2.3.1. Temperatura	4
2.3.2. Precipitación	4
2.3.3. Humedad relativa	4
2.3.4. Radiación solar	4
2.4. Requerimientos edáficos del cacao	5
2.4.1. Drenaje	5
2.4.2. pH del suelo	5
2.4.3. Materia orgánica	5
2.4.4. Topografía	5
2.5. Requerimientos nutricionales del cacao	5
2.6. Manejo agronómico del cacao	6
2.6.1. Control de malezas	6
2.6.2. Fertilización	6
2.6.3. Podas	6
2.6.4. Deschuponado	7
2.6.5. Control de plagas y enfermedades	7

2.6.6. Cosecha.....	7
2.6.7. Beneficio.....	7
2.7. Biorreguladores de crecimiento	7
2.7.1. Auxinas	8
2.7.2. Giberelinas	9
2.7.3. Citoquininas	10
2.8. Efecto de los biorreguladores en las plantas	12
2.9. Bioestimulantes.....	13
2.10. Características de los productos químicos	13
2.10.1. TRIGGRR Trihormonal.....	13
2.10.2. Terra-Sorb Foliar	14
2.11. Antecedentes de la investigación.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Lugar de ejecución	18
3.1.1. Condiciones climáticas	18
3.1.2. Características físico - químico del suelo	19
3.1.3. Historial del campo experimental	19
3.1.4. Periodo de ejecución.....	20
3.2. Componentes en estudio	20
3.3. Diseño estadístico	20
3.3.1. Tratamientos	20
3.3.2. Diseño experimental	20
3.3.3. Características del campo experimental	21
3.3.4. Análisis estadístico	22
3.3.5. Variables independientes	22
3.3.6. Variables dependientes	22
3.4. Conducción del experimento	22

3.4.1. Aplicación de los tratamientos.....	23
3.4.2. Manejo agronómico del cultivo	23
3.5. Parámetros evaluados.....	24
3.5.1. Rendimiento de grano seco.....	24
3.5.2. Índice de mazorca	24
3.5.3. Índice de semilla	24
3.5.4. Análisis de rentabilidad	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. Rendimiento de grano seco de cacao	26
4.2. Índice de mazorca (IM).....	31
4.3. Índice de semilla (IS)	34
4.4. Análisis de rentabilidad.....	37
V. CONCLUSIONES	38
VI. PROPUESTAS A FUTURO	39
VII. REFERENCIAS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Datos meteorológicos durante la ejecución del experimento, año 2020.....	18
2. Características físico-químico del suelo.....	19
3. Descripción de los tratamientos en estudio.....	20
4. Análisis de varianza del rendimiento del grano seco de cacao.	26
5. Prueba de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$) para el rendimiento de grano seco de cacao.....	26
6. Prueba de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$) para el rendimiento mensual de grano seco de cacao.....	30
7. Análisis de varianza del índice de mazorca de cacao.	31
8. Prueba de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$) para el índice de mazorca mensual.....	33
9. Análisis de varianza del índice de semilla de cacao.	34
10. Prueba de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$) para el índice de semilla mensual.....	36
11. Análisis económico del rendimiento de grano seco de cacao.....	37
12. Datos de evaluación del rendimiento kg ha^{-1} de grano seco de cacao.....	47
13. Datos de evaluación del índice de mazorca de cacao.	48
14. Datos de valuación del índice de semilla de cacao.	48
15. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado).....	48
16. Prueba de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$) del del índice de mazorca de cacao.	49
17. Prueba de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$) del índice semilla de cacao.....	49
18. Costo de producción del cultivo de cacao.....	50
19. Costo de producción de cacao con el tratamiento T1.	51
20. Costo de producción de cacao con el tratamiento T2.	52
21. Costo de producción de cacao con el tratamiento T3.	53
22. Costo de producción de cacao con el tratamiento T4.	54
23. Costo de producción de cacao con el tratamiento T5.	55
24. Costo de producción de cacao con el tratamiento T6	56
25. Costo de producción de cacao con el tratamiento T7.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diagrama de cajas del rendimiento de grano seco de cacao.	27
2. Diagrama de cajas del índice de mazorca de cacao.	32
3. Diagrama de cajas del índice de semilla de cacao.	35
4. Ubicación del campo experimental.	58
5. Campo experimental	58
6. Croquis del campo experimental.	59
7. Croquis de la unidad experimental.	60
8. Aspersión foliar del biorregulador de acuerdo a los tratamientos.	60
9. Supervisión de la aplicación foliar del biorregulador.	61
10. Monitoreo de trabajos en campo.	61
11. Evaluación del índice de semilla.	62

RESUMEN

El objetivo fue determinar la productividad del cacao mediante la aplicación de un biorregulador y un bioestimulante. Por ello, se realizó un trabajo experimental en la plantación comercial de la empresa Palmas del Espino, en el distrito de Uchiza, San Martín, durante el periodo de diciembre 2019 a diciembre de 2020. Los tratamientos estuvieron conformados por aspersiones individuales del biorregulador TRIGGRR trihormonal (0,5 1 y 2 L/ha) y en combinación con el bioestimulante Terra-Sorb Foliar (1 L/ha). Se adoptó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 3 repeticiones y 8 tratamientos; conformándose un total de 24 unidades experimentales. Las variables dependientes fueron: rendimiento, índice de mazorcas, índice de semilla y rentabilidad; los cuales fueron evaluados cada 15 días. Los promedios fueron comparados mediante la prueba de Tuckey y el procesamiento de los datos se realizó con el auxilio del software InfoStat. Los resultados evidenciaron que los tratamientos T₃ (TRIGGRR Trihormonal 2L) y T₆ (TRIGGRR Trihormonal 2 L + Terra-Sorb Foliar 1 L), obtuvieron los más altos rendimientos con 2 056,23 kg/ha y 1782,36 kg/ha de grano seco de cacao, respectivamente, resultando superiores estadísticamente a los demás tratamientos. El índice de mazorcas e índice de semilla, no evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Mientras que, en el análisis de rentabilidad, el T₃ (TRIGGRR Trihormonal 2 L/ha), presentó la mayor relación beneficio costo (3 B/C), generando una utilidad neta de S/ 9 593,61.

Palabras clave: *Theobroma cacao*, biorregulador, productividad, bioestimulante.

ABSTRACT

The objective was to determine cocoa productivity through the application of a bioregulator and a biostimulant. Therefore, an experimental work was carried out in the commercial plantation of the company Palmas del Espino, in the district of Uchiza, San Martín, during the period from December 2019 to December 2020. The treatments consisted of individual sprays of the bioregulator TRIGGRR trihormonal (0.5, 1 and 2 L/ha) and in combination with the biostimulant Terra-Sorb Foliar (1 L/ha). A randomized complete block design (RCBD) was adopted, with 3 replications and 8 treatments, for a total of 24 experimental units. The dependent variables were: yield, ear index, seed index and profitability, which were evaluated every 15 days. The averages were compared using Tukey's test and the data were processed with the help of InfoStat software. The results showed that treatments T₃ (TRIGGRR Trihormonal 2 L) and T₆ (TRIGGRR Trihormonal 2 L + Terra-Sorb Foliar 1 L), obtained the highest yields with 2 056.23 kg/ha and 1782.36 kg/ha of dry cocoa beans, respectively, being statistically superior to the other treatments. The pod index and seed index did not show significant statistical differences between treatments. In the profitability analysis, T₃ (TRIGGRR Trihormonal 2 L/ha) had the highest benefit-cost ratio (3 B/C), generating a net profit of S/. 9,593.61

Key words: Theobroma cacao, bioregulator, productivity, biostimulant.

I. INTRODUCCIÓN

El cacao, insumo para producir chocolate y otros derivados, es apreciado al nivel mundial por su sabor y sus beneficios nutritivos. Esta importancia lo convierte en un cultivo de demanda significativa. En el Perú, se produce cacao de una manera ordenada y competitiva desde inicios del siglo XXI, y en los últimos 12 años obtuvo un crecimiento significativo con una tasa de 17,9 % por cada año, alcanzando una producción de 4,7 millones (t) de grano seco en el 2020. Este crecimiento de la producción se ha convertido para algunas localidades rurales del Perú, en una importante fuente de ingresos por cuánto más de 100 000 familias productoras (Barrientos, 2015; Alejos y Ríos, 2019; De la Vega, 2020). Asimismo, FAO (2020) señala que la productividad del cacao en el Perú fue de 937 kg/ha.

Pero pese a ello, los volúmenes de producción de grano seco de cacao en los trópicos húmedos se ven limitada por ciertos factores abióticos, que no se pueden controlar, la productividad. La temperatura es uno de los principales factores limitantes en este proceso, debido al estrés térmico que afecta en el rendimiento de semillas (Daymond y Hadley, 2004); así mismo, en gran parte de la Amazonía peruana la marcada estacionalidad de época seca es cada vez mayor, lo que conlleva a una escasez de agua cada vez más intensa, reflejándose en una baja floración y formación de frutos de cacao (Lozano, 2019). Por otra parte, en épocas lluviosas, las altas precipitaciones también generan cuadros de estrés, debido a la excesiva acumulación de humedad en el suelo, provocando la asfixia y muerte en muy corto tiempo de raíces. El estrés en las plantas es el resultado del desbalance entre las hormonas del crecimiento (auxinas, citoquininas y ácido giberélico) y las hormonas del estrés (etileno y ácido abscísico). En consecuencia, si una planta se encuentra estresada no podrá mostrar su máxima expresión genética (Stoller, 2015).

Por lo tanto, es necesario buscar alternativas agrícolas que incrementen la productividad por hectárea cultivada, que aseguren el amarre y formación de frutos sanos. Una manera de garantizar la mayor retención o amarre de frutos en condiciones de campo, es el uso de biorreguladores (o reguladores de crecimiento) y bioestimulantes, actividad muy difundida en diversos cultivos (Kundu et al., 2013; Hernández et al., 2019; Porta y Jiménez, 2019).

Por ello, en el siguiente trabajo de investigación se plantea la siguiente hipótesis: que posiblemente la aplicación de una de las dosis del biorregulador y bioestimulante, incrementará significativamente la productividad del cacao (clon CCN 51). Con base a lo anterior, se propone los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar la productividad del cacao mediante la aplicación de un biorregulador y un bioestimulante, bajo las condiciones de Uchiza, San Martín.

Objetivos específicos:

- Determinar el rendimiento del cacao clon CCN 51, mediante la aplicación de un biorregulador y un bioestimulante
- Determinar la dosis más eficiente del biorregulador en el cultivo de cacao.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importancia del cacao

Theobroma cacao L. es una especie cuyo origen se encuentra los bosques tropicales de América del Sur, el centro está comprendida por las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo: tributarios del río Amazonas. A nivel mundial más de 50 países se dedican al cultivo de cacao, distribuidas en los continentes África, América, Asia y Oceanía. En América, se produce cacao con fines de exportación en 23 países, lo que convierte en un cultivo de gran importancia económica, social, ambiental. En Perú, el cultivo de cacao tuvo una expansión de áreas sembradas, siendo el departamento de San Martín con mayor número hectáreas. Por otro lado, el cacao es un alimento rico en minerales, vitaminas y fibra, que ofrece numerosos beneficios. Además, tiene propiedades nutricionales y terapéuticas, aprovechadas para la elaboración de diversos productos, entre ellos destaca el chocolate (IICA, 2006; García, 2010; Armando, 2016; IICA, 2017;)

2.2. Requerimientos climáticos del cacao

De los efectos de todos los factores climáticos, podemos decir que, el potencial máximo de rendimiento es mejor donde las condiciones son aproximadamente las siguientes:

2.2.1. Temperatura

Las condiciones óptimas para la producción de cacao se localizan entre 20 °C a 30 °C, con una media mensual de 25 °C (IICA, 2006; Gonzales, 2008).

2.2.2. Precipitación

Gonzales (2008), indica que las necesidades de agua en zonas bajas más cálidas fluctúan entre 1 500 - 2 500 mm, y en zonas más frescas o los valles altos entre 1 200 a 1 500 mm. Mientras que Sáenz y Cabezas (2007) citan que el cacao se desarrolla con una precipitación de 1 800 y los 2 000 mm anuales de lluvia, y no debe ser menor de 100 mm al mes.

2.2.3. Humedad relativa

Este factor está muy relacionado con la incidencia de lluvias. La humedad relativa óptima está entre 70 a 80 % (Arévalo et al., 2004; IICA, 2006).

2.2.4. Radiación solar

Se entiende por radiación solar fotosintéticamente activa, a la cantidad total de energía proveniente del sol en forma de fotones y con longitudes de onda entre los 400 y los 700 nanómetros (nm). Ha sido establecida como uno de los factores determinantes para

estimar el rendimiento potencial de los cultivos ya sean densos o sembrados en arreglos especiales (Sáenz y Cabezas, 2007).

2.3. Influencia de los factores climáticos en el cacao

2.3.1. Temperatura

Gonzales (2008), menciona que la temperatura influye, de forma positiva en el desarrollo de frutos; observándose un crecimiento más acelerado en temperaturas altas, por tanto, un menor periodo de maduración (140 días); mientras que en periodos fríos se extiende hasta los 170 días; esto explica la prolongación de cosechas en zonas alrededor 1200 m.s.n.m. Así mismo, Sáenz y Cabezas (2007) hacen referencia, que a temperaturas bajas se evidencia una disminución del crecimiento vegetativo, mayor tiempo de iniciación productiva, periodos amplios en el desarrollo de mazorcas y ocasionalmente bajo nivel porcentual de fructificación; por otra parte, el incremento de temperatura afecta disminuyendo la capacidad de absorción de agua y nutrientes, de las raíces superficiales.

2.3.2. Precipitación

El cacao es una planta muy sensible a la falta de humedad en el suelo y necesita un adecuado suministro hídrico para ejecutar sus procesos metabólicos. Por consecuencia, la precipitación influye en el crecimiento, brotamiento, floración y fructificación. En zonas donde la época seca es muy extensa y solamente se concentran las lluvias en un periodo breve, puede causar disminución de cosechas por incidir en la floración y cuajado de frutos. Esto es debido a la asfixia y muerte de las raíces por un anegamiento del suelo (IICA, 2006; Sáenz y Cabezas, 2007; González 2008). Palmas del Espino (2017) desarrolló un análisis sobre el efecto de la precipitación en la variabilidad del índice de grano seco (IGS), obteniendo una relación indirecta entre los dos factores, esto explica la disminución porcentual del IGS en épocas de precipitación alta.

2.3.3. Humedad relativa

El cacao es una planta mesófila, por tanto, se ve afectada mucho si se presentan épocas de sequía prolongado y de humedad relativa baja. La humedad relativa influye significativamente en el desarrollo de la enfermedad pudrición parda; además de favorecer el acelerado crecimiento de musgos y líquenes en ramas. (IICA, 2006).

2.3.4. Radiación solar

En plantas de cacao, se debe tener en cuenta dos etapas. La primera durante los dos primeros años después del establecimiento en campo, esto coincide con el crecimiento

vegetativo, donde realiza gran acumulación de biomasa en la zona fotosintéticamente activa e intensa respiración. Durante esta fase, requieren niveles bajos de radiación solar, esto es unos 300 a 400 w.m⁻². Después de los dos años de crecimiento, las plantas alcanzan un desarrollo vigoroso en la copa, la cual puede alcanzar un índice de área foliar mayor de 2, por tanto, comienzan el autosombramiento. En esta etapa, un árbol de cacao en un día soleado puede llegar a transpirar 90 L de agua y en un día nublado a 45 L de agua (De Almeida y Valle, 2007).

2.4. Requerimientos edáficos del cacao

Requieren de suelos con fertilidad de media a alta, es por eso que los suelos aluviales son propicios para el cacao, de textura franco, franco arcilloso y franco arenoso (IICA, 2006; Gómez, 2014; IICA, 2017).

