



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE
LA AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: EFECTO DE TRES TIPOS DE SOMBRA Y
TRIACONTANOL EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL
CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN LA CONCORDIA**

AUTOR: SANTAMARÍA VINUEZA, DAYANNA LISETH

DIRECTOR: M.Sc. SORIA, NORMAN

SANGOLQUÍ

2017



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “*EFECTO DE TRES TIPOS DE SOMBRA Y TRIACONTANOL EN LA PRODUCCION Y CALIDAD DEL CACAO (Theobroma cacao L.) EN LA CONCORDIA*” realizado por la señorita *SANTAMARIA VINUEZA DAYANNA LISETH*, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a la señorita *SANTAMARIA VINUEZA DAYANNA LISETH* para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 17 de febrero del 2017



M.Sc. Norman Soria

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *SANTAMARIA VINUEZA DAYANNA LISETH*, con cédula de identidad N° 1718170721, declaro que este trabajo de titulación "*EFECTO DE TRES TIPOS DE SOMBRA Y TRIACONTANOL EN LA PRODUCCION Y CALIDAD DEL CACAO (Theobroma cacao L.) EN LA CONCORDIA*" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 17 de febrero del 2017

SANTAMARIA VINUEZA DAYANNA LISETH

C.C 1718170721



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

Yo, **SANTAMARIA VINUEZA DAYANNA LISETH**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**EFECTO DE TRES TIPOS DE SOMBRA Y TRIACONTANOL EN LA PRODUCCION Y CALIDAD DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN LA CONCORDIA**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 17 de febrero del 2017



SANTAMARIA VINUEZA DAYANNA LISETH

C.C 1718170721

DEDICATORIA

A Dios por darme sus bendiciones, fortaleza, cuidado y amor para permitirme culminar una etapa más de mi vida. A mis hijos Mathías Santiago y Rommy Victoria son mi motivación para vencer todo obstáculo. A mi esposo Rodrigo Alejandro por ser mi compañero, amigo, apoyo y haberme dado ánimos cuando más necesitaba para concluir con mi carrera. A mis padres por todo su esfuerzo, han sido y son un soporte fundamental en mi vida, gracias por su apoyo incondicional y por todo su amor; Al Ingeniero Julio Pazmiño por ser un ejemplo de persona por todas sus buenas acciones y actitudes sin esperar nada a cambio; y a la Ingeniera Patricia Falconí por sus consejos y su predisposición de ayudar.

Dayanna Santamaría

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al M.Sc. Norman Soria quien desde el primer día que inicio este trabajo de investigación siempre estuvo dispuesto a brindarme su conocimiento, guía y consejo para llevar con éxito el presente estudio; al Ing. Flavio Padilla por todo su apoyo, colaboración y predisposición para la elaboración e implementación de la investigación.

A la Finca “Lolita” por haberme facilitado con el área de estudio para la realización de este trabajo y a los trabajadores por su colaboración.

A la facultad de Ciencias Agropecuarias – IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por haberme facilitado las instalaciones para la realización de la fase de laboratorio de este trabajo, a sus profesores quienes me formaron académica y moralmente.

A la empresa Bioresearch por haberme financiado la elaboración del trabajo de investigación y al Ing. Javier Avilés por depositar su confianza en mí estudio.

A mi esposo Rodrigo por siempre estar dispuesto a ayudarme en todas las labores de la finca, dejando todo por no dejarme sola y siempre estar en cada actividad conmigo.

A mi hermano Mauricio, a mi suegro German Villacreses, a mis primos Rebeca, Israel y Esteban por ayudarme a tomar las muestras, movilizarme hacia la finca y la elaboración de las etiquetas para mi proyecto de investigación.

ÍNDICE

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.3.1 Problema.....	3
1.3.2 Causas.....	3
1.3.3 Efectos.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	4

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Generalidades e Importancia.....	5
2.1.1 Origen.....	6
2.1.2 Taxonomía.....	7

2.1.3	Descripción botánica.....	7
2.1.3.1	Biología floral	8
2.1.4	Brotos de yema en el cacao	9
2.1.5	Polen de cacao.....	9
2.1.6	Factores climáticos.....	10
2.1.6.1	Temperatura	10
2.1.6.2	Luminosidad.....	10
2.1.6.3	Precipitación.....	11
2.1.6.4	Humedad Relativa.....	11
2.1.7	Sombreamiento	11
2.1.7.1	Ventajas del sombreamiento	12
2.1.7.2	Desventajas del sombreamiento	12
2.2	Poda.....	12
2.3	Biorreguladores	13
2.4	Regulación del nivel hormonal	14
2.5	Triacantanol	14
2.5.1	Efectos de triacantanol en plantas.....	15
2.5.1.1	Crecimiento	15
2.5.1.2	Salud.....	16
2.6	Relación fuente demanda	16
2.7	Producción forzada	18
2.8	Amarre.....	19
2.8.1	Balance hormonal para amarre	20
2.9	Marchitamiento prematuro de los frutos	21
2.10	Plagas principales del cacao.....	21
2.10.1	Pulgones	21
2.10.2	Hormigas arrieras	22
2.10.3	Monalonium.....	22
2.11	Enfermedades principales del cacao	23
2.11.1	Monilla.....	23
2.11.2	Escoba de bruja	24