2.4.1. Drenaje

Se desarrolla adecuadamente en suelos de profundidad: 0.60-1.50 m. deben presentar facilidad de evacuación de agua con la construcción de canales (IICA, 2006; Gómez, 2014; IICA, 2017).

2.4.2. pH del suelo

Requiere de un óptimo pH de 5.5 a 7; sin embargo, pueden desarrollarse en pH inferiores, hasta 4.5 (IICA, 2006; Gómez, 2014).

2.4.3. Materia orgánica

Deben ser mayor de 3 %, este parámetro depende de las condiciones físicas y biológicas del suelo (IICA, 2006).

2.4.4. Topografía

Requiere de terrenos ligeramente planos ondulados, con pendientes mayores de 15% y menores del 25 % (Gómez, 2014; IICA, 2017).

2.5. Requerimientos nutricionales del cacao

La nutrición en el cacao es fundamental para el desarrollo fisiológico y óptimo crecimiento, para lograr una productividad de acuerdo a la variedad y edad. Las plantas requieren de por lo menos 17 elementos para el desenvolvimiento productivo, estos generalmente se encuentran en el medio ambiente y en la primera capa del suelo, son variables debido a diversos factores. El cacao en la fase de producción genera una gran demanda de estos elementos para la formación de frutos. Es por esto que la cantidad de nutrientes a emplear está

influenciada por la fertilidad del suelo, metodología de fertilización, productividad que se quiere alcanzar y las condiciones de clima (Carrillo et al., 2010).

En investigaciones realizadas en cacao clon CCN 51, cultivadas a pleno sol y a una densidad 2 222 plantas/ha, se registra una extracción de nutrientes a nivel de frutos fue de 101 – 27 – 204 – 42 – 12 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O, MgO y S respectivamente. Por otro lado, con una densidad de 833 plantas/ha, fue de 50, 23, y 101, 21 y 6 kg/ha respectivamente.. Asimismo, hasta la fase productiva las plantas de cacao acumulan 438 – 48 – 633 – 129 - 60 kg/ha de de N, P₂O₅, K₂O, MgO y S respectivamente. El cumplimiento de la demanda nutricional a través de una buena fertilización influye de manera significativa y es uno de los pilares fundamentales para obtener una alta productividad (Leiva, 2012).

2.6. Manejo agronómico del cacao

2.6.1. Control de malezas

El objetivo es impedir la competencia nutricional e hídrica entre el cultivo de cacao con las malezas. Generalmente se realiza el macheteo periódicamente, como método de control físico, evitando afectar las raíces superficiales. Por otra parte, se tiene en control químico, con aplicaciones esporádicas de herbicidas sistémicos o de contacto; sin embargo, cuando se ejecuta esta actividad es importante que no haya contacto directo con las plantas. Aunque no se registran investigaciones de efectos adversos del control químico de malezas en plantaciones de cacao (IICA, 2006).

2.6.2. Fertilización

Las plantas de cacao en producción, requieren una gran demanda nutricional, para la conformación de las mazorcas, hojas y ramas. Estas necesidades son mayores en una plantación a pleno sol, en comparación de una plantación con instalación de sombras permanentes. Es recomendable realizar un análisis suelo para determinar la fórmula de abonamiento ideal, asimismo, se menciona que la fertilización debe contener por lo menos N, P₂O₅ y K₂O, esta mezcla se debe aplicar a un radio de 1.5 m alrededor de la planta (IICA, 2017).

2.6.3. Podas

Esta actividad tiene como finalidad erradicar partes improductivas del árbol de cacao, incentivar el crecimiento de nuevos brotes, eliminar ramas mal formadas, favorecer la visibilidad de las mazorcas (IICA, 2006).

2.6.4. Deschuponado

Es la eliminación de los chupones, ya que estos generan gran extracción de nutrientes del suelo. (IICA, 2006).

2.6.5. Control de plagas y enfermedades

Los principales insectos plagas que afectan al cacao son el mazorquero, chinche mosquilla, cochinillas, pulgones y hormigas. Mientras que, la moniliasis, la escoba de bruja, la pudrición parda, el mal de machete, el pie negro, conforman las enfermedades más representativas del cacao. Se refiere efectos positivos de aplicaciones de fungicidas a base de cobre en el control de monilia (IICA, 2017).

2.6.6. Cosecha

Esta actividad se lleva al cabo de 5.6 meses después de la polinización, las mazorcas cambian de color, principalmente en los surcos. Se recolectan solamente los frutos los frutos maduros, cada 15 días, de las cuales se extraen las semillas (Lozano, 2019).

2.6.7. Beneficio

Es la fermentación y secado de los granos de cacao. La fermentación es un desarrollo bioquímico cuya finalidad es alcanzar la muerte del embrión. Mientras que el secado es la reducción del porcentaje de humedad de los granos fermentados a un parámetro de 7 a 8 %, para su almacenado (IICA, 2017).

2.7. Biorreguladores de crecimiento

Una planta produce internamente compuestos hormonales, llamado fitohormonas u hormonas vegetales, éstas realizan sus funciones a pequeñas concentraciones, produciendo efectos a nivel celular, cambiando modelos de crecimiento y desarrollo; tienen un papel regulador, pero no nutricional. (Davies, 2004; Santner et al., 2009; Depuydt y Hardtke, 2011). Los reguladores de crecimiento vegetal o biorreguladores, son compuestos sintetizados químicamente, y generalmente son mucho más eficientes que los naturales, modifican o regulan los procesos fisiológicos en una medida apreciable en la planta cuando se utilizan en pequeñas concentraciones (George et al., 2008; Bons y Kaur, 2020). Los biorreguladores son productos sintéticos que se convirtieron en herramientas primordiales debido a su capacidad de controlar la actividad bioquímica, el crecimiento y la respuesta de las plantas al estrés biótico y abiótico; por lo que su uso aumentó considerablemente en los últimos años (Santner et al., 2009; Wolters y Jurgens, 2009 y Alcántara et al., 2019).

Los reguladores de crecimiento han impulsado el desarrollo de toda una rama de la industria agroquímica permitiendo el uso de esas formulaciones en plantaciones comerciales. Para ello, es necesario tener en cuenta aspectos críticos como oportunidad de aplicación, dosis, sensibilidad de la variedad, condición de la planta, etc., ya que cada planta requerirá de unas condiciones específicas de crecimiento que pueden afectarse por la concentración de ellos en el medio (Redagrícola, 2018; Alcántara et al., 2019). Las biorreguladores más utilizados son los siguientes grupos: auxinas, giberelinas, citoquininas.

2.7.1. Auxinas

Son un grupo de fitohormonas que regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Dentro de las auxinas mayormente conocidas se encuentran: el ácido 3-indol-acético (AIA), que es la auxina predominante producida naturalmente, así como el ácido indol-butírico (IBA); también se conocen a los que son producidas vía sintética como el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y el ácido α -naftalenacético (NAA). (Jordán y Casaretto, 2006; Alcántara et al., 2019). Por otra parte, Alegría (2016) indica que estas fitohormonas fueron las primeras en ser descubiertas en plantas.

Las auxinas participan en los procesos de desarrollo vegetal y a nivel celular, interfieren en procesos de división, elongación y diferenciación celular. Una de las características más resaltantes, es que está distribuida diferencialmente entre células y tejidos; a veces se acumula localmente en una célula o en un grupo. Este gradiente de auxinas es distinguido y procesado de diferentemente en cada célula, permitiendo que se efectúen múltiples programas de desarrollo (Garay et al., 2014).

Stoller (2005) indica que las auxinas son las encargadas de activar y dirigir la nueva división celular y la traslocación de los alimentos en la planta. Se producen principalmente en tejidos meristemáticos apicales de hojas jóvenes. La concentración de las auxinas en tejidos foliares puede ser más alto en los ápices radiculares, hasta en 1 000 veces más. Son encargados de la división celular que canaliza al crecimiento dinámico de la planta. Si los niveles no son suficientes, la división celular cesará, se interrumpirá el crecimiento y se producirá caída de las flores o frutos. También conducen el movimiento de los fotosintatos. Mientras una planta produce más auxinas a nivel foliar, su movimiento hacia el sistema radicular incrementará, dirigiendo mayor contenido de alimentos.

2.7.2. Giberelinas

Son conocidas también como ácido giberélico, tuvieron su primera aparición en el año 1930, cuando unos investigadores obtuvieron cristales de compuestos promotores de crecimiento de un hongo *Gibberella fujikuroi*, agente causal del “bakanae” en arroz, una enfermedad que genera crecimiento excesivo del tallo e inhibición de la producción de semillas. Años más tarde, se pudo aislar y caracterizar diferentes tipos de giberelinas, a partir de la filtración y purificación de los metabolitos que eran capaces de producir dicho hongo, logrando diferenciar tres tipos de giberelinas: GA1, GA2, GA3 (George et al., 2008; Alcántara et al., 2019).

Las giberelinas estimulan la germinación de semillas, desencadenan transiciones del meristemo al crecimiento de brotes, de la etapa juvenil a la hoja adulta, de la vegetativa a la floración, determina la expresión sexual y el desarrollo del grano junto con una interacción de diferentes factores ambientales, luz, temperatura y agua. El sitio principal de GA bioactivo son los estambres que influyen en la producción de flores masculinas y el crecimiento del pedicelo. Aunque se cree que las GA actúan ocasionalmente, todavía es un misterio comprender la biosíntesis y su movimiento. (Gupta y Chakrabarty, 2013)

Las giberelinas estimulan las respuestas fisiológicas en las plantas y alteran el metabolismo fuente-sumidero a través de su efecto sobre la fotosíntesis y la formación de sumideros. Promueven la fructosa-1,6-bifosfatasa, la sacarosa fosfato sintasa y estimulan la carga del floema. Estudios recientes indican que la señalización GA está involucrada en el ajuste de plantas bajo condiciones ambientales limitantes, manteniendo la relación fuente-sumidero (Iqbal et al., 2011).

Stoller (2005) menciona que, las plantas producen ácido giberélico para estimular el crecimiento y el alargamiento de las células; se produce dentro de la célula e incrementa el efecto sumidero para atraer el movimiento de los fotosintatos hacia la célula. Los fotosintatos son indispensables para abastecer energía y material para la formación de células. Participa en la expansión celular y causa el alargamiento de los entrenudos, el cual es muy beneficioso para plantas donde se busca la masa de hojas, pero no es favorable para frutales. Generalmente es almacenado en los nudos, aumentando la viabilidad reproductiva de las yemas; si el ácido giberélico se mueve fuera de los nudos, generará nudos menos productivos, por tanto, la semilla o frutos no llegarán a cuajar y pueden caerse. La ausencia de giberelinas puede causar abortos de flores, frutos y de tejidos de almacenamiento. El ácido giberélico trabaja en contrariamente al etileno y al ácido abscísico; es por eso que ayuda a romper la

dormancia de la semilla, reduce el proceso de maduración y tiende a mantener el tejido vegetal más juvenil y vigoroso.

Las giberelinas se utilizan de manera comercial en diferentes cultivos, Jordán y Casaretto (2006), citan los siguientes usos:

1. Transición de fase juvenil a adulta: la utilización de giberelinas afecta la condición juvenil, pasando a la fase adulta y también viceversa.
2. Iniciación floral y determinación del sexo: pueden reemplazar demandas específicas para florecer en plantas de día largo
3. Desarrollo del fruto: pueden promover el desarrollo del fruto después de ocurrida la polinización. Incidiendo sobre su calidad y precio. En el cultivo de manzano, se evidenció que las aspersiones de GA4 y GA7 estimulan el desarrollo de frutos.
4. Partenocarpia: consiste en el desarrollo del fruto sin formación de semillas. En el cultivo de uva variedad “Sultanina”, se produce este efecto por aplicaciones de GA3.
5. Biotecnología: conducen a la regeneración de plantas in vitro
6. Rendimientos en caña de azúcar. Aspersiones de giberelinas estimulan mayor biomasa y concentración de sacarosa.

2.7.3. Citoquininas

Las citoquininas son reguladores del crecimiento de plantas de moléculas pequeñas, derivados de adenina, que controlan aspectos de casi todos los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas. La definición original de una citoquinina era para un compuesto que promovía la división celular (Akhtar et al., 2020). Desde su descubrimiento inicial en la leche de coco, el esperma de arenque y los granos de maíz, reconocida por primera vez como la zeatina, las citoquininas se han ganado el reconocimiento de estar involucradas en varios de los procesos de crecimiento, desde el metabolismo celular hasta la fisiología de la planta completa. Aparte de la zeatina, se reconocen otras variedades de citoquininas más, como la kinetina y benciladenina.

Internamente, las citoquininas desempeñan un papel importante en la división celular de las plantas, la asignación de nutrientes y el rendimiento fotosintético, y también son agentes de detección y señalización para las respuestas de las plantas a los desafíos

ambientales. Incluyen funciones de adaptaciones de las plantas a diversos estreses abióticos, así como su papel regulador en las interacciones de las plantas con los componentes bióticos del medio ambiente (Emery y Kisiala, 2020).

Stoller (2005) menciona que, las citoquininas son las hormonas que despachan las señales de los eventos hormonales controlando la división y diferenciación celular; se producen principalmente en tejidos meristemáticos de pelos radiculares. El movimiento de las citoquininas hacia la parte superior de la planta estimula la formación de ramas y follaje. Actúan de manera conjunta con las auxinas, cuando estas son transportadas hacia la parte inferior se combina con las citoquininas para causar la división celular. La proporción de auxinas a citoquininas determina el tipo de crecimiento; mayor contenido de auxinas genera mayor crecimiento de raíces; por otro lado, mayor contenido de citoquininas, genera más crecimiento del follaje y el mantenimiento de los nuevos tejidos meristemáticos radiculares es crítico para el desarrollo óptimo de la planta. Actúan reduciendo el envejecimiento de la planta. La escasez de citoquininas admite que el nivel de ácido abscísico aumente considerablemente en la planta. También se infiere que cierta cantidad de nitrógeno puede ser reemplazado por la aplicación directa de citoquininas junto con cofactores hormonales.

Las citoquininas son fitohormonas que también median la tolerancia de las plantas al estrés por sequía. Los avances recientes en los estudios de asociación de todo el genoma, junto con la caracterización en planta, han abierto nuevas vías para investigar la expresión sensible a la sequía de los genes metabólicos y de señalización, así como sus funciones en la adaptación de las plantas a la sequía. Bajo el déficit de agua, la señalización de citoquininas ha evolucionado como una red de comunicación intercelular que es esencial para la interacción con otros tipos de fitohormonas y sus vías reguladoras en la mediación de la respuesta al estrés de las plantas (Hai et al., 2020).

Jordán y Casaretto (2006) citan los siguientes usos comerciales de la citoquinina:

1. Propagación y regeneración de tejidos: se realizan aplicaciones en la propagación clonal de material ornamental, para obtener calidad en la regeneración masiva de plantas elite; debido a la capacidad de estimular la división celular.

2. Control de la senescencia: es utilizado en la producción de flores de corte, gracias al proceso que implica clorosis por degradación de la clorofila, permitiendo la manutención de la síntesis de proteínas.

3. Generación de variedades o genotipos nuevos: en tomates se obtiene una etapa más larga de crecimiento, mayor formación de yemas y brotes de flores y frutos, con mayor productividad, plantas con más vigor; esto es debido a la inserción por transformación de genes que causan sobreproducción de citoquininas, como el gen IPT.

2.8. Efecto de los biorreguladores en las plantas

Según Bons y Kaur (2020) los biorreguladores influyen en el cuajado, retención, rendimiento, calidad y alargamiento de la vida útil después de la cosecha de los frutales. La aplicación de reguladores de crecimiento, da como resultado un mejor rendimiento, debido al mejoramiento en la fisiología de los frutos en desarrollo para mejorar el cuajado, reducción de caída de frutos y corrección de diversos trastornos fisiológicos para mejorar la calidad y el rendimiento.

Los reguladores de crecimiento, tienen un papel estratégico para mantener la productividad de los cultivos y mitigar el estrés hídrico en los cultivos. En un estudio en berenjenas en la India, se determinó que la aplicación de biorreguladores mejoró los rendimientos de frutos en un 7,3 - 22,7% y su función para aliviar el estrés hídrico se indicó por las temperaturas más bajas del dosel, manteniendo un mayor contenido relativo de agua en las hojas, la modulación de la apertura de las estomas y un mayor uso consuntivo de agua (Wakchaure et al., 2020). Los biorreguladores pueden cambiar la reacción a cuadros de estrés biótico o abiótico por dos razones: la cofía del sistema radicular, monitorea e informa si existen modificaciones, a través del resto de la planta mediante cambios en la proporción de las cantidades de hormonas presentes en los tejidos vegetales (Stoller, 2015).

En aplicaciones de biorreguladores al cultivo de uvas, exactamente en caso de auxina, se ha evidenciado aumento en la división celular, especialmente cuando se aplicó posterior al cuajado de frutos. Todas las uvas sin semilla se trataban con auxinas, para incrementar el tamaño de baya, pero posteriormente fueron reemplazados por giberelinas. Actualmente se usan auxinas en mezcla con otros compuestos para regularizar la caída de frutos, incentivar o retardar el evento (Redagráfica, 2018).

Nguyen et al. (2019) en un estudio experimental en Vietnam, examinaron el papel de un biorregulador, giberelina (GA3), para determinar la concentración adecuada que

incrementa el rendimiento de la caña de azúcar y la acumulación de azúcares. Los resultados estadísticos mostraron que la pulverización de GA3 (150 ppm) aumentó el rendimiento real en un 19.94% y la acumulación de sacarosa en un 2.21%. Por tanto, concluyeron que el uso de reguladores de crecimiento o biorreguladores, es una solución eficiente para mejorar el rendimiento y el contenido de azúcares en plantas de caña de azúcar.

2.9. Bioestimulantes

Son mezclas de aminoácidos, azúcares, vitaminas y a veces también de ciertas fitohormonas. Por tener características de “cóctel” sus efectos sobre las plantas, son el de estimular el desarrollo general sin necesariamente incidir de forma directa en un evento fisiológico específico. Pueden clasificarse como auxiliares del mantenimiento fisiológico de las plantas, ya que suministran numerosos compuestos en cantidades reducidas, pero no se pueden considerar biorreguladores porque no poseen la concentración, ni la especificidad para manipular eventos fisiológicos. Por tanto, no se puede catalogar como si fuera de un solo compuesto. Se dosifican en base a extractos de vegetales terrestres, de algas o de semillas, o de combinaciones. Otro componente, primordial son los aminoácidos, unidades que conforman las proteínas y son precursores de algunas fitohormonas (Redagrícola, 2018).

Du Jardín (2015) menciona que el bioestimulante vegetal es cualquier sustancia o microorganismo que se aplica a los vegetales con el fin de perfeccionar la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y los rasgos de calidad, independiente al contenido de nutrientes. Por extensión, los bioestimulantes designan productos comerciales que contienen mezclas de dichas sustancias y microorganismos.

2.10. Características de los productos químicos

2.10.1. TRIGRR Trihormonal

Es un regulador de crecimiento de plantas de origen natural, concentrado soluble, líquido de color marrón oscuro, que al ser aplicado vía foliar proporciona hormonas y elementos menores esenciales, cuyos resultados se reflejan en un incremento significativo del rendimiento y mejoramiento de calidad de frutos (Diccionario de Especialidades Agroquímicas [DEAQ], 2013).

Es un biorregulador hormonal de crecimiento, constituido por giberelinas, auxinas y citoquininas, cuyo balance hace que interactúen de una manera eficiente; se aplica al follaje para obtener mejores rendimientos y calidad en las cosechas. El contenido de giberelinas induce al crecimiento celular de tejidos y órganos. Las auxinas promueven la formación de

raíces laterales y adventicias, también la formación de los frutos. Las citoquininas promueven el crecimiento de las yemas laterales y el desarrollo de los frutos por división celular (Farmex, 2015).

Composición química:

Citoquininas (como kinetina)	: 0.132 g/L
Auxinas	: 0.050 g/L
Giberelinas	: 0.050 g/L
Elementos minerales	: 77.40 g/L
Materiales inertes	: 1 L

2.10.2. Terra-Sorb Foliar

Es un bioestimulante con una alta relación de aminoácidos libres con respecto a totales, posee un alto grado de hidrólisis. Se caracteriza por tener una rápida acción y una relevante compatibilidad en combinaciones de aplicación foliar. Sus efectos benéficos se ven reflejados en el incremento de la actividad fotosintética y contenido de clorofila, un acelerado restablecimiento frente a cuadros de estrés y mejoramiento de la calidad del cuajado. Su aplicación es recomendada, cuando el cultivo se encuentra sometido a condiciones de sequía, frío, salinidad, viento, asfixia radicular, entre otros, y en tratamientos de recuperación después de las fases críticas, como trasplante, daños por heladas, granizo, viento (Bioiberica, 2019).

Composición química:

Aminoácidos libres (*)	: 9,3% (p/p)
Nitrógeno (N) total	: 2,1% (p/p)
Nitrógeno (N) orgánico	: 2,1 % (p/p)
Boro (B)	: 0,02 % (p/p)
Manganeso (Mn)	: 0,05 % (p/p)
Zinc (Zn)	: 0,07 % (p/p)
Materia orgánica	: 14,8 % (p/p)

2.11. Antecedentes de la investigación

Falconi et al. (2017) evaluó el efecto que ejerce el (paclobutrazol y cianamida hidrogenada) y el anillado en cacao. Donde evidenció un aumento en la producción y calidad, debido al biorregulador paclobutrazol, afirmando obtener un rendimiento de 2,14 kg de grano por árbol y superando la tasa de retorno marginal en 1,26 % en comparación al tratamiento testigo. Mientras que el biorregulador “cianamida hidrogenada”, no genera estos efectos positivos. Por otra parte, el anillado (50 %) incidió significativamente sobre los parámetros evaluados, superando al testigo en 1,03 % en cuanto a la tasa de retorno marginal; pero inferior al biorregulador paclobutrazol con un 0,23 %. Mientras que el anillado al 75 % no destacó un efecto positivo, aduciendo un trastorno fisiológico en la planta.

Cedeño y Vera (2017) determinó la combinación óptima de los elementos y los biorreguladores. De los resultados obtenidos, concluyeron que la óptima combinación estaba dada por (450 kg/ha de N + 100 kg/ha de S + 5 kg/ha de Borax + 5 kg/ha de sulfato Zn + 0,5 L/ha de Stimulate) ya que se evidenció un mayor aumento en el rendimiento y beneficio económico. Además, una menor cantidad de frutos enfermos y escobas vegetativas en las plantas de cacao, estos resultados resaltan la importancia de la fertilización balanceada (macro y microelementos) y la aplicación foliar de biorreguladores.

Herrera (2020) aplicó dos biorreguladores de gránulos solubles (Agrostemin y Nick) a dosis comerciales, se identificó que el biorregulador Nick (2.5 L/ha) obtuvo los mejores resultados en los parámetros evaluados: con 22,9 cm de longitud y 9,6 cm diámetro promedio de frutos; en cuanto al peso de 100 granos secos se alcanzó 176,3 g al 7 % de humedad, con un rendimiento de 324,9 kg/ha denotando una utilidad parcial de \$ 417,6.

López y Saldarriaga (2018) determinó que la combinación de 450 kg de N, 100 kg de S, 25 kg de micronutrientes y 0.5 L/ha de un biorregulador trihormonal incrementa el rendimiento de cacao (2 484 kg/ha) y beneficio económico (2 507 USD). La aplicación de biorreguladores y fertilizantes es primordial para aumentar el rendimiento y rentabilidad del cacao.

Ahmed et al. (2012) con aplicaciones de reguladores de crecimiento: ácido naftaleno acético, ácido giberélico y ácido 2, 4-diclorofenoxiacético a razón de (15, 25 y 35 ppm), en etapa de floración, evidenciaron que los tratamientos influyeron significativamente en el número de frutos retenidos en el guisante, el mármol y en las etapas de cosecha en comparación con el control. La aplicación del ácido giberélico (35 ppm) incrementó la retención

de frutos en 31 % y en cuanto a la calidad del fruto, se obtuvo un peso de 140,8 g que representa un 17,6 % más en comparación del control. En conclusión, la aplicación de biorreguladores resulta ser eficiente en la retención y calidad de los frutos de mango, aumentando la producción y, por ende, generando mayores ingresos económicos.

Kundu et al. (2013) efectuaron aplicaciones vía foliar de varios biorreguladores (giberelina, adenina bencílica y paclobutrazol) en la etapa de caída del pétalo, seguida de 2 y 4 semanas al final de la etapa de caída. Los resultados denotan que hubo un efecto significativo entre tratamientos. La aplicación foliar y al suelo de paclobutrazol mostraron la menor caída de frutos y la mayor productividad, seguida de aspersión de giberelinas. Por tanto, de los resultados obtenidos, se concluyó que la aspersión foliar y al suelo del biorregulador paclobutrazol es efectivo para contrarrestar el problema de porte frágil con una mínima caída y una mejor calidad de frutos.

Malásquez (2008) efectuó una combinación de giberelinas y citoquininas para determinar el rendimiento y calidad de manzanas. De los resultados, se indica que 20 ppm de giberelina alcanzó el máximo rendimiento con 16 081 kg, 33 % más que el tratamiento control. La combinación de 20 ppm de giberelina y 12×10^{-5} de citoquinina generó el mayor amarre de frutos (25,58 %) y el más alto contenido de azúcares (16,28).

Nación (2016) evaluó la productividad y algunas características vegetativas de cocona. Los resultados mostraron que el bioestimulante Orgabiol generó incremento de 18 % en el rendimiento de cocona, ya que obtuvo 34,52 t/ha, mientras que el tratamiento control solamente alcanzó 28,25 t/ha. Por otra parte, el bioestimulante Revite sobresalió a los demás tratamientos, en características de peso, longitud y diámetro de fruto. Y el bioestimulante Agrispon supera estadísticamente en características vegetativas a los demás. Concluyendo los bioestimulantes generan efectos de incremento en rendimiento y características vegetativas en el cultivo de cocona.

Santiago (2004) evaluó el rendimiento y características de frutos cocona (dimensiones, cantidad de azúcar, % humedad, materia seca, calibre). Los resultados obtenidos, evidencian que 20 ppm de giberelina fue superior a los demás, logrando 62 550 kg/ha de rendimiento, 225,40 de flores cuajados, frutos más largos (91,33 mm), un buen calibre, el más alto contenido de materia seca y un B/C (4,5). Concluyendo que la aplicación individual de giberelinas incrementa el rendimiento, debido a la promoción del crecimiento celular.

Ancajima (2016) evaluó el efecto de dos bioestimulantes a base de aminoácidos (Fitoamin 24 %, Delfan 30 %), un biorregulador (Agrocimax Plus) y la mezcla de ambos. Los resultados mostraron que se obtiene un mayor porcentaje de emergencia (99,75 %) con aplicaciones de aminoácidos al 24 % y la mezcla con el biorregulador. Mientras que la aplicación de aminoácidos al 30 % generó mayor altura de plantas con un valor de 106,7 cm. Así mismo, el mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación de Delfan plus (30 % aminoácidos libres) con 38,93 tn/ha.

Cantaro (2019) obtuvo que los mayores rendimientos (12 150 kg/ha) en grano verde de arvejas fueron obtenidos con la aplicación de triacontanol más auxinas, giberelinas y citoquininas; mientras con la aplicación de triacontanol más auxinas y citoquininas se obtuvo 10 534 kg de rendimiento. Por tanto, se concluyó que la aplicación conjunta del triacontanol y auxinas incrementan el rendimiento; mientras que las giberelinas inciden en los valores de altura de planta y ancho de vaina; y las citoquininas mostraron un efecto estimulante en todas las variables.

Urrutia (2019)", determinó que la aplicación del biorregulador Triggrr, incrementó el rendimiento y características vegetativas, ya que obtuvo un rendimiento de 29.84 t/ha de mazorcas con bráctea y sin bráctea 25.45 t/ha de maíz, seguido del bioestimulante Biozyme con rendimientos de 28.78 y 24.94 t/ha respectivamente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación, se llevó a cabo en la plantación comercial de cacao de la “Empresa Palmas del Espino S.A”, ubicado en el distrito de Uchiza, provincia de Tocache, departamento de San Martín. Su ubicación geográfica UTM es:

Este : 335431,1 m.

Norte : 9078603,6 m.

Altitud : 483 m.s.n.m.

3.1.1. Condiciones climáticas

Tabla 1. Datos meteorológicos durante la ejecución del experimento, año 2020.

Mes	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)
Enero	25,32	334,9	85
Febrero	25,22	423,5	83
Marzo	26,22	435	84
Abril	26	76,1	65
Mayo	25,22	83,4	74
Junio	25,32	226,8	80
Julio	26,18	204,5	78
Agosto	25,64	108,6	79
Setiembre	26,62	14,6	64
Octubre	26,55	56,7	72
Noviembre	26,75	108,1	80
Diciembre	26,58	324,8	83
Promedio	25,97	199,75	77.25

Fuente: Estación agro meteorológica Davis Vantage Pro2, Palmas del Espino.

Según el Mapa Climático del Perú (2018), elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y en base a la clasificación climática por el método de Thornthwaite 1949, el clima corresponde a muy lluvioso, cálido, muy húmedo. Con invierno seco y abundante precipitación todo el año. Para el siguiente trabajo en estudio, se utilizó la base de datos de la estación agrometeorológica de Palmas del Espino, cuyos datos resumidos se muestran en el Tabla 1.

3.1.2. Características físico - químico del suelo

Las características físicas y químicas del suelo se muestran en el Tabla 2. El suelo del campo experimental presenta una reacción fuertemente ácida, con valor medio de materia orgánica, medio de nitrógeno y un bajo contenido de fósforo y potasio.

Tabla 2. Características físico-químico del suelo

Parámetro	Valor	Método
Físico		
Arena (%)	55	Hidrómetro
Limo (%)	34	Hidrómetro
Arcilla (%)	11	Hidrómetro
Clase textural	Franco arenoso	Triangulo textural
Químico		
pH (1:1)	5,13	Potenciómetro
M.O. (%)	3,10	Walkey y Black
N (%)	0,16	% M.O x 0.05
P (ppm)	5,4	Olsen modificado
K (ppm)	66	Acetato de amonio
Ca ⁺² (meq/100g)	2,38	AAS
Mg ⁺² (meq/100g)	1,15	AAS
Al ⁺³ + H ⁺ (meq/100g)	0,15	KCl
CICe (meq/100g)	3,68	

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.1.3. Historial del campo experimental

Hasta el 2008 se cultivaba palma aceitera, pero por problemas fitosanitarios, se eliminó dicha plantación. En consecuencia, desde el año 2009 hasta el momento de la instalación del experimento se cultiva cacao.

Las plantación tenía 11 años de edad, la cual estaba diseñado bajo un sistema de siembra “tresbolillo”, en surcos mellizos de 3,5 m x 2,5 m calle ancha y angosta respectivamente. Con un distanciamiento de 2,8 metros entre plantas y una densidad de siembra de 1 200 plantas/ha.

3.1.4. Periodo de ejecución

El trabajo de investigación tuvo una duración de 13 meses iniciándose en el mes de diciembre del 2019 y culminándose en el mes de diciembre del 2020. Los trabajos se iniciaron con actividades preliminares y experimentales en campo.