2.12	Calidad del cacao	24
2.12.1	Sabor y aroma	26
2.12.1.1	Composición de las almendras de cacao	26

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA		28
3.1	Ubicación del lugar de investigación	28
3.1.1	Ubicación Política	28
3.1.2	Ubicación Geográfica	28
3.1.3	Ubicación Geológica	29
3.2	Materiales	29
3.2.1	Insumos y materiales de campo	29
3.2.2	Insumos y materiales de laboratorio	29
3.3	Métodos	30
3.3.1	Fase de campo	30
3.3.1.1	Selección de árboles, preparación del producto y aplicación	30
3.3.2	Fase de laboratorio	30
3.3.2.1	Cosecha de los frutos	30
3.3.2.2	Abertura de mazorcas, fermentación y secado	31
3.3.3	Diseño experimental	31
3.3.3.1	Factores a Probar	31
3.3.3.2	Tratamientos	32
3.3.3.3	Tipo de diseño	33
3.3.3.4	Diseño en Campo	33
3.3.3.5	Características de la unidad experimental	33
3.3.4	Análisis estadístico	34
3.3.4.1	Esquema del análisis de la varianza	34
3.3.4.2	Análisis funcional	35
3.3.4.3	Estadística descriptiva	35
3.3.5	Variables medidas	35
3.3.5.1	Área foliar	35

3.3.5.2	Contenido de materia seca	36
3.3.5.3	Peso específico de la Hoja.....	36
3.3.5.4	Número de flores.....	36
3.3.5.5	Tamaño de frutos.....	36
3.3.5.6	Porcentaje de cuajado.....	37
3.3.5.7	Peso de la muestra.....	37
3.3.5.8	Peso de la almendra.....	37
3.3.5.9	Peso del árbol.....	38
3.3.5.10	Calidad	38

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 39

4.1	Resultados	39
4.1.1	Área Foliar	39
4.1.2	Contenido de materia seca	42
4.1.3	Peso específico de la hoja	44
4.1.4	Número de flores.....	47
4.1.5	Tamaño de frutos	53
4.1.6	Porcentaje de cuajado.....	57
4.1.7	Peso de la muestra.....	59
4.1.8	Peso de la almendra.....	61
4.1.9	Peso del árbol.....	64
4.1.10	Calidad del grano de cacao	66
4.2	Beneficio costo.....	68

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 70

5.1	Conclusiones	70
5.2	Recomendaciones.....	71
5.3	Bibliografía	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición química de las almendras no fermentadas	25
Tabla 2	Composición química media de habas de cacao.....	27
Tabla 3	Análisis de la varianza	34
Tabla 4	Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el área foliar bajo el efecto de 4 dosis de Triacantanol, 3 niveles de sombra y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	39
Tabla 5	Promedio \pm error estándar del área foliar bajo el efecto de 3 niveles de sombra y dos niveles de frecuencia, Finca Lolita, Ecuador, 2016.	40
Tabla 6	Promedio \pm error estándar del área foliar bajo el efecto de 2 frecuencias de aplicación de triacantanol, Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	41
Tabla 7	Promedio \pm error estándar del área foliar bajo el efecto de 4 niveles de dosis de triacantanol, Finca Lolita, Ecuador, 2016.	42
Tabla 8	Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) del peso inicial, peso final y peso seco bajo el efecto de 4 dosis de Triacantanol, 3 niveles de sombra y 2 frecuencias de aplicación.	43
Tabla 9	Promedio \pm error estándar del peso inicial, peso final y peso seco bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacantanol y 2 frecuencias de aplicación. Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	44
Tabla 10	Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el peso específico de la hoja bajo el efecto de 4 dosis de Triacantanol, 3 niveles de sombra y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	45
Tabla 11	Promedio \pm error estándar peso específico de la hoja bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacantanol y 2 frecuencias de aplicación. Finca Lolita, Ecuador, 2016.	46
Tabla 12	Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el número de flores en estado de yema bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacantanol y 2 frecuencias de aplicación. Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	47

Tabla 13	Promedio \pm error estándar del número de flores en estado de yema bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	48
Tabla 14	Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el número de flores en estado de botón bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación. Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	49
Tabla 15	Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el número de flores en estado de floración (totalmente abiertas) bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación. Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	51
Tabla 16	Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el número de frutos bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación. Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	54
Tabla 17	Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el largo de los frutos de cacao bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	54
Tabla 18	Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el diámetro de los frutos de cacao bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	55
Tabla 19	Promedio \pm error estándar del diámetro de los frutos de cacao bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	55
Tabla 20	Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para la producción por rama bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	56
Tabla 21	Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el largo final de los frutos de cacao bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	57
Tabla 22	Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el peso final de frutos de cacao bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	57