3.2. Componentes en estudio

El material vegetal utilizado fue cacao “clon CCN 51” de 11 años. Y diferentes dosis del biorregulador comercial “TRIGGRR Trihormonal” y una dosis del bioestimulante comercial “Terra-Sorb Foliar”.

3.3. Diseño estadístico

3.3.1. Tratamientos

El trabajo experimental consta de ocho tratamientos, la distribución se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Productos (dosis/ha)
T ₀	Testigo
T ₁	TRIGGRR Trihormonal 0.5 L
T ₂	TRIGGRR Trihormonal 1 L
T ₃	TRIGGRR Trihormonal 2 L
T ₄	TRIGGRR Trihormonal 0.5 L + Terra-Sorb Foliar 1 L
T ₅	TRIGGRR Trihormonal 1 L + Terra-Sorb Foliar 1 L
T ₆	TRIGGRR Trihormonal 2 L + Terra-Sorb Foliar 1 L
T ₇	Terra-Sorb Foliar 1 L

3.3.2. Diseño experimental

Se adoptó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 3 repeticiones y 8 tratamientos; conformándose un total de 24 unidades experimentales, cada unidad experimental constó de 40 plantas, haciendo uso un total de 960 plantas efectivas. Con el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = m + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta correspondiente a la observación en la j-ésima repetición a la cual se aplicó el i-ésimo tratamiento.

m = Efecto de la media general del experimento.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

B_j = Efecto de la j-ésima repetición o bloque en cada tratamiento.

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental correspondiente a la j-ésima repetición a la cual se aplicó el i-ésimo tratamiento

Para: $i = 1, 2, 3 \dots 8$ tratamientos

$j = 1, 2, 3$ bloques

3.3.3. Características del campo experimental

Para la ejecución del trabajo de investigación, se delimitó un área de 1,3 ha, tal como se muestra la Figura 3, con una población de 1 564 plantas en total, de las cuales a 960 se aplicaron los tratamientos y los demás restantes (604 plantas) corresponden a los bordes de bloques y parcelas.

Dimensiones del campo experimental:

Largo	: 138 m
Ancho	: 95,2 m
Área total	: 13 137,6 m ²

Dimensiones del bloque:

N° bloques	: 3
Largo	: 138 m
Ancho	: 28 m
Ancho de la calle	: 5,6 m
Área total de cada bloque	: 3 864 m ²

Dimensiones de la parcela:

N° parcelas/bloque	: 8
N° total de parcelas	: 24
Largo de parcela	: 28 m

Ancho de parcela	: 12 m
Ancho de calle entre parcelas	: 6 m
Área total de cada parcela	: 336 m ²

Dentro de las parcelas, las plantas se encontraban dispuestas bajo un sistema de siembra “tresbolillo”, en surcos mellizos de 3,5 m x 2,5 m calle ancha y angosta respectivamente. Con un distanciamiento de 2,8 metros entre plantas. Tal como se muestra en la Figura 4. Con una densidad de siembra de 1 200 plantas/ha. Cada parcela constó de 40 plantas.

3.3.4. Análisis estadístico

A las variables evaluadas se realizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilks (Tabla 13), donde se determinó que los datos debían ser analizados mediante análisis de varianza (Tabla 4), ya que se cumplía con el supuesto de normalidad. Al comprobarse diferencias estadísticas los promedios de los tratamientos fueron comparados mediante la prueba de Tuckey a un nivel de $\alpha = 0,05$ de significación. El procesamiento de los datos se realizó con el auxilio del software InfoStat (Di Rienzo et al., 2008).

3.3.5. Variables independientes

Las variables independientes son las dosis del biorregulador comercial “TRIGGRR Trihormonal” y una dosis bioestimulante comercial “Terra-Sorb Foliar”.

3.3.6. Variables dependientes

- Rendimiento de grano seco
- Índice de mazorcas
- Índice de semilla
- Rentabilidad

3.4. Conducción del experimento

Dentro de la plantación de cacao (CCN-51) en producción, con 11 años de edad, se determinó una parte homogénea para la ejecución del trabajo experimental. Luego se delimitaron 3 bloques, de tal forma que cada bloque contenga 460 plantas, pero solamente los tratamientos fueron aplicados a 320 plantas, el resto correspondía al borde entre parcelas. Así mismo, se delimitaron 8 parcelas dentro de cada bloque, cada parcela con 40 plantas.

3.4.1. Aplicación de los tratamientos

La aplicación de los productos se realizó vía foliar con el apoyo de una atomizadora, cubriendo uniformemente las 40 plantas correspondiente a cada parcela, según la distribución de los tratamientos (Tabla 3). Se efectuaron cuatro aplicaciones durante en el año productivo.

Primera aplicación : diciembre 2019 – estado fenológico fructificación

Segunda aplicación : marzo 2020 - estado fenológico cosecha

Tercera aplicación : julio 2020 - estado fenológico brotamiento

Cuarta aplicación : octubre 2020 - estado fenológico floración

3.4.2. Manejo agronómico del cultivo

Antes y durante la ejecución del trabajo de investigación se realizaron labores agronómicas del cultivo, de acuerdo a la planificación por la Empresa Palmas del Espino. A continuación, se describe brevemente las actividades:

Podas: se ejecutaron podas de acuerdo al requerimiento de las plantas, realizando cortes de ramas, generando mayor entrada de luz por planta.

Fertilización: se realizaron fertilizaciones compuestas (macro y micro elementos) para cubrir la demanda nutricional del cultivo. Esta labor consiste en aplicar nutrientes al suelo para el buen desarrollo del cacao. La fórmula de fertilización empleada fue: 160 - 70 - 240 - 70 - 60 de N, P₂O₅, K₂O, MgO y S respectivamente. Se manejaba sincronizadamente con podas, fueron fraccionadas 4 veces al año y se aplicaba al inicio de cada etapa fenológica.

Control de malezas: se realizó mediante el método de control químico, con la finalidad de mantener las parcelas en estudio limpias. Las malezas presentes fueron: *Achyranthes indica* “rabo de chanco”, “botoncillo” *Scleria pterota* “navajuela” *Paspalum conjugatum* “torurco”, *Cyperus rotundus* L. “coquito”, *Digitaria sanguinalis* L. “pata de gallina”. Para lo cual se realizaron aplicaciones del herbicida “Erraser 757” a una dosis de 1 kg/ha, cuando las malezas tenían de 15 – 20 cm de altura.

Control de plagas y enfermedades: El control de los insectos plagas, se realizó de forma manual, es decir con podas sanitarias, además, cabe indicar que la parcela se encontraba libre de la infestación del mazorquero de cacao. Las principales enfermedades como: moniliasis, pudrición parda y escoba de bruja, se controlaron mediante remoción de

frutos enfermos y podas. La actividad de remoción se realizó juntamente con la cosecha de frutos.

Cosecha: Las cosechas se realizaron cada 15 días, recolectando solamente los frutos que habían alcanzado la madurez.

3.5. Parámetros evaluados

3.5.1. Rendimiento de grano seco

La evaluación de rendimiento se realizó de las 40 plantas efectivas de cada parcela, con una frecuencia de 15 días. Se registró el número total de mazorcas, el peso total del grano fresco y posteriormente fueron procesadas en el centro de beneficio de cacao de la empresa, para su fermentación y secado. Luego con el peso obtenido se obtuvo el rendimiento de grano seco de cacao, en función al número de plantas.

3.5.2. Índice de mazorca

Las evaluaciones fueron cada 15 días o cada vez que se realizaba cosecha. Se escogieron 20 mazorcas al azar del montículo cosechado por cada parcela, luego de cada uno de ellos se cuantificó el número de semillas (descartando semillas vanas) y se registró el peso de grano fresco. Finalmente se aplicó la siguiente fórmula:

$$IM = \frac{1000}{NS \times IS}$$

Donde:

IM= Índice de mazorca

NS= Número de semillas

IS= Índice de semilla

3.5.3. Índice de semilla

Las evaluaciones se realizaban quincenalmente o cada vez que se cosechaba. De las 20 mazorcas utilizadas para IM, se registró el número de semillas buenas, luego se realizó la fermentación y el secado los granos, se anotó el peso de las semillas secas al 7 % de humedad y por último se aplicó la siguiente fórmula:

$$IS = \frac{PS}{NS}$$

Donde:

IS= Índice de semilla

PS= Peso de semilla

NS= Número de semilla

3.5.4. Análisis de rentabilidad

La evaluación de la rentabilidad, se determinó para cada tratamiento con el fin de comparar entre cada uno de ellos, se realizó por el método "análisis comparativo de ingresos y costos de producción". La relación Beneficio Costo (B/C), se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Costo de venta}}{\text{Costo producción}}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento de grano seco de cacao

En la Tabla 4, se muestra el análisis de varianza del rendimiento de grano seco de cacao. A nivel de bloques se evidencia diferencias significativas y para el efecto de los tratamientos existe diferencias estadísticas altamente significativas. De mismo modo, se obtuvo un coeficiente de variación de 6,07 %, indicando confiabilidad en los resultados obtenidos (Balzarini et al. 2008).

Tabla 4. Análisis de varianza del rendimiento del grano seco de cacao.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloques	2	88895,18	44447,59	4,23	0,0366*
Tratamientos	7	643525,81	91932,26	8,74	0,0003**
Error experimental	14	147191,36	10513,67		
Total	23	879612,35			

C.V. (%): 6,07 *Diferencias significativas ** Diferencias altamente significativas

En la Tabla 5, la prueba de Tuckey para el rendimiento de grano seco de cacao, con la aplicación de un biorregulador (auxinas, giberelinas, citoquininas) y un bioestimulante.

Tabla 5. Prueba de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$) para el rendimiento de grano seco de cacao.

Tratamiento	Rendimiento	Sig.
T ₃ (TRIGGRR Trihormonal 2 L)	2056,23	a
T ₆ (TRIGGRR Trihormonal 2 L +Terra-Sorb Foliar 1 L)	1782,36	a b
T ₂ (TRIGGRR Trihormonal 1 L)	1750,72	b
T ₁ (TRIGGRR Trihormonal 0.5 L)	1650,86	b
T ₀ (Testigo)	1596,71	b
T ₇ (Terra Sorb Foliar 1 L)	1590,96	b
T ₅ (TRIGGRR Trihormonal 1 L +Terra-Sorb Foliar 1 L)	1588,46	b
T ₄ (TRIGGRR Trihormonal 0.5 L +Terra-Sorb Foliar 1 L)	1495,53	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

En los valores promedios de rendimiento de cacao (kg/ha/año), en la Tabla 5, se evidencia diferencia estadística para la parcela donde se aplicó el biorregulador TRIGRR Trihormonal a razón de 2 L/ha (T₆), obteniéndose 2 056,23 kg/ha de rendimiento de grano seco, seguido del T₆ (1 782,36 kg/ha), pero este al encontrarse en la zona de intersección nos indica

que podría comportarse como los del grupo “b” y obtener un menor rendimiento. Los tratamientos T₂, T₁, T₀, T₇, T₅ y T₄ (1 650,86; 1 596,71; 1 590,96; 1 588,46 y 1 495,53 respectivamente) no presentan diferencias estadísticas y fueron superados en rendimiento por el T₆. El promedio general del experimento fue de 1 688,98 kg/ha de rendimiento acumulado.

Además, en la Figura 1, se observa que los promedios de los valores de rendimiento de cacao fluctúan entre 1 495,53 y 2 056,23 kg/ha, correspondiendo a los tratamientos T₄ y T₃ respectivamente. Mientras que el tratamiento testigo o control obtuvo un rendimiento de 1 596,71 kg/ha, superando en 6 % al rendimiento más bajo (T₄). Por otra parte, el testigo es superado en 22,35 % más de rendimiento por el tratamiento T₃. Además, el tratamiento testigo, T₂, T₆ y T₇ presentan la menor variancia y dispersión de valores.

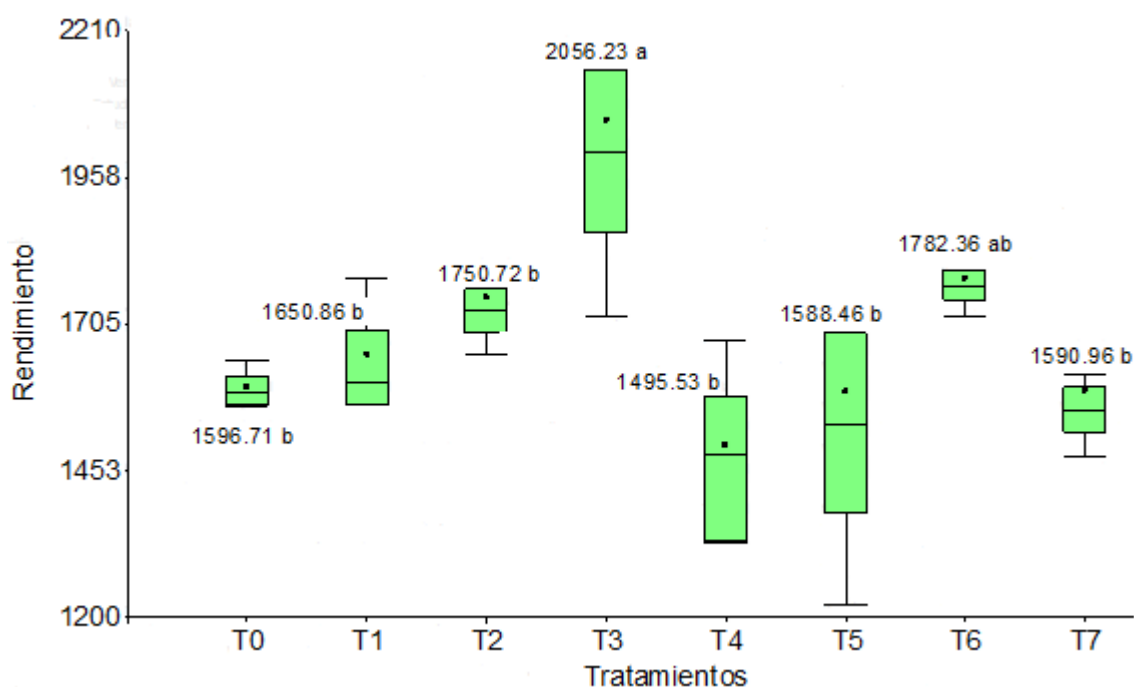


Figura 1. Diagrama de cajas del rendimiento de grano seco de cacao.

T ₀ (Testigo)	T ₄ (TRIGGRR Trihormonal 0.5 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)
T ₁ (TRIGGRR Trihormonal 0.5 L)	T ₅ (TRIGGRR Trihormonal 1 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)
T ₂ (TRIGGRR Trihormonal 1 L)	T ₆ (TRIGGRR Trihormonal 2 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)
T ₃ (TRIGGRR Trihormonal 2 L)	T ₇ (Terra-Sorb Foliar 1 L)

Estos resultados son similares a los obtenidos por Falconi et al. (2017), donde alcanzaron un rendimiento de 2 140 kg/ha debido a la aplicación del biorregulador paclobutrazol. Así mismo, Cedeño y Vera (2017) citan que lograron un rendimiento de 2031,40 kg/ha de cacao gracias a la aplicación de un biorregulador en combinación con fertilizantes. Mientras que López y Saldarriaga (2018), consiguieron un rendimiento de 2 484 kg/ha de grano seco de cacao, aplicando un regulador de crecimiento trihormonal (auxinas, giberelinas y

citoquininas) en mezcla con macro y micro elementos nutricionales. Por otra parte, Herrera (2020), indica que obtuvo un rendimiento de 132 % más en consecuencia a la aspersion de reguladores de crecimiento al cacao.