Tabla 23	Relación beneficio costo (kilogramo de cacao) en la producción de cacao fino de aroma, Finca Lolita, Ecuador.2016.....	69
----------	--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Pulgones.....	21
Figura 2	Hormiga arriera.....	22
Figura 3	Monalonium.....	22
Figura 4	Monilla.....	23
Figura 5	Escoba de bruja.....	24
Figura 6	Fotografía del lugar de la investigación.....	28
Figura 7	Promedio \pm error estándar del área foliar bajo el efecto de 3 niveles de sombra y 4 dosis de triacantanol, Finca Lolita, Ecuador, 2016	41
Figura 8	Promedio \pm error estándar del número de flores en estado de botón bajo tres niveles de sombra. Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	49
Figura 9	Promedio \pm error estándar del número de flores en estado de botón bajo 4 dosis de triacantanol. Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	50
Figura 10	Flores en estado de botón	51
Figura 11	Promedio \pm error estándar del número de flores en estado de floración bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacantanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016.....	52
Figura 12	Flores totalmente abiertas	53
Figura 13	Efecto de 4 dosis de triacantanol en el porcentaje de cuajado de los frutos de cacao <i>Theobroma cacao</i> L.....	58
Figura 14	Porcentaje de cuajado del cacao bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacantanol y dos frecuencias de aplicación (F1 y F2).....	59
Figura 15	Peso promedio (g) de muestras de cacao correspondientes a cada uno de los 24 tratamientos establecidos	60
Figura 16	Peso en gramos de una almendra de cacao correspondiente a cada uno de los 24 tratamientos establecidos	61
Figura 17	Medidas (largo, ancho y espesor) en cm de las almendras de cacao correspondientes a cada uno de los 24 tratamientos establecidos.....	62
Figura 18	Índice de semilla de los 24 tratamientos establecidos	64

Figura 19	Peso en gramos de una mazorca de cacao para cada uno de los 24 tratamientos establecidos.....	65
Figura 20	Índice de mazorca de los 24 tratamientos establecidos	66
Figura 21	Porcentaje de grasa de 24 muestras de cacaos correspondientes a los 24 tratamientos establecidos.....	67

RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón La Concordia, parroquia Las Villegas, finca La Lolita, en una plantación de cacao con 72 árboles de 5 años con el objetivo de evaluar el efecto de 3 tipos de sombra (S1=403,5 luxes; S2=681,97 luxes; S3=835,98 luxes), 4 dosis de Triacontanol (D1= 0mL/L⁻¹; D2= 0,5mL/L⁻¹; D3= 1mL/L⁻¹; D4= 1,5mL/L⁻¹) y 2 frecuencias de aplicación (F1= aplicación de inicio; F2= segunda aplicación a los 30 días) en la producción y calidad del cacao, utilizando un diseño de bloques completos al azar en parcela subdividida, de la interacción de los tres factores se obtuvieron 24 tratamientos con 3 repeticiones. En cada tratamiento se evaluaron las siguientes variables con los mejores resultados obtenidos: área foliar = el mejor tratamiento fue T₂₀ (835,98 luxes;1,5 mL;F1) con una media de 238,50 cm²; para la variable contenido de materia seca, peso específico de la hoja, número de flores, tamaño de frutos, peso de la almendra = T₂₄ (835,98 luxes;1,5 mL;F2); porcentaje de cuajado = T₁₁(681,97 luxes; 1mL; F2); peso de la muestra y peso del árbol = T₁₄ (681,97 luxes; 0,5 mL; F2) y calidad del grano de cacao lo obtuvieron varios tratamientos sin embargo el T₂₄ entra dentro de los porcentajes establecidos de cantidad de grasa con un 48%. En conclusión la dosis de 1,5 mL permitió obtener los mejores resultados y el T₂₄ es el mejor en los parámetros evaluados de producción, calidad, economía y sustentabilidad.

PALABRAS CLAVE:

- **CULTIVO**
- **CACAO**
- **SOMBRA DE ÁRBOLES**
- **TRIACONTANOL**

ABSTRACT

This research was carried out in the Province of Santo Domingo de los Tsáchilas, Cantón la Concordia, Parroquia Las Villegas, La Lolita Farm, in a cacao plantation with 72 5 year old trees with the objective of evaluating the effect of 3 types of Shade (S1 =403.5 lux, S2 =681.97 lux, S3 =835.98 lux), 4 Triacontanol Dose (D1 =0mL / L⁻¹, D2 =0.5mL / L⁻¹, D3 =1mL / L⁻¹, D4 =1.5mL / L⁻¹) and 2 application frequencies (F1 =start application, F2 =second application at 30 days) in cocoa production and quality, using a Design of Full Blocks Randomized in Subdivided Plot, Interaction of the three factors were obtained 24 treatments with 3 replicates. In each treatment the following variables were evaluated with the best results obtained: foliar area = the best treatment was T20 (835.98 lux; 1.5 mL; F1) with a mean of 238.50 cm²; For the variable dry matter content, leaf specific weight, number of flowers, fruit size, almond weight = T24 (835.98 lux, 1.5 mL, F2); Percentage of curd = T11 (681.97 lux, 1mL, F2); Weight of the sample and weight of the tree = T14 (681.97 lux, 0.5 mL; F2) and quality of the cocoa bean were obtained several treatments, however the T24 enters within the established percentages of amount of fat with a 48 %. In conclusion the dose of 1.5 mL allowed to obtain the best results and the T24 is the best in the evaluated parameters of production, quality, economy and sustainability.

KEYWORDS:

- **CULTIVATION**
- **CACAO**
- **SHADOW OF TREES**
- **TRIACONTANOL**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los aztecas, mayas y toltecas hace 2000 años domesticaron el cultivo de cacao para cultivarlo y consumirlo, no obstante investigaciones recientes muestran que al menos una variedad de cacao es originaria de la Alta Amazonía. En la época de la conquista de los españoles a América los granos de cacao eran utilizados como monedas y para elaborar una exquisita bebida; siglos después las almendras fueron trasladadas a Europa para elaborar una receta innovadora donde le colocaban dulce y vainilla. A finales del siglo XIX luego de varios experimentos los suizos consiguieron producir el chocolate de leche con lo que emprendieron una industria a nivel mundial logrando así que para la segunda mitad del siglo XVI el negocio de la elaboración de chocolate fuera rentable atrayendo el interés de empresarios guayaquileños; en el año 1600 ya se obtenían las primeras cosechas a orillas del río Guayaquil (Guerrero, 2013).

Registros muestran que Ecuador es productor de cacao desde 1780, en la actualidad la mayoría del cacao exportado es una combinación de Nacional y Trinitario que fueron introducidos en 1930 y 1940 (Guerrero, 2013).

La producción de cacao en el Ecuador es un pilar muy importante en la economía del país debido a la calidad que este posee como sus cualidades antioxidantes; el cacao es la tercera fuente de ingreso de dinero para más de 100 000 pequeños productores de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Guayas y Amazonía, (Bayas, Cabezas, Pallares, Reyes, & Villavicencio, 2009); por lo que es de gran importancia mejorar la producción y calidad del mismo a través de estimulantes vegetales.

El cacao y los productos agrícolas deben ser considerados para mejorar la economía del Ecuador puesto que nuestro país es netamente agrícola, recursos como el petróleo si bien es cierto han proporcionado al país grandes ingresos sin embargo cuando el valor de estos baja la economía del Ecuador también se ve

afectada, es por esta razón que el país deberían enfocarse en mejorar la cadena de producción y procesamiento de los productos agrícolas con lo cual podrían generar mayor ganancia y por ende fuentes de trabajo para más personas

Actualmente la población mundial busca consumir productos de procedencia orgánica y si no cumplen con estos estándares es relevante que se los haya producido con la menor cantidad de pesticidas o que se los haya tratado con productos que no resulten tóxicos para la salud pues se ha podido apreciar en el transcurso del tiempo los efectos que tienen para los consumidores y productores el uso de agroquímicos nocivos desencadenando enfermedades, puesto que también debe ser de conocimiento que al aplicar un agroquímico en algún producto agrícola se debe esperar un tiempo prudente para poder consumirlo sin embargo en Ecuador en muchas de las producciones no se realiza estas actividades sino más bien los productores se enfocan en vender más rápido los productos, es por esta razón que se sugiere la utilización de productos orgánicos o con compuestos que no resulten tóxicos como son los agroquímicos de sello verde.

Triacantanol (TRIA) es un extracto natural que estimula la división y elongación celular sin consecuencias secundarias por exceso del estimulante (Avilés, 2015 – Com. Persn.).

Se purifica a partir del extracto de cera de abejas, es inofensivo para el ser humano, animales y es amigable con el medio ambiente (Ramírez, 2011)

El uso de un compuesto natural TRIA, para mejorar la producción de los cultivos o la calidad debe tener un efecto mínimo o nulo sobre el medio ambiente, ya que sólo 0,1 a 10 mg es aplicada por hectárea (Ries, 1991).