Esta respuesta respalda lo expuesto por (Ahmed et al., 2012), quien concluyó que la aplicación de biorreguladores resulta ser muy eficiente en la retención y calidad de los frutos, aumentando la producción y generando mayores ingresos económicos. Así mismo Kundu et al. (2013), llegó a la conclusión que la aspersion foliar y al suelo de biorreguladores son efectivos para contrarrestar el problema de porte frágil, con una mínima caída y una mejor calidad de frutos de pera. Igualmente, Nación (2016), obtuvo resultados sobresalientes en características de peso, longitud y diámetro en frutos, realizando aplicaciones de fitoreguladores trihormonales.

Además, Santiago (2004) atribuye que la aplicación individual de biorreguladores incrementa el rendimiento, cuajado de flores, tamaño de frutos y el calibre de frutos; debido a la promoción del crecimiento celular que generan las giberelinas a nivel celular. Asimismo, Malásquez (2008) determinó que las aspersiones foliares de biorreguladores como giberelinas y citoquininas, incrementan el rendimiento y amarre de frutos. Igualmente, Cantaro (2019) determinó que la aplicación conjunta de auxinas, giberelinas, citoquininas y triacontanol incrementan el rendimiento; las giberelinas promueven la altura de planta y ancho de vaina; y las citoquininas inciden en la ganancia de peso de vaina debido a la estimulación de la división celular.

Por tanto, el incremento del rendimiento de cacao obtenido por la aplicación foliar de TRIGRR Trihormonal a razón de 2 L/ha (T_3), se puede deber a la retención de frutos que generó este biorregulador en la planta; tal como lo manifiestan, Hernández et al. (2019), quienes determinaron que los reguladores de crecimiento tienen un efecto positivo en la retención de frutos, debido a la disminución del aborto de los frutos en 36 y 65 %. Teniendo en cuenta a Palmas del Espino (2018), quienes refieren que en cacao se produce 71,4 % de mortandad de frutos desde inicios de su formación hasta la onceava semana; a causa de la abscisión. Según Merelo (2011) la abscisión es un proceso de separación celular altamente organizado por el cual ocurre el desprendimiento de frutos.

Entonces la aspersion del biorregulador trihormonal (T_3), si estaría contribuyendo en la disminución de ese porcentaje de mortandad, debido al contenido de auxinas, giberelinas y citoquininas, quienes participan en diferentes procesos fisiológicos para aumentar el amarre

de frutos (Kumar et al., 2014) uno de ellos, es el incremento del efecto sumidero para atraer el movimiento de los fotosintatos hacia las célula de los frutos en desarrollo; los fotoasimilados son indispensables para abastecer energía y material para la formación de células (Stoller, 2005). En su investigación, Osuna et al. (2019) concluyeron que el uso de giberelinas en precosecha reduce la caída de frutos. Mientras que, Campos et al. (2016) y Suman et al. (2017), documentaron que aspersiones de biorreguladores aumentan la resistencia a la abscisión en las plantas. Las giberelinas reducen la caída de frutos, debido a que trabajan contrariamente al ácido abscísico, afectando su producción y acumulación (Stoller, 2005 y Benjawan et al., 2006); así mismo, Nkansah et al. (2012) sostienen que las aplicaciones foliares de giberelinas aumentan significativamente la biosíntesis de auxinas, como el ácido indolacético, en los tejidos de las plantas, previniendo la disgregación de las células en regiones de abscisión. Además, el ácido giberélico retrasa la síntesis de etileno, por lo tanto, reduce la caída de frutos (Muthuswamy et al., 2014).

En la Tabla 6, se aprecia la prueba de Tuckey de rendimiento de grano seco de cacao. En cuanto al nivel de significancia por la prueba de F, en los tratamientos, en casi todos los meses se evidencia diferencia estadística altamente significativa. Los coeficientes de variación por cada mes oscilan entre 7,40 y 21,12 %, correspondiendo a los meses de mayo y octubre respectivamente, lo cual nos indica confiabilidad de los valores obtenidos. En el mes de enero, no se observa diferencias entre los tratamientos por la prueba de Tuckey, esto se puede deber a que solamente había transcurrido un mes desde la primera aplicación de los productos en estudio, por tanto, no mostraban aún su efecto (Osuna et al., 2019). En el mes de febrero, el mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento T₂, alcanzando 514,14 kg/ha y en el resto de los tratamientos no hubo diferencia estadística. En los meses de marzo y abril, el tratamiento T₇ alcanzó 161,7 y 288,69 kg/ha, siendo ambos los mayores rendimientos a comparación de los demás. En el mes de mayo, los rendimientos más altos fueron 106,16; 105,24 y 103,07 kg/ha, correspondiendo a los tratamientos T₁, T₇ y T₃ respectivamente. Y en los últimos 5 meses, el tratamiento T₃ se mantiene dentro del grupo con rendimientos más altos, presentando diferencias estadísticas frente al resto de los tratamientos, es por eso, que en el rendimiento acumulado dicho tratamiento alcanza el valor más alto.

Tabla 6. Prueba de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$) para el rendimiento mensual de grano seco de cacao.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
T ₀	479,89 a	359,63 b	48,71 d	88,11 c	80,42 bc	93,26 a	94,18 a	59,8 bc	123,75 ab	61,71 bcd	107,25 de
T ₁	521,67 a	324,45 b	69,30 bcd	136,09 b	106,16 a	91,08 a	107,25 a	52,96 c	85,47 bc	69,30 bc	110,22 de
T ₂	533,48 a	514,14 a	97,02 bc	79,46 c	72,73 bcd	83,09 abc	77,75 ab	55,44 c	73,26 bc	47,52 d	116,82 cde
T ₃	649,97 a	336,07 b	107,41 b	172,85 b	103,07 a	79,49 bcd	105,20 a	85,14 a	175,95 a	81,18 ab	159,89 ab
T ₄	456,39 a	383,07 b	54,95 cd	76,39 c	55,24 d	68,11 d	78,21 ab	62,64 abc	83,16 bc	59,73 cd	135,96 bc
T ₅	516,09 a	406,16 ab	67,32 bcd	83,03 c	63,10 cd	72,70 cd	91,08 a	72,01 abc	56,10 c	44,88 d	116,00 cde
T ₆	502,13 a	331,58 b	103,16 b	152,13 b	81,31 b	71,15 d	101,41 a	79,14 ab	113,19 b	93,72 a	170,12 a
T ₇	365,97 a	339,51 b	161,7 a	288,69 a	105,24 a	86,20 ab	50,20 b	8,84 d	36,30 c	57,42 cd	90,92 e
P-valor	0,06 Ns	0,001 **	<0,001 ***	<0,001 ***	<0,001 ***	<0,001 ***	0,002 **	<0,001 ***	<0,001 ***	<0,001 ***	<0,001 ***
CV (%)	16,72	10,66	15,51	11,49	7,40	4,96	15,07	13,73	21,12	10,50	6,95

*, **, *** Significativo al 5; 1; 0.1% por la prueba de F. Ns: no significativo. CV (%): Coeficiente de variación. Medias con una letra común no son significativamente diferentes por la prueba de Tukey

T₀ (Testigo)

T₁ (TRIGGRR Trihormonal 0.5 L)

T₂ (TRIGGRR Trihormonal 1 L)

T₃ (TRIGGRR Trihormonal 2 L)

T₄ (TRIGGRR Trihormonal 0.5 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)

T₅ (TRIGGRR Trihormonal 1 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)

T₆ (TRIGGRR Trihormonal 2 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)

T₇ (Terra-Sorb Foliar 1 L)

4.2. Índice de mazorca (IM)

En la Tabla 7, se presenta el análisis de varianza para el índice de mazorca de cacao. A nivel de bloques y tratamientos no se evidenció diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 3,95 %.

Tabla 7. Análisis de varianza del índice de mazorca de cacao.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloques	2	0,18	0,09	0,21	0,8094 NS
Tratamientos	7	5,14	0,73	1,75	0,1758 NS
Error experimental	14	5,87	0,42		
Total	23	11,19			

C.V. (%): 3,95 NS: No existe diferencias significativas

En la Figura 2, se muestra los valores promedios de índice de mazorca alcanzados por cada tratamiento, los cuales no fueron diferentes estadísticamente por la prueba de Tuckey, oscilan entre 15,94 y 17,38 mazorcas/kg, correspondiendo al tratamiento testigo y T₄ respectivamente.

Obtener un valor alto de índice de mazorca no indica un mejor resultado, por el contrario, a mayor índice de mazorca, indica que se requiere mayor número de mazorcas para obtener un kilogramo de cacao seco (Ayestas, 2009). Los tratamientos T₂, T₄ y T₅ con 16,66; 17,38; 16,71 de índice de mazorcas, denotan que se requieren 17 mazorcas en promedio para obtener 1 kg de grano seco de cacao. Por otro lado, los tratamientos T₀, T₁, T₃, T₆ y T₇ con índices de 15,94; 16,23; 16,13 y 16,12 respectivamente, señalan que se requieren 16 mazorcas en promedio para lograr un kilogramo de cacao. Los valores obtenidos son cercanos a lo planteado por García (2010) quien describió al clon CCN-51 con un índice de mazorca de 16. Además, se destacan los tratamientos T₁, T₅ y T₇, por presentar menores varianzas y menor dispersión de datos.

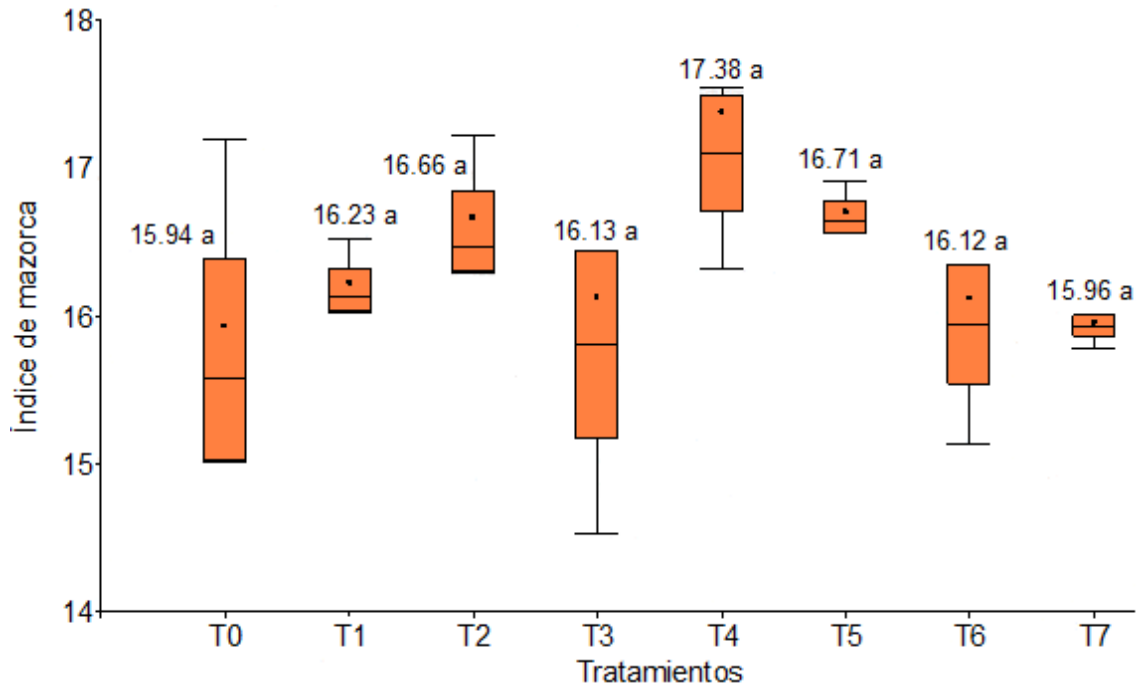


Figura 2. Diagrama de cajas del índice de mazorca de cacao.

T ₀ (Testigo)	T ₄ (TRIGGRR Trihormonal 0.5 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)
T ₁ (TRIGGRR Trihormonal 0.5 L)	T ₅ (TRIGGRR Trihormonal 1 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)
T ₂ (TRIGGRR Trihormonal 1 L)	T ₆ (TRIGGRR Trihormonal 2 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)
T ₃ (TRIGGRR Trihormonal 2 L)	T ₇ (Terra-Sorb Foliar 1 L)

En la Tabla 8, se aprecian los valores promedios mensuales del índice de mazorca de cacao. El nivel de significancia por la prueba de F, en los tratamientos, en casi todos los meses no se evidencia diferencia estadística significativa. Los coeficientes de variación por cada mes varían entre 7,2 y 12,52 %, correspondiendo a los meses de diciembre y febrero respectivamente, denotando confiabilidad en los resultados obtenidos para experimentos agrícolas (Balzarini et al., 2008). Así mismo no se evidenciaron diferencias estadísticas entre los tratamientos por la prueba de Tuckey manteniendo un promedio general de 16,39 mazorcas/kg en todo el año productivo 2020, similar a lo obtenido por Lozano (2019), quien reporta un IM de 16,58 mazorcas/kg para el clon CCN-51.

En los resultados obtenidos, nos hace referencia que los biorreguladores de crecimiento no inciden en el índice de mazorca de cacao, es decir no incrementan el número de semillas o el peso de semillas. Jordán y Casaretto (2006) manifiestan que, en algunas plantas, los reguladores de crecimiento son usado para incidir a la partenocarpia, que consiste en el desarrollo del fruto sin formación de semillas; en el cultivo de uva (variedad Sultanina), se produce este efecto por aplicaciones de giberelinas.

Tabla 8. Prueba de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$) para el índice de mazorca mensual.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
T ₀	15,63 a	17,43 a	21,12 a	17,63 a	15,16 a	15,45 a	14,01 a	15,60 a	15,39 a	15,28 a	14,88 a
T ₁	17,31 a	16,69 a	18,13 a	17,28 a	16,04 a	14,57 a	14,08 a	16,15 a	16,65 a	15,00 a	15,78 a
T ₂	16,39 a	15,61 a	19,83 a	17,91 a	16,83 a	15,63 a	16,73 a	15,24 a	15,94 a	15,85 a	16,42 a
T ₃	17,26 a	16,41 a	17,08 a	16,09 a	16,07 a	15,34 a	13,63 a	15,49 a	17,68 a	17,08 a	15,20 a
T ₄	17,90 a	17,11 a	22,83 a	19,54 a	16,52 a	14,65 a	17,09 a	17,21 a	16,93 a	15,91 a	16,35 a
T ₅	19,16 a	15,98 a	20,30 a	18,51 a	15,13 a	14,50 a	14,34 a	15,95 a	15,79 a	16,15 a	15,98 a
T ₆	17,86 a	15,46 a	19,04 a	17,02 a	16,23 a	16,02 a	14,47 a	15,48 a	14,50 a	14,68 a	14,97 a
T ₇	18,27 a	14,50 a	15,75 a	16,66 a	15,19 a	15,69 a	15,36 a	14,73 a	16,38 a	15,61 a	15,61 a
P-valor	0,24 Ns	0,67 Ns	0,07 Ns	0,27 Ns	0,69 Ns	0,27 Ns	0,46 Ns	0,96 Ns	0,39 Ns	0,32 Ns	0,59 Ns
CV (%)	8,86	12,52	12,05	9,06	5,55	8,42	9,46	7,92	9,50	7,62	7,20

no significativo por la prueba de F. CV (%): Coeficiente de variación. Medias con una letra común no son significativamente diferentes por la prueba de medias de Tukey

T₀ (Testigo)

T₁ (TRIGGRR Trihormonal 0.5 L)

T₂ (TRIGGRR Trihormonal 1 L)

T₃ (TRIGGRR Trihormonal 2 L)

T₄ (TRIGGRR Trihormonal 0.5 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)

T₅ (TRIGGRR Trihormonal 1 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)

T₆ (TRIGGRR Trihormonal 2 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)

T₇ (Terra-Sorb Foliar 1 L)

4.3. Índice de semilla (IS)

En la Tabla 9, se presenta el análisis de variancia para el índice de semilla de cacao. A nivel de bloques y tratamientos no se evidenció diferencias estadísticas significativas. Asimismo, se obtuvo un excelente coeficiente de variación de 4,06 %.