1.2 Justificación

Debido al interés mostrado por el mercado internacional en el cacao fino de aroma que se produce en Ecuador, se busca mejorar las técnicas que los agricultores realizan de forma convencional para mayor rentabilidad del cultivo y por ende un producto de mejor calidad, Triacantanol es la opción adecuada y seleccionada para estos procesos ya que mejora la actividad enzimática, aumenta el contenido de clorofila, promoviendo la fotosíntesis, el contenido de proteína y azúcar, disminuye

la evaporación del agua, promueve la protección de flores y frutos, mejorando así la capacidad de la plantas para resistir al frio, la sequía y enfermedades a fin de aumentar la calidad de las cosechas y frutos; por lo que si aumenta la producción aumenta la demanda lo que representa un aporte económico para nuestro país.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Problema

Las cosechas obtenidas de los huertos cacaoteros no cumplen con los estándares de calidad, cantidad y producción de los países compradores del cacao fino de aroma por ofertar productos de mala calidad y con residuos nocivos para la salud y el medio ambiente debido al mal manejo que se les proporciona a los cultivos y la falta de tecnología apropiada.

1.3.2 Causas

- Malas prácticas en el manejo de las huertas cacaoteras.
- Uso de pesticidas tóxicos para la salud humana.
- Baja producción por falta de tecnología apropiada.

1.3.3 Efectos

- Producto contaminado devuelto por países compradores.
- Perdidas económicas para los productores y el país por cacao en malas condiciones.
- Cacao con residuos tóxicos para la salud de los consumidores.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Implementar tecnología alternativa para tener una buena producción y calidad del cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo el efecto de 3 tipos de sombra y las aplicaciones de triacontanol (TRIA).

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la dosis óptima de TRIA para incrementar la producción.
- Determinar el tratamiento adecuado para obtener la mejor calidad.
- Determinar el tratamiento más económico y sostenible.
- Dar a conocer los resultados mediante una publicación de la investigación realizada.

1.5 Hipótesis

H1: TRIA no mejora la producción y calidad del cacao.

H0: TRIA mejora la producción y calidad del cacao.

.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades e Importancia

En los años 80 y 90 el cultivo de cacao fue de gran importancia ya que era una de las principales fuentes de financiamiento tomando en cuenta que generaba trabajo para una gran parte de la población de la Costa, sin embargo en la actualidad el cultivo de cacao es de gran relevancia económica, ambiental y social puesto que es una especie principal de los medios productivos de campesinos de varias regiones (Torres, 2012).

En nuestro país el cultivo se ha manejado de forma convencional ya que se utilizan muchos productos químicos para tratar de contrarrestar el ataque de plagas y enfermedades que a largo plazo afectarían a la salud de las personas y al medio ambiente por sus residuos.

Los cultivos de cacao se encuentran ubicados en la Costa y Amazonía; es un árbol que produce una mazorca formada por almendras cubiertas de una pulpa con alto contenido de azúcar; en el país se cultivan dos variedades de cacao: Cacao CCN-51 y el llamado Cacao Nacional destacando que la mayor producción de los cultivares se localiza en las provincias de los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos (Guerrero, 2013).

(Vallejo, 2014), señala que Ecuador se ubica entre los cinco mayores productores de cacao a nivel mundial ya que su producción logró las 240 mil toneladas métricas de las cuales 230 mil han sido predestinadas para exportación lo que ha permitido que desplace del quinto lugar a Camerún, marcando un nuevo record ya que en el 2013 superó a Brasil uno de los productores más relevantes de América Latina.

El cacao ecuatoriano ha ganado mucha credibilidad a nivel internacional por su aroma y el contenido de grasa para la elaboración de todos sus derivados; es trascendental mencionar que el cacao no solo se está exportando como materia prima sino también como producto terminado lo que ha permitido abrir nuevos mercados.

En Ecuador una empresa dedicada a la producción y transformación de cacao llamada PACARI oferta variedad y calidad en cuanto a productos terminados procedentes de cacaotales orgánicos cumpliendo así con las demandas de países importadores de producto ecuatoriano de calidad, sin embargo esta empresa busca seguir sumando a pequeños productores de cacao con el fin de obtener producto sin ningún residuo de pesticidas y sobre todo que las prácticas que se realicen en los cultivos sean totalmente labores orgánicas.

Esta empresa ecuatoriana se caracteriza por la variedad de presentaciones del cacao que es totalmente innovadora puesto que se están elaborando chocolates con sabor a menta, ají entre otros; chocolates 0% contenido de leche lo cual resulta beneficioso para los consumidores de chocolate con intolerancia a las proteínas de la leche.

El producto terminado del cacao que más se comercializa es el chocolate, pero no es el único ya que podemos encontrar desde ungüentos hasta productos de belleza por sus propiedades hidratantes y se debe mencionar que mientras mayor es la concentración de cacao en los chocolates es más beneficioso para la salud puesto que ayuda a prevenir ataques cardíacos entre otras enfermedades.

2.1.1 Origen

Es una planta nativa de América del Sur, que abarca países como Ecuador, Perú, Brasil y Colombia (Enríquez & Paredes, 1989) ; los primeros pueblos en utilizar las cualidades del cacao fueron las civilizaciones del sur de México y América hace más de 2000 años antes de Cristo puesto que incorporaron las almendras en su alimentación diaria consumiéndolas como chocolate, aprovechaban todos sus beneficios desde usar las semillas como monedas hasta la grasa como bálsamo. Inclusive se ingenieron para crear bebidas mezclando las almendras de cacao con otras semillas como maíz, zapote entre otros denominándolo “alimento de los dioses” (Enríquez, 2001).

2.1.2 Taxonomía

(Torres, 2012), detalla la siguiente clasificación taxonómica:

- Reino: Vegetal
- Tipo: Espermatofita
- Subtipo: Angiosperma
- Clase: Dicotiledoneas
- Subclase: Dialipetalas
- Orden: Malvales
- Familia: Esterculiaceae
- Tribu: Buettnerieae
- Género: *Theobroma*
- Especie: cacao
- Nombre científico: *Theobroma cacao* L.

2.1.3 Descripción botánica

El cacao es una planta perenne, puede alcanzar alturas de 6 a 8 metros de longitud todo esto depende del suelo, nutrición y manejo que se le proporcione, tiene 20 cromosomas (2n), su polinización es alógama y su reproducción puede ser de dos maneras sexual esto es por semillas y asexual mediante ramas o clones. Los árboles de cacao producen varias cosechas por lo que uno solo es capaz de producir de 80 a 120 frutos al año. De acuerdo a la variedad varía el rendimiento de la pulpa no obstante en general los frutos están formados de 42% de cascara, 40% de pulpa y 18% de semilla (Enríquez, 2001).

La mazorca de cacao es una baya de aproximadamente 25 centímetros de largo, de 8 a 10 centímetros de diámetro y pesa entre 300 y 400 gramos y su período de formación va desde los 5 a 6 meses; la fruta contiene entre 25 y 50 semillas parecidas

a las almendras con un sabor amargo pero con alto contenido de azúcar, distribuidas en cinco u ocho filas prolongadas (MAGAP, 2006).

Las flores aparecen habitualmente al principio de la época de lluvia y son polinizadas por insectos (MAGAP, 2006).

La raíz principal es pivotante y puede medir de 2 a 3 metros además que sus raíces secundarias son cuantiosas en los primeros 25 a 30 centímetros de profundidad. Sus hojas son sencillas y de color verde muy variable; sus hojas tiernas son bien coloradas pudiendo ser de color café, morado o rojizo, también hay verde pálido (MAGAP, 2006).

2.1.3.1 Biología floral

Las flores del cacao se producen en los tejidos adultos de las ramas y troncos por esto se lo denomina “cauliflora”, las mismas se agrupan en inflorescencias conocidas como cojinete floral; un cojinete puede contener hasta 40 y 60 flores; la cantidad de ellas por cojinete depende de factores hereditarios. Después de aparecer el botón floral la flor se abre de 20 a 25 días seguida de este proceso y cuando no es fecundada esta se cae después de 30 días por medio de un estrangulamiento en la zona de separación del pedúnculo (Suárez, Moreira, & Vera, 1993)

(Enríquez, 1985), indica que la apertura del botón floral empieza después del medio día lográndose la máxima apertura a las cinco de la tarde cuando hay menos humedad y más luz, el proceso continúa durante toda la noche pero en general las anteras se encuentran abiertas en la mañana juntamente con los granos de polen para el proceso de fecundación.

(Navia, 2016), señala que las plantaciones de cacao bajo un ambiente apropiado de temperatura y humedad en el aire y suelo pueden florecer todo el año sin embargo fluctuaciones significativas de lluvia y temperatura establecen una corta floración y fructificación. La floración se interrumpe cuando el promedio de temperatura disminuye a 22 grados centígrados, pero si la misma se mantiene en 25.5 grados centígrados la floración se realiza con normalidad y la formación de frutos se ve influenciada por variaciones de la humedad en el suelo.

(Abrol, 2011), sugiere que un árbol de cacao produce en promedio 4554 ± 687 flores en un período de seis meses en donde la polinización efectiva que posteriormente formara un fruto es de solo el 5.2%.

2.1.4 Brotes de yema en el cacao

El árbol de cacao se caracteriza por tener períodos de crecimiento, una temporada de mayor brotación seguido de reposos vegetativo; los períodos de alta brotación tienen relación con la formación de chupones (brotes tiernos indeseables) que dependen del tipo de poda que se realice (Navia, 2016).

(Navia, 2016), señala que un excesivo número de brotes foliares en el árbol no es recomendable debido a que son puntos de ataques de patógenos como “escoba de bruja”, y además consumen nutrientes que pueden servir para el desarrollo de mazorcas.

2.1.5 Polen de cacao

El grano de polen es relativamente pequeño, redondo y viscoso con lo cual forman grupos de cientos de ellos; es trasladado de una árbol a otro por un número pequeño del genero *Forcipomyia* y en algunos casos trípodos del género *Frankliniella* (Enríquez, 1985).