Tabla 9. Análisis de varianza del índice de semilla de cacao.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	0,01	0,0034	1	0,3915 NS
Tratamientos	7	0,01	0,0012	0,36	0,9119 NS
Error experimental	14	0,05	0,0034		
Total	23	0,06			

C.V. (%): 4,06 NS: No existe diferencias significativas

En la Figura 3, se presenta los promedios de índice de semilla obtenidos por cada tratamiento, estos valores no muestran diferencias estadísticas significativas por la prueba de Tuckey, las medias fluctúan entre 1,4 y 1,46 g/semilla. El índice de semilla no es más que, el peso promedio de una muestra granos secos. Los tratamientos T₁, T₄ y T₆ alcanzan un índice de 1,46 g/semilla, correspondiendo al valor más alto. El tratamiento control obtuvo 1,45 de índice, mientras los tratamientos T₃ y T₇ alcanzaron 1,44 g/semilla. Por otra parte, el tratamiento T₅ y T₂ llegaron a obtener un índice de semilla de 1,42 y 1,40 respectivamente. Estos valores son cercanos a lo citado por GARCÍA (2010), quien describió al clon CCN-51 con un índice de semilla de 1,4 g/semilla. Además, resaltan los tratamientos T₁, T₃ y T₆, presentando menor dispersión de datos y consecuentemente, menor varianza en los datos.

En la Tabla 10, se aprecian los valores promedios mensuales del índice de semilla de cacao. El nivel de significancia por la prueba de F, en los tratamientos, en casi todos los meses no se evidencia diferencia estadística significativa, a excepción del mes de noviembre donde resulta ser significativo. Los coeficientes de variación por cada mes varían entre 4,08 y 17 %, correspondiendo al mes de marzo y octubre respectivamente, indicando confiabilidad en los resultados obtenidos para ensayos agrícolas (Balzarini et al., 2008). Asimismo, la prueba de Tuckey en el mes de noviembre, el tratamiento T₇ (1,5 g/semilla) resulta ser superior a los demás tratamientos, mientras que el índice de semilla más bajo lo obtuvieron los tratamientos T₀ (1,27), T₂ (1,28) y T₅ (1,20). Mientras que en los demás meses no se evidencia diferencia estadística por la prueba de Tuckey.

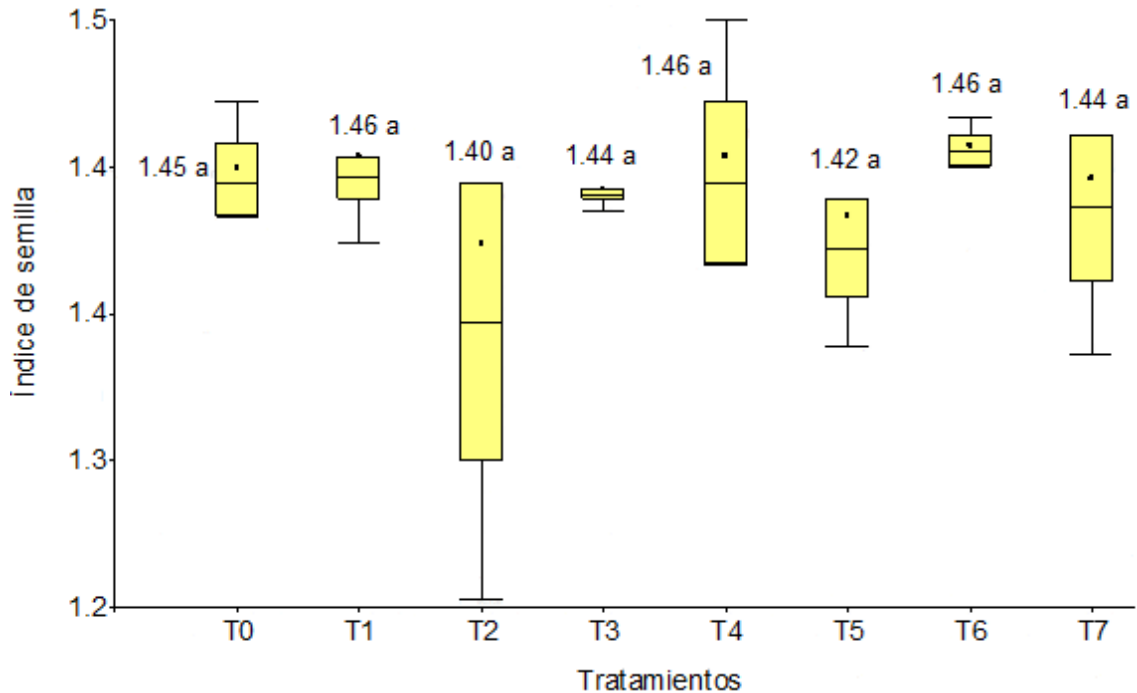


Figura 3. Diagrama de cajas del índice de semilla de cacao.

T ₀ (Testigo)	T ₄ (TRIGGRR Trihormonal 0.5 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)
T ₁ (TRIGGRR Trihormonal 0.5 L)	T ₅ (TRIGGRR Trihormonal 1 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)
T ₂ (TRIGGRR Trihormonal 1 L)	T ₆ (TRIGGRR Trihormonal 2 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)
T ₃ (TRIGGRR Trihormonal 2 L)	T ₇ (Terra-Sorb Foliar 1 L)

De los resultados se puede decir que los reguladores de crecimiento no inciden en el incremento de peso de semillas de cacao. El índice de semillas e índice de mazorca están relacionados íntimamente, presentando una correlación negativa, esto quiere decir que a mayor IM se tendrá menor IS, y viceversa, Lozano (2019). Sin embargo, Ruan et al. (2012) afirman que el desarrollo de la semilla incluye tanto la producción de endospermo como el crecimiento del embrión, los cuales se ha demostrado que están sometidos a una regulación multihormonal por auxinas, citoquininas, giberelinas. Además, Zhao et al. (2015) citan que la citoquinina es un regulador clave en la producción de semillas. Es por ello, que las aplicaciones de kinetina, en plantas de tabaco transgénicas con esterilidad masculina dieron como resultado una fertilización y un desarrollo normal de las semillas (Huang, 2003).

Por otro lado, Zhao et al. (2015) refiere que el efecto de las citoquininas, a una concentración moderada promueve el desarrollo de semillas, pero una sobredosis inhibe su desarrollo. Mientras que Maita y Sotomayor (2017), documenta que el uso de biorreguladores tiene efectos favorables sobre las semillas, ya que en su experimento evidenció mejoras significativas en el peso seco, largo y ancho de los granos de almendra, gracias a la acción de las giberelinas y citoquininas.

4.4. Análisis de rentabilidad

En la Tabla 11, presenta en resumen de los costos y el análisis de rentabilidad, donde se puede observar que el uso del biorregulador TRIGRR Trihormonal a dosis de 2 L/ha (T₃), denota la mayor relación de beneficio/costo con un valor de 3 y un índice de rentabilidad de 2; es decir, que por cada sol de inversión nos genera S/ 2,00 de ganancia, además obtuvo una utilidad neta de S/ 9 593,61. Seguidamente se encuentran los tratamientos T₂ y T₆, con una relación de beneficio/costo de 2,6 y 2,58, respectivamente. Mientras que el tratamiento testigo (T₀), presenta una relación beneficio/costo de 2,48. Palma (2018) indica que la eficiencia del uso de insumos y optimización de las labores agrícolas reducirá el costo de producción. Por otra parte, los tratamientos T₇, T₅ y T₄, presentan los valores más bajos de beneficio/costo con 2,22; 2,34 y 2,39 respectivamente. Esto es debido a que presentaron rendimientos más bajos, inclusive menores que el tratamiento testigo.

Tabla 11. Análisis económico del rendimiento de grano seco de cacao.

Trat.	Rendimiento	Costo de venta	Costo de producción	Utilidad neta	Índice de Rentabilidad	B/C
T ₀	1596,71	11176,97	4500	6676,97	1,48	2,48
T ₁	1650,86	11556,02	4665	6891,02	1,48	2,48
T ₂	1750,72	12255,04	4710	7545,04	1,60	2,60
T ₃	2056,23	14393,61	4800	9593,61	2	3
T ₄	1495,53	10468,71	4710	5758,71	1,22	2,22
T ₅	1588,46	11119,22	4755	6364,22	1,34	2,34
T ₆	1782,36	12476,52	4845	7631,52	1,58	2,58
T ₇	1590,96	11136,72	4665	6471,72	1,39	2,39

T₀ (Testigo)

T₁ (TRIGRR Trihormonal 0.5 L)

T₂ (TRIGRR Trihormonal 1 L)

T₃ (TRIGRR Trihormonal 2 L)

T₄ (TRIGRR Trihormonal 0.5 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)

T₅ (TRIGRR Trihormonal 1 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)

T₆ (TRIGRR Trihormonal 2 L + Terra-Sorb Foliar 1 L)

T₇ (Terra-Sorb Foliar 1 L)

Para obtener estos datos se consideraron los siguientes aspectos:

Precio kg cacao seco = S/ 7,00

Costo de venta = rendimiento (kg/ha) x precio

Utilidad neta = costo de venta - costo de producción

Índice de rentabilidad = utilidad neta / costo de producción

Beneficio costo = costo de venta / costo de producción

V. CONCLUSIONES

1. Los tratamientos T₃ (TRIGGRR Trihormonal 2L) y T₆ (TRIGGRR Trihormonal 2 L + Terra-Sorb Foliar 1 L), obtuvieron los más altos rendimientos con 2 056,23 kg/ha y 1782,36 kg/ha de grano seco de cacao, respectivamente, resultando superiores estadísticamente a los demás tratamientos.
2. La dosis más eficiente fue con la aplicación de 2 L del biorregulador TRIGGRR Trihormonal incrementando un 22 % más la productividad del cultivo de cacao clon CCN-51.
3. En el análisis de económico se encontró que la mayor relación de beneficio/costo (B/C) fue de S/ 3,05 (T3) con un índice de rentabilidad de 2,05, que por cada S/ 1,00 de inversión generó S/ 2,05 de ganancia

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Realizar ensayos con diferentes frecuencias de aplicación de biorreguladores trihormonales en el cacao.
2. Realizar investigaciones de campo de aplicación de biorreguladores en diferentes variedades de cacao.
3. Realizar ensayos con otros reguladores de crecimiento tales como: ácido salicílico, poliaminas, ácido jasmónico, brasinoesteroides y estrigolactonas.

VII. REFERENCIAS

1. Alcántara, J., Godoy, A., Alcántara, J., Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*, 17 (32), 109-129. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17 n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
2. Alegría, W. (2016). Texto básico para profesional en ingeniería forestal en el área de fisiología vegetal. Iquitos, Perú. 224 p.
3. Ahmed, W., Muhammad, F., Ahmad, I., Ali, S., Y Ullah, H. (2012). Comparative evaluation of plant growth regulators for preventing premature fruit drop and improving fruit quality parameters in ‘dusehri’ mango. *International Journal of Fruit Science*, 12 (4), 372-389. <https://doi.org/10.1080/15538362.2012.679175>
4. Akhtar, S., Mekureyaw, M., Pandey, C., Roitsch, T. (2020). Role of cytokinins for interactions of plants with microbial pathogens and pest insects. *Front Plant Sci*. 10: 1777. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01777>
5. Alejos, L. y Ríos, A. (2019). *Competitividad y los factores que influyen en las exportaciones de cacao de Perú* [Tesis Lic. Negocios internacionales, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625705>
6. Ancajima, L. (2016). *Aplicación de bioestimulantes en el cultivo de papa en condiciones del valle de Cañete* [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1995>
7. Armando, C. (2016). *Estudio del cacao en el Perú y en el mundo, un análisis de la producción y el comercio*. <https://camcafeperu.com.pe/admin/recursos/publicaciones/Estudio-cacao-Peru-y-Mundo.pdf>
8. Ayestas, E. (2009). Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de cacao en Waslala, Nicaragua [Tesis posgrado, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/2109/>
9. De Almeida, A. y Valle R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Braz. J. Plant Physiol*, 19 (4), 425-448. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400011>
10. Arévalo, E., Zúñiga, L., Arévalo, C. y Adriazola, J. (2004). *Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la Amazonía Peruana - Cacao*. Instituto de Cultivos Tropicales - ICT.
11. Balzarini M., González L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J., Robledo C. (2008). *Manual del usuario InfoStat*. Editorial Brujas. <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=28>

12. Barrientos, P. (2015). La cadena de valor del cacao en Perú y su oportunidad en el mercado mundial. *Semestre económico*, 18 (37), 129-156. : <https://doi.org/10.22395/seec.v18n37a5>
13. Benjawan, C., Chutichudet, P. y Chanaboon, T. (2006). Effect of gibberellin on fruit yield and quality of Kaew mango cv. Srisaket 007 in Northeast Thailand. *Pakistan. Journal of Biological Sciences*, 9, 1542-1546. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2006.1542.1546>
14. Bioiberica. (2019). Ficha técnica Terra-Sorb® Foliar. <https://www.bioiberica.com/es/productos/salud-vegetal/bioestimulantes/terra-sorb-foliar>
15. Bons H. y Kaur M. (2020). Role of plant growth regulators in improving fruit set, quality and yield of fruit crops: a review. *Revista de ciencia y biotecnología hortícolas*, 95, 137-146. <https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1660591>
16. Campos, J., Salazar, V., Sandoval, E., Granados, C., Cruz, Y. y Herrera, B. (2016). Descripción estructural y funcional de caída prematura de frutos de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews. *Agroproductividad*, 9 (11), 17-18. **¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.**
17. Cántaro, H. (2019). *Reguladores de crecimiento en el cultivo de arveja en la Molina* [Tesis maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3893?show=full>
18. Carrillo, M., Recalde, M. y Sánchez, J. (2010). Manejo de la nutrición del cultivo de cacao. <http://cadenacacaoca.info/estudios-cacao/CEDOC/ficha.php?id=1604>
19. Cedeño, D. y Vera, E. (2017). *Efectividad de varias combinaciones de nitrógeno, azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional* [Tesis Ing. Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <https://bit.ly/3mQ4cCU>
20. Davies, P. (2010). *Plant Hormones: Biosynthesis, signal transduction, action*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2686-7>
21. Daymond, A. y Hadley, P. (2004). The effects of temperature and light integral on early vegetative growth and chlorophyll fluorescence of four contrasting genotypes of cacao. *Ana. Appl. Bio*, 145, 257-262. <https://bit.ly/2OMQraH>
22. DEAQ (Diccionario de Especialidades Agroquímicas). (2013). Edición 7. Editorial PLM. Lima - Perú. <https://www.agroquimicos-organicosplm.com/>