La polinización es el transporte de los granos de polen por distintos agentes al estilo de la flor, no obstante la estructura de las partes de la flor, la falta de néctar, aroma y la baja viscosidad son características que restringen la polinización por el viento y los insectos polinizadores, tomando en cuenta la falta de compatibilidad que está vigente en el cacao (Suárez, Moreira, & Vera, 1993).

La falta de compatibilidad es una dificultad que afecta la producción del cacao y puede suceder por la presencia de barreras genéticas que limitan el proceso normal de la fecundación de la flor; la misma se puede presentar de dos maneras: la primera es la autoincompatibilidad, en la cual las flores de la misma planta no pueden

fertilizar sus propios óvulos y la segunda es la incompatibilidad cruzada en la cual los árboles no pueden cruzarse con otros (Suárez, Moreira, & Vera, 1993).

2.1.6 Factores climáticos

El comportamiento del cultivo del cacao varía de acuerdo a la zona de ubicación, factores ambientales, fertilidad, capacidad de retención de agua y sus interacciones. El cacao es capaz de soportar condiciones climáticas extremas pero por períodos cortos (Suárez, Moreira, & Vera, 1993).

2.1.6.1 Temperatura

Factor de gran importancia para el crecimiento normal de las plantas de cacao, las variaciones temporales diarias influyen intensamente en los procesos fisiológicos principalmente en la formación de flores y de frutos. En las zonas cacaoteras la temperatura media anual va alrededor de los 25 grados centígrados con una fluctuación de más o menos 3 grados centígrados entre los períodos húmedos y secos (Suárez, Moreira, & Vera, 1993).

2.1.6.2 Luminosidad

El efecto de la luz está relacionado principalmente con la fotosíntesis, el desarrollo de las células de algunos tejidos, el movimiento de los estomas entre otros procesos.

El Ecuador en relación a otros países cacaoteros es el que menos posee radiación solar. La mayor parte de las zonas productoras de cacao en el Ecuador las horas de brillo solar fluctúan entre 800 y 1000 horas al año (Suárez, Moreira, & Vera, 1993).

Los factores que intervienen en la cantidad total de radiación son el tiempo, la altitud y la nubosidad; la latitud establece las horas de luz al día por lo que en el Ecuador es casi siempre constante (Suárez, Moreira, & Vera, 1993).

2.1.6.3 Precipitación

El cultivo de cacao necesita una precipitación de 1200 a 2500 milímetros anuales perfectamente distribuidos y con un promedio de lluvia mensual igual a 100 milímetros; cuando las lluvias son muy prolongadas estas favorecen a la presencia e intensidad de enfermedades fungosas (Suárez, Moreira, & Vera, 1993).

La distribución de lluvias es fundamental para las etapas del cacaotal siendo estas descanso (lapso de una cosecha a otra), brotación, floración y cosecha.

2.1.6.4 Humedad Relativa

La humedad relativa del aire juega un papel muy importante en la regulación de evaporación del agua del suelo y la transpiración de la planta, el ambiente de las plantas de cacao debe ser húmedo ya que no tiene un comportamiento adecuado si el ambiente que lo rodea es extremadamente seco por que la el valor promedio mensual de la humedad relativa debe ser de 75 a 80% (Suárez, Moreira, & Vera, 1993).

2.1.7 Sombreamiento

(Gonzáles, 2008), señala que el árbol de cacao es una especie propia de sombra y que su mayor desempeño fisiológico se obtiene bajo estas condiciones por lo tanto corrobora al decir que no se pueden establecer plantaciones de cacao expuestas totalmente a la luz.

El cultivo de cacao necesita para su proceso normal dos tipos de sombra, una de inicio o temporal que provee de sombra durante la fase en la que las plantas se encuentran en desarrollo hasta cuando las plantaciones crezcan lo necesario para provocar alto sombreamiento; y otra definitiva para resguardar el cacao durante toda su fase de producción (Suárez, Moreira, & Vera, 1993).

2.1.7.1 Ventajas del sombreado

(González, 2008), menciona que la sombra ayuda a obtener una mejor rentabilidad debido al mejor manejo de las malezas, conserva la permeabilidad y aireación del suelo, impide el quemado foliar, reduce la manifestación de enfermedades como *Phytophthora*, *Moniliophthora* y plagas como los Trips; además que facilita el aprovechamiento de los fertilizantes que son perdidos por lixiviación por parte de los árboles de sombra.

2.1.7.2 Desventajas del sombreado

Se aumenta la probabilidad de transmitir enfermedades y plagas por lo que disminuye la producción, no obstante se suma un problema mayor y es que el reventamiento de las yemas también conocido como “flush” y la formación de nuevas hojas se realizan con menor frecuencia; los árboles de sombra pueden mostrar raíces superficiales lo que ocasionaría una competición por agua y nutrientes del suelo con el cacao (González, 2008).