23. De la Vega, M. (2020). Cacao, manjar del desarrollo de las comunidades rurales del Perú. *Revista Andina*. <https://bit.ly/3qG269s>
24. Depuydt, S. y Hardtke, C. (2011). Hormone signaling crosstalk in plant growth regulation. *Current Biology*, 21, 365-373. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.03.013>
25. Dharmasiri, S., Jayaweera, T. y Dharmasiri, N. (2013). Plant Hormone Signaling: Current Perspectives on Perception and Mechanisms of Action. *Ceylon Journal of Science*, 42 (1), 1-17. <http://doi.org/10.4038/cjsbs.v42i1.5895>
26. Di Rienzo J., Casanoves F., Balzarini M., González L., Tablada M. y Robledo C. (2008). Software estadístico, *InfoStat versión 2008*, Universidad Nacional de Córdoba. <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=34>
27. Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticulturae*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
28. Emery, R. y Kisiala, A. (2020). The roles of cytokinins in plants and their response to environmental stimuli. *Plants*, 9 (9), 1158. <https://doi.org/10.3390/plants9091158>
29. Falconi, I., Tandazo, N., Mora, M. y López, F. (2017). Efecto de biorreguladores y anillado sobre el rendimiento y calidad del fruto del cacao. *RECIAMUC*, 1 (4), 861-880. <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/211>
30. FAO (2020). FAOSTAT: Cultivos y productos de ganadería <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
31. Farmex. (2015). Ficha técnica TRIGGRR® Trihormonal: Bioestimulante. (Citoquinina + auxina + giberelina). <https://www.farmex.com.pe/producto/triggrr-trihormonal/>
32. Garay, A., De la Paz, M., García, B., Álvarez, E., y Gutiérrez, C. (2014). La homeostasis de las auxinas y su importancia en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. *Rev. educ. Bioquím*, 33 (1), 13-22. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-19952014000100003&lng=es
33. García, L. (2010). Catálogo de cultivares de cacao del Perú. https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/cultivares_cacao.pdf
34. George, E., Hall, M. y De Klerk, G. (2008). Plant propagation by tissue culture. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5005-3>
35. Gonzáles, L. (2008). *Ecofisiología del cacao*. <https://bit.ly/36zKCXn>

36. Gómez, R. (2014). *Paquete tecnológico del cultivo de cacao fino de aroma*. https://www.devida.gob.pe/documents/20182/96750/Paquete_Tecnologico_Cultivo_Cacao.pdf/5fbeca5c-c358-493e-baea-cfd7f45921c9
37. Gupta, R. y Chakrabarty, S. (2013). Gibberellic acid in plant: still a mystery unresolved. *Plant Signal Behav*, 8 (9), 25504. <https://doi.org/10.4161/psb.25504>
38. Hai, N., Chuong, N., Tu, N., Kisiala, A., Hoang, X. y Thao, N. (2020). Role and regulation of cytokinins in plant response to drought stress. *Plants*, 9 (4), 422. <https://doi.org/10.3390/plants9040422>
39. Hernández, J.; Curti, S.A. y Ríos, A. (2019). Retención de frutos en vainilla con reguladores de crecimiento, *Agronomía Mesoamericana*, 30 (3), 695-704. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.33988>
40. Herrera, B. (2020). *Efecto de reguladores fitohormonales en la producción de cacao CCN51* [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Agraria del Ecuador] <https://bit.ly/3AzXyFD>
41. Huang, S., Cerny, R., Qi, Y., Bhat, D., Aydt, C. y Hanson, D. (2003). Transgenic studies on the involvement of cytokinin and gibberellin in male development. *Plant Physiol*, 131, 1270-1282. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.102.018598>
42. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2006). *Protocolo estandarizado de oferta tecnológica para el cultivo del cacao en el Perú*. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7494>
43. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao: buenas prácticas para América Latina*. <https://bit.ly/2X9zhIW>
44. Iqbal, N., Nazar, R., Khan, M., Masood, A. y Khan, N. (2011). Role of gibberellins in regulation of source–sink relations under optimal and limiting environmental conditions. *Current Science*, 100 (7), 998-1007. <http://www.jstor.org/stable/24076517>
45. Jordán, M., y Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. <https://bit.ly/3iVIAnu>
46. Kumar R., A. Khurana, A. y Sharma, A. (2014). Role of plant hormones and their interplay in development and ripening of fleshy fruits. *Journal of experimental botany*, 65, 4561-4575. <https://doi.org/10.1080/15538362.2012.679175>

47. Kundu, M., Joshi, R., Rai, P. y Bist, L. (2013). Effect of plant bio-regulators on fruit growth, quality and productivity of pear cv Gola. *Appl. Hort.*, 15 (2), 106-109. <https://doi.org/10.37855/jah.2013.v15i02.19>
48. Leiva, E. (2012). Aspectos para la nutrición del cacao. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55148>
49. López, R. y Saldarriaga, V. (2018). *Efecto de la fertilización con N, S, micronutrientes y fitorreguladores sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional* [Tesis Ing. Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/873>
50. Lozano, J. (2019). *Comportamiento fenotípico del fruto de cacao CCN-51, bajo condiciones ambientales del distrito de Uchiza, departamento San Martín* [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional de San Martín].
51. Maita, S. y Sotomayor, C. (2017). Kernel size and weight affected by three plant bioregulators applied at bloom to Non pareil and Carmel almond cultivars. *Electronic Journal of Biotechnology*, 28, 47-51. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2017.05.005>
52. Malásquez, R. (2008). *Efecto hormonal en el incremento de la producción y calidad de fruta en el cultivo del manzano variedad 'delicious viscas' en los meses de verano en Cañete* [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/78>
53. Medina, G. (2003). *Efecto de hormonas vegetales y micronutrientes en el llenado de la mazorca de maíz* [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional de San Martín]. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/744>
54. Merelo, P. (2011). *Aproximación genómica al estudio de la abscisión de frutos cítricos: análisis transcriptómico de la zona de abscisión* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=99389>
55. Muthuswamy, M., Duguma T. y Egigu, M. (2014). The effects of gibberellic acid on quality and shelf life of banana. *International Journal of Current Research and Review*, 6, 63-69. http://www.ijcrr.com/uploads/703_pdf.pdf
56. Nación, K. (2016). *Efecto de tres bioestimulantes orgánicos, en el rendimiento del cultivo de cocona en Tingo María* [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1252>

57. Nguyen, C., Dang, L., Nguyen, D., Tran, K., Giang, B. y Tran, N. (2019). Effect of GA3 and GLY plant growth regulators on productivity and sugar content of sugarcane. *Agricultura*, 9, (7), 136. <https://doi.org/10.3390/agriculture9070136>
58. Nkansah, G., Ofosu-Anim, J. y Mawuli, A. (2012). Gibberellic acid and naphthalene acetic acid affect fruit retention, yield and quality of Keitt mangoes in the soastal savanna ecological zone of Ghana. *American Journal of Plant Physiology*, 7, 243-251. <https://doi.org/10.3923/ajpp.2012.243.251>
59. Osuna, T., Chavarín, Z., Carrillo, J., Valdez, J., Basilio, J., Báez, M., Hernández, S. y Osuna, J. (2019). Efecto de aspersiones de biorreguladores en precosecha sobre el crecimiento y maduración del mango Keitt. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42, 259-268. <https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/48/39>
60. Palma, L. (2018). *Niveles de productividad y rentabilidad del cultivo de cacao en la región San Martín: 2000-2016*. [Tesis economista, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3532>
61. Porta, H. y Jiménez, G. (2019). Papel de las hormonas vegetales en la regulación de la autofagia en plantas. *Rev. Esp. Cien. Quím. Biol.* 22, 1-11. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.160>
62. Redagráfica (08 de marzo 2021). Fitohormonas: reguladores de crecimiento y bioestimulantes. <https://bit.ly/3kfqkoz>
63. Ruan, Y., Patrick, J., Bouzayen, M. Osorio, S. y Fernie, A. (2012). Molecular regulation of seed and fruit set. *Trends Plant Sci*, 17, 656-665. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2012.06.005>
64. Sáenz B. y Cabezas M. (2007). Un acercamiento a la ecofisiología del cacao. *Revista Innovación y cambio Climático*, 6(6), 44-50. <https://bit.ly/3qzMQed>
65. Sánchez, A. (2011). *Manual para la producción de un cacao de calidad*.
66. Santiago, P. (2004). *Efecto de dos fitohormonas y sus mezclas en -dos dosis en el amarre y calidad de frutos en el cultivo de cocona variedad CTR en Huánuco* [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/534>
67. Santner, A., Calderon-Villalobos, L. y Estelle, M. (2009). Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Nat. Chem. Biol*, 5, 301–307. <https://doi.org/10.1038/nchembio.165>
68. Scott, A. y Knott, M. (1974). Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. *Biometrics*, 30 (3), 507-512. <https://doi.org/10.1038/nchembio.165>

69. Stoller, J. (2005). Guía Stoller de Sanidad Vegetal. 30 p. <https://bit.ly/3p4DMQz>
70. Stoller, J. (2015). Guía Stoller del Rendimiento Vegetal. 32 p. <https://bit.ly/3DG7Gyy>
71. Suman, M., Sangma, P., Meghawal, D. y Sahu O. (2017). Effect of plant growth regulators on fruit crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6, 331-337. <https://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue2/PartF/6-2-70-493.pdf>
72. Urrutia, E. (2019). *Aplicación de bioestimulantes trihormonales en el cultivo de maíz variedad Chingasino para rendimiento de choclo*. [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional del Centro]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5170>
73. Wakchaure, G., Minhas, P., Meena, K. K, Kumar, S. y Rane, J. (2020). Effect of plant growth regulators and deficit irrigation on canopy traits, yield, water productivity and fruit quality of eggplant grown in the water scarce environment. *Diario de la gestión ambiental*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110320>
74. Wolters, H. y Jürgens, G. (2009). Survival of the flexible: hormonal growth control and adaptation in plant development. *Nat. Rev. Genet.*, 10, 305-317. <https://doi.org/10.1038/nrg2558>
75. Zhao, J., Bai, W., Zeng, Q., Song, S., Zhang, M. y Li, X. (2015). Moderately enhancing cytokinin level by down-regulation of GhCKX expression in cotton concurrently increases fiber and seed yield. *Mol Breed*, 35, 1-11. <http://dx.doi.org/10.1007/s11032-015-0232-6>

ANEXO

Dosificación

Cálculo del gasto del biorregulador “TRIGGRR Trihormonal”

El cálculo se realizó en base al número de plantas, teniendo en cuenta que el campo experimental posee una densidad de 1 200 plantas/ha. Por tanto, para una aplicación de 1 L/ha del biorregulador “TRIGGRR Trihormonal”, se ejecutó la siguiente operación para calcular el gasto por parcela (40 plantas).

$$\begin{array}{r} 1 \text{ L TRIGGRR Trihormonal} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1200 \text{ plantas} \\ X \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 40 \text{ plantas} \end{array}$$

$$X = 33,3 \text{ ml TRIGGRR Trihormonal /parcela}$$

Cálculo del gasto de agua

Para el cálculo se consideró un gasto de 200 L de agua por una hectárea, en consecuencia, se determinó para cada unidad experimental, obteniendo lo siguiente:

$$\begin{array}{r} 200 \text{ L agua} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1200 \text{ plantas} \\ X \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 40 \text{ plantas} \end{array}$$

$$X = 6,7 \text{ L agua/parcela}$$

Tabla 12. Datos de evaluación del rendimiento kg ha⁻¹ de grano seco de cacao.

Tratamientos	Bloques			Promedio
	I	II	III	
T0	1562,43	1584,91	1642,78	1596,71
T1	1564,95	1783,11	1604,52	1650,86
T2	1764,08	1689,28	1798,79	1750,72
T3	1858,73	2142,88	2167,09	2056,23
T4	1481,86	1328,42	1676,30	1495,53
T5	1377,28	1688,65	1699,44	1588,46
T6	1744,15	1805,75	1797,19	1782,36
T7	1515,37	1596,95	1660,57	1590,96

Tabla 13. Datos de evaluación del índice de mazorca de cacao.

Tratamientos	Bloques			Promedio
	I	II	III	
T0	15,02	15,58	17,20	15,94
T1	16,13	16,52	16,03	16,23
T2	16,47	17,23	16,30	16,66
T3	16,78	15,17	16,44	16,13
T4	16,71	17,94	17,50	17,38
T5	16,56	16,91	16,65	16,71
T6	16,48	16,35	15,54	16,12
T7	16,01	15,86	16,02	15,96

Tabla 14. Datos de valuación del índice de semilla de cacao.

Tratamientos	Bloques			Promedio
	I	II	III	
T0	1,42	1,44	1,49	1,45
T1	1,43	1,47	1,47	1,46
T2	1,27	1,50	1,44	1,40
T3	1,44	1,43	1,44	1,44
T4	1,39	1,44	1,54	1,46
T5	1,43	1,46	1,37	1,42
T6	1,48	1,46	1,45	1,46
T7	1,48	1,47	1,38	1,44

Tabla 15. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Rendimiento de grano seco	24	1688.98	195.56	0.93	0.3125
Índice de mazorca	24	16.39	0.7	0.98	0.9368
Índice de semilla	24	1.44	0.05	0.92	0.1428

Si presenta normalidad (P>0.05)

Tabla 16. Prueba de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$) del del índice de mazorca de cacao.

Tratamiento	I.M.	Sig.
T ₄ (TRIGGRR Trihormonal 0,5 L/ha +Terra-Sorb Foliar 1 L/ha)	17,38	a
T ₅ (TRIGGRR Trihormonal 1 L/ha +Terra-Sorb Foliar 1 L/ha)	16,71	a
T ₂ (TRIGGRR Trihormonal 1 L/ha)	16,66	a
T ₁ (TRIGGRR Trihormonal 0,5 L/ha)	16,23	a
T ₃ (TRIGGRR Trihormonal 2 L/ha)	16,13	a
T ₆ (TRIGGRR Trihormonal 2 L/ha +Terra-Sorb Foliar 1 L/ha)	16,12	a
T ₇ (Terra Sorb Foliar 1 L/ha)	15,96	a
T ₀ (Testigo)	15,94	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Tabla 17. Prueba de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$) del índice semilla de cacao.

Tratamiento	I.S.	Sig.
T ₆ (TRIGGRR Trihormonal 2 L/ha +Terra-Sorb Foliar 1 L/ha)	1,46	a
T ₁ (TRIGGRR Trihormonal 0,5 L/ha)	1,46	a
T ₄ (TRIGGRR Trihormonal 0,5 L/ha +Terra-Sorb Foliar 1 L/ha)	1,46	a
T ₀ (Testigo)	1,45	a
T ₇ (Terra Sorb Foliar 1 L/ha)	1,44	a
T ₃ (TRIGGRR Trihormonal 2 L/ha)	1,44	a
T ₅ (TRIGGRR Trihormonal 1 L/ha +Terra-Sorb Foliar 1 L/ha)	1,42	a
T ₂ (TRIGGRR Trihormonal 1 L/ha)	1,40	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Tabla 18. Costo de producción del cultivo de cacao,

Gastos	U.M.	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Control de malezas	Jornal	10	30	300
Podas	Jornal	8	30	240
Fertilización	Jornal	3	30	90
Drenaje	Jornal	2	30	60
Insumos				
Urea	Saco (50 kg)	7	70	490
Superfosfato triple	Saco (50 kg)	3	85	255
Cloruro de potasio	Saco (50 kg)	6	75	450
Sulfato de potasio	Saco (50 kg)	3	115	345
Kieserita	Saco (50 kg)	5	60	300
Ácido bórico	Saco (50 kg)	1	92	92
Sulfato de zinc	kg	17	4	68
Sulfato de cobre	kg	16	12	192
Sulfato ferroso	kg	20	3.8	76
Herbicida	kg	9	28	252
Cosecha y beneficio				
Cosecha	Jornal	30	30	900
Beneficio	Jornal	10	30	300
HERRAMIENTAS				
Machete	Unidad	1	10	10
Tijera de podar	Unidad	1	60	60
Podón	Unidad	1	20	20
Total				4500

Tabla 19. Costo de producción de cacao con el tratamiento T1.

Gastos	U.M.	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Tratamiento				
TRIGGRR Trihormonal	L	0,5	90	45
Aplicación foliar	Jornal	4	30	120
Mantenimiento				
Control de malezas	Jornal	10	30	300
Podas	Jornal	8	30	240
Fertilización	Jornal	3	30	90
Drenaje	Jornal	2	30	60
Insumos				
Urea	Saco (50 kg)	7	70	490
Superfosfato triple	Saco (50 kg)	3	85	255
Cloruro de potasio	Saco (50 kg)	6	75	450
Sulfato de potasio	Saco (50 kg)	3	115	345
Kieserita	Saco (50 kg)	5	60	300
Ácido bórico	Saco (25 kg)	1	92	92
Sulfato de zinc	kg	17	4	68
Sulfato de cobre	kg	16	12	192
Sulfato ferroso	kg	20	3.8	76
Herbicida	kg	9	28	252
Cosecha y beneficio				
Cosecha	Jornal	30	30	900
Beneficio	Jornal	10	30	300
Herramientas				
Machete	Unidad	1	10	10
Tijera de podar	Unidad	1	60	60
Podón	Unidad	1	20	20
Total				4665

Tabla 20. Costo de producción de cacao con el tratamiento T2.

Gastos	U.M.	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Tratamiento				
TRIGGRR Trihormonal	L	1	90	90
Aplicación foliar	Jornal	4	30	120
Mantenimiento				
Control de malezas	Jornal	10	30	300
Podas	Jornal	8	30	240
Fertilización	Jornal	3	30	90
Drenaje	Jornal	2	30	60
Insumos				
Urea	Saco (50 kg)	7	70	490
Superfosfato triple	Saco (50 kg)	3	85	255
Cloruro de potasio	Saco (50 kg)	6	75	450
Sulfato de potasio	Saco (50 kg)	3	115	345
Kieserita	Saco (50 kg)	5	60	300
Ácido bórico	Saco (25 kg)	1	92	92
Sulfato de zinc	kg	17	4	68
Sulfato de cobre	kg	16	12	192
Sulfato ferroso	kg	20	3.8	76
Herbicida	kg	9	28	252
Cosecha y beneficio				
Cosecha	Jornal	30	30	900
Beneficio	Jornal	10	30	300
Herramientas				
Machete	Unidad	1	10	10
Tijera de podar	Unidad	1	60	60
Podón	Unidad	1	20	20
Total				4710

Tabla 21. Costo de producción de cacao con el tratamiento T3.

Gastos	U.M.	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Tratamiento				
TRIGGRR Trihormonal	L	2	90	180
Aplicación foliar	Jornal	4	30	120
Mantenimiento				
Control de malezas	Jornal	10	30	300
Podas	Jornal	8	30	240
Fertilización	Jornal	3	30	90
Drenaje	Jornal	2	30	60
Insumos				
Urea	Saco (50 kg)	7	70	490
Superfosfato triple	Saco (50 kg)	3	85	255
Cloruro de potasio	Saco (50 kg)	6	75	450
Sulfato de potasio	Saco (50 kg)	3	115	345
Kieserita	Saco (50 kg)	5	60	300
Ácido bórico	Saco (25 kg)	1	92	92
Sulfato de zinc	kg	17	4	68
Sulfato de cobre	kg	16	12	192
Sulfato ferroso	kg	20	3.8	76
Herbicida	kg	9	28	252
Cosecha y beneficio				
Cosecha	Jornal	30	30	900
Beneficio	Jornal	10	30	300
Herramientas				
Machete	Unidad	1	10	10
Tijera de podar	Unidad	1	60	60
Podón	Unidad	1	20	20
Total				4800

Tabla 22. Costo de producción de cacao con el tratamiento T4.

Gastos	U.M.	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Tratamiento				
TRIGGRR Trihormonal	L	0.5	90	45
Terra Sorb	L	1	45	45
Aplicación foliar	Jornal	4	30	120
Mantenimiento				
Control de malezas	Jornal	10	30	300
Podas	Jornal	8	30	240
Fertilización	Jornal	3	30	90
Drenaje	Jornal	2	30	60
Insumos				
Urea	Saco (50 kg)	7	70	490
Superfosfato triple	Saco (50 kg)	3	85	255
Cloruro de potasio	Saco (50 kg)	6	75	450
Sulfato de potasio	Saco (50 kg)	3	115	345
Kieserita	Saco (50 kg)	5	60	300
Ácido bórico	Saco (25 kg)	1	92	92
Sulfato de zinc	kg	17	4	68
Sulfato de cobre	kg	16	12	192
Sulfato ferroso	kg	20	3.8	76
Herbicida	kg	9	28	252
Cosecha y beneficio				
Cosecha	Jornal	30	30	900
Beneficio	Jornal	10	30	300
Herramientas				
Machete	Unidad	1	10	10
Tijera de podar	Unidad	1	60	60
Podón	Unidad	1	20	20
Total				4710

Tabla 23. Costo de producción de cacao con el tratamiento T5.

Gastos	U.M.	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Tratamiento				
TRIGGRR Trihormonal	L	1	90	90
Terra Sorb	L	1	45	45
Aplicación foliar	Jornal	4	30	120
Mantenimiento				
Control de malezas	Jornal	10	30	300
Podas	Jornal	8	30	240
Fertilización	Jornal	3	30	90
Drenaje	Jornal	2	30	60
Insumos				
Urea	Saco (50 kg)	7	70	490
Superfosfato triple	Saco (50 kg)	3	85	255
Cloruro de potasio	Saco (50 kg)	6	75	450
Sulfato de potasio	Saco (50 kg)	3	115	345
Kieserita	Saco (50 kg)	5	60	300
Ácido bórico	Saco (25 kg)	1	92	92
Sulfato de zinc	kg	17	4	68
Sulfato de cobre	kg	16	12	192
Sulfato ferroso	kg	20	3.8	76
Herbicida	kg	9	28	252
Cosecha y beneficio				
Cosecha	Jornal	30	30	900
Beneficio	Jornal	10	30	300
Herramientas				
Machete	Unidad	1	10	10
Tijera de podar	Unidad	1	60	60
Podón	Unidad	1	20	20
Total				4755

Tabla 24. Costo de producción de cacao con el tratamiento T6

Gastos	U.M.	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Tratamiento				
TRIGGRR Trihormonal	L	2	90	180
Terra Sorb	L	1	45	45
Aplicación foliar	Jornal	4	30	120
Mantenimiento				
Control de malezas	Jornal	10	30	300
Podas	Jornal	8	30	240
Fertilización	Jornal	3	30	90
Drenaje	Jornal	2	30	60
Insumos				
Urea	Saco (50 kg)	7	70	490
Superfosfato triple	Saco (50 kg)	3	85	255
Cloruro de potasio	Saco (50 kg)	6	75	450
Sulfato de potasio	Saco (50 kg)	3	115	345
Kieserita	Saco (50 kg)	5	60	300
Ácido bórico	Saco (25 kg)	1	92	92
Sulfato de zinc	kg	17	4	68
Sulfato de cobre	kg	16	12	192
Sulfato ferroso	kg	20	3.8	76
Herbicida	kg	9	28	252
Cosecha y beneficio				
Cosecha	Jornal	30	30	900
Beneficio	Jornal	10	30	300
Herramientas				
Machete	Unidad	1	10	10
Tijera de podar	Unidad	1	60	60
Podón	Unidad	1	20	20
Total				4845

Tabla 25. Costo de producción de cacao con el tratamiento T7.

Gastos	U.M.	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Tratamiento				
Terra Sorb	L	1	45	45
Aplicación foliar	Jornal	4	30	120
Mantenimiento				
Control de malezas	Jornal	10	30	300
Podas	Jornal	8	30	240
Fertilización	Jornal	3	30	90
Drenaje	Jornal	2	30	60
Insumos				
Urea	Saco (50 kg)	7	70	490
Superfosfato triple	Saco (50 kg)	3	85	255
Cloruro de potasio	Saco (50 kg)	6	75	450
Sulfato de potasio	Saco (50 kg)	3	115	345
Kieserita	Saco (50 kg)	5	60	300
Ácido bórico	Saco (25 kg)	1	92	92
Sulfato de zinc	kg	17	4	68
Sulfato de cobre	kg	16	12	192
Sulfato ferroso	kg	20	3.8	76
Herbicida	kg	9	28	252
Cosecha y beneficio				
Cosecha	Jornal	30	30	900
Beneficio	Jornal	10	30	300
Herramientas				
Machete	Unidad	1	10	10
Tijera de podar	Unidad	1	60	60
Podón	Unidad	1	20	20
Total				4665

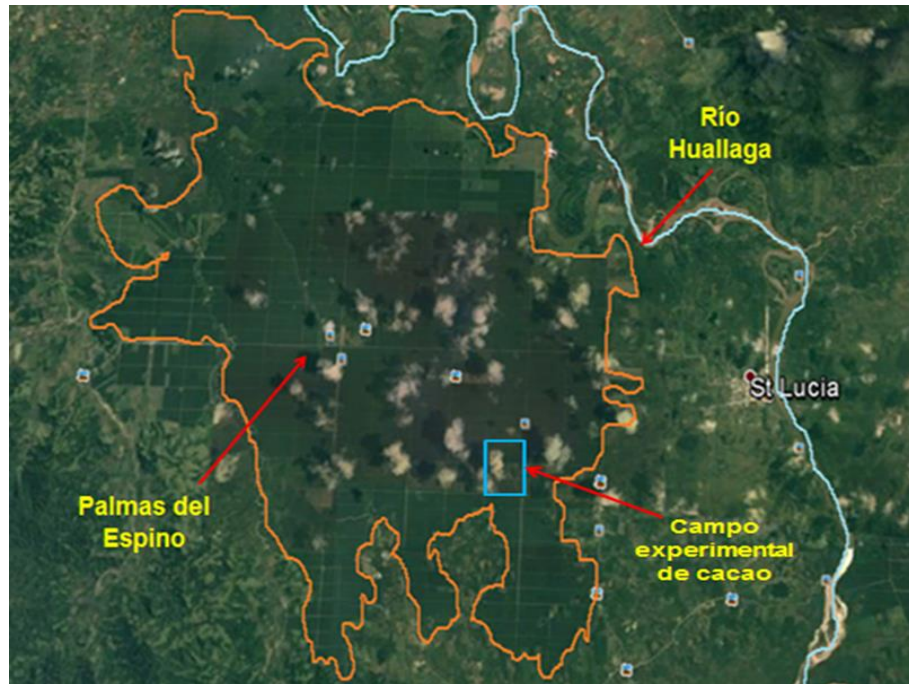


Figura 4. Ubicación del campo experimental.



Figura 5. Campo experimental

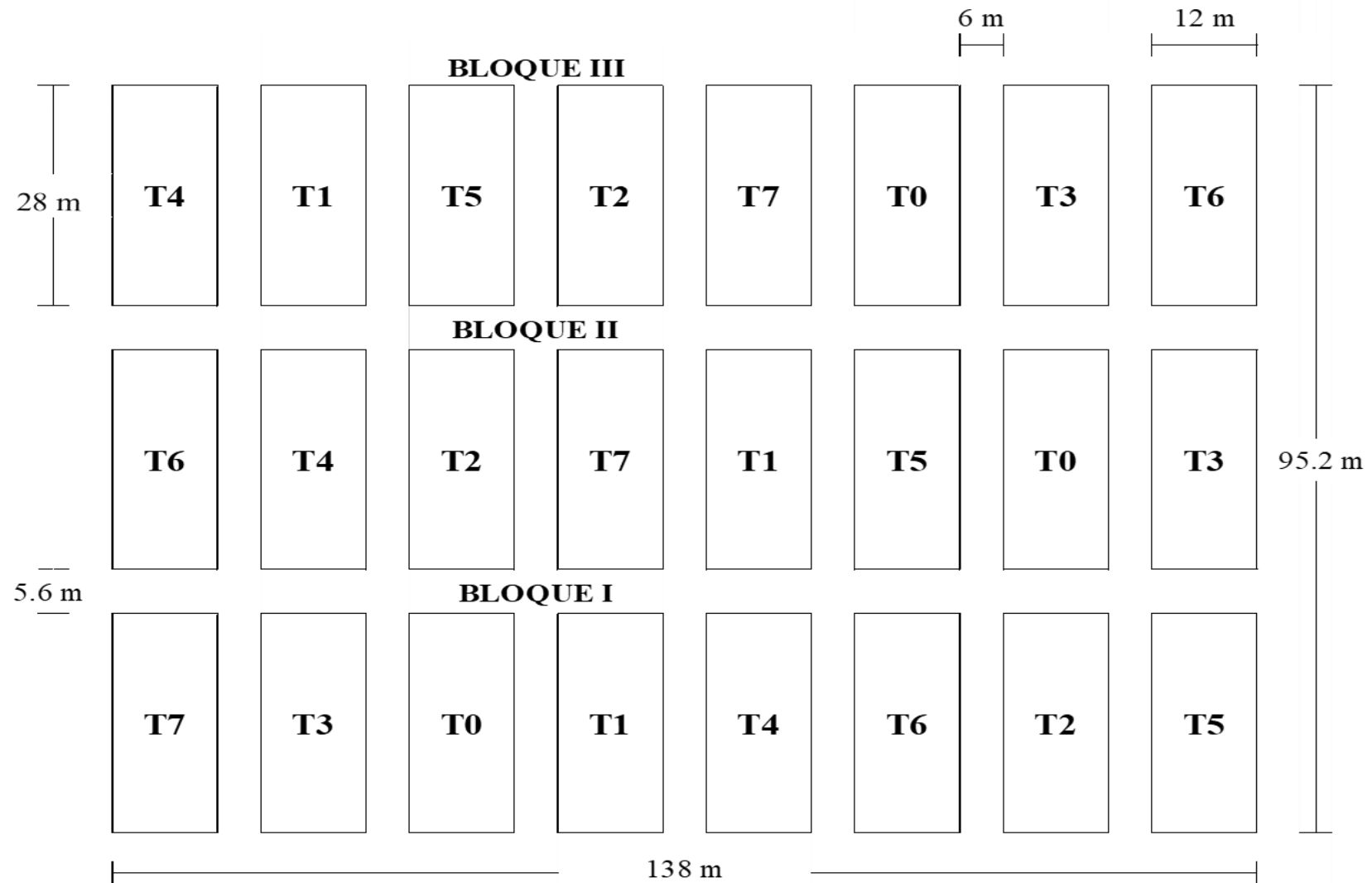


Figura 6. Croquis del campo experimental

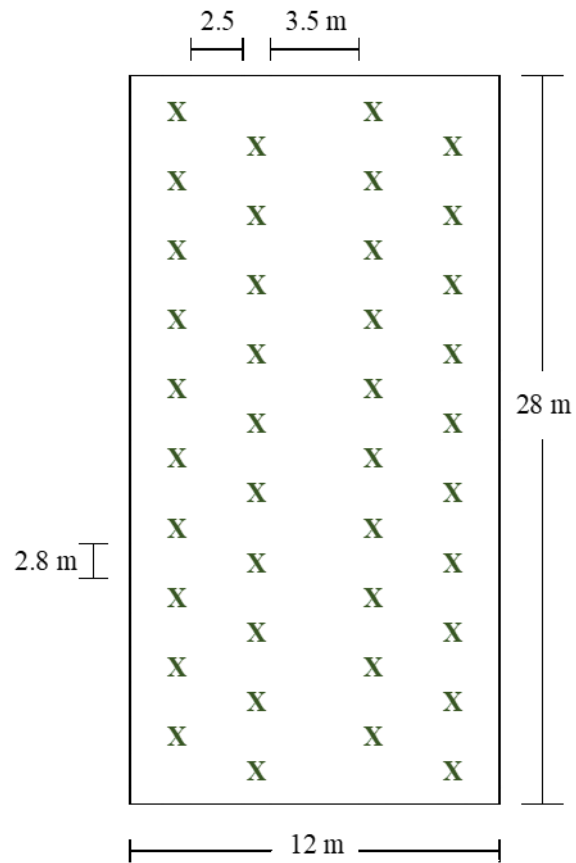


Figura 7. Croquis de la unidad experimental.



Figura 8. Aspersión foliar del biorregulador de acuerdo a los tratamientos.



Figura 9. Supervisión de la aplicación foliar del biorregulador.



Figura 10. Monitoreo de trabajos en campo.



Figura 11. Evaluación del índice de semilla.