2.2 Poda

Es una práctica que se fundamenta en eliminar las ramas mal formadas, chupones, partes muertas y enfermas de la planta para que ingrese de forma correcta la luz y el aire, llevar un control del desarrollo y crecimiento de las ramas productivas además de conservar una estructura adecuada del árbol lo cual ayudada a llevar un mejor manejo del cultivo y por lo tanto reduce la manifestación de plagas y enfermedades (López, 2012).

Existen varios tipos de poda:

- **Poda de formación.-** Se realiza después del primer año de edad de la planta hasta que inicie la producción de cacao; se debe cortar del árbol los chupones, las ramas que se encuentran muy unidas, las que crecen en dirección hacia adentro o abajo, dejando así las ramas bien distribuidas, es decir un único tallo con una bifurcación bien formada de 4 a 6 ramas para obtener un desarrollo y

crecimiento correcto del árbol debido a que la gran mayoría de mazorcas se forman en las ramas principales (López, 2012).

- **Poda de mantenimiento.-** Ayuda a conservar la forma del árbol y una altura apropiada de 3 metros para agilizar la cosecha; se cortan principalmente los chupones y retoños, las ramas que están muy unidas, las que crecen en dirección hacia adentro, dañadas o muertas y asimismo se despuntan las ramas que son muy altas; se la puede realizar una o dos veces al año cuando se finaliza una cosecha o posteriormente de una poda de árboles de sombra (López, 2012).
- **Poda de rehabilitación y saneamiento.-** se realiza en árboles de cacao abandonados, a los que no se les ha proporcionado un buen manejo durante varios años por lo que la actividad ayuda a recuperar su capacidad de producción; la poda fitosanitaria elimina ramas enfermas, secas, mal formadas, quebradas y árboles enfermizos que estén muy juntos abarcando frutos arruinados y enfermos (López, 2012).

2.3 Biorreguladores

Los biorreguladores son hormonas vegetales naturales que se producen en un sitio determinado pero su efecto puede ser en el mismo lugar de origen o moverse a otro sitio a través de los vasos xilemáticos y floemáticos para actuar regulando de forma positiva o negativa un proceso fisiológico; los nutrientes y azúcares no son hormonas tomando en cuenta que las concentraciones de hormonas son muy pequeñas (Díaz, n.d).

(Díaz, n.d), menciona que las hormonas vegetales más destacadas actualmente son giberelinas, citocininas, auxinas, el etileno, un grupo de inhibidores y se ha determinado la importancia de las poliaminas, ácido salicílico, ácido jasmónico y los brasinosteroides en el crecimiento y desarrollo de las planta, cabe resaltar que algunas se producen en lugares específicos con mayor concentración como por ejemplo las citocininas en la raíz, pero básicamente la mayoría se sintetizan en todos los órganos.

La mayor parte de productores agrícolas ecuatorianos utilizan biorreguladores para optimizar los resultados de sus cosechas, puesto que las mismas estimulan la

producción de más frutos, aumentan el tamaño de las flores, ayudan a que se puedan retrasar o adelantar las cosechas entre otras.

2.4 Regulación del nivel hormonal

La cantidad de hormonas que se encuentran en un tejido dependen de muchos factores; el factor genético es un punto crítico ya que envía las señales básicas para la síntesis de cada hormona, pero el manejo del cultivo y las condiciones del ambiente pueden cambiar la expresión genética es decir que un clima adecuado, agua y nutrición en cantidades apropiadas pueden estimular un mayor crecimiento vegetativo (Díaz, n.d).

Los factores externos como clima, agua y nutrientes juegan un papel determinante en la síntesis hormonal ya que codifican que se produce, donde se produce y en qué momento, por lo tanto si el tejido se encuentra perceptivo a las hormonas responderá a ello y la respuesta fisiológica que emita será estimulante o inhibidora de algún proceso de acuerdo al tipo de hormona producida (Díaz, n.d).

2.5 Triacantanol

Triacantanol es un moderador del crecimiento vegetal natural que se encuentra en las ceras que están ubicadas fuera de la cutícula de la planta, su uso principal es mejorar el crecimiento, la producción, la fotosíntesis, la captación de agua y nutrientes, la fijación del nitrógeno, azúcares reductores entre otros; triacantanol incrementa la actividad de las células teniendo como resultado mayores características genéticas (Naeem, Khan, & Moinuddin, 2012)

Triacantanol induce la aparición L (+) – adenosina en las raíces de las plantas en el lapso de tiempo de un minuto; varios estudios aseveran que la aplicación de triacantanol antes de la siembra, en las raíces o en las hojas mejoro el crecimiento y rendimiento de algunos cultivos hortícolas, medicinales, aromáticas en condiciones favorables y desfavorables (Naeem, Khan, & Moinuddin, 2012).

(Naeem, Khan, & Moinuddin, 2012), mencionaron que triacantanol es una sustancia que interviene en el crecimiento y desarrollo de las plantas pero no debe

ser considerado como una fitohormona ya que es el único alcohol primario que se encuentra de forma natural en la cera de las hojas del arroz, tomando en cuenta que este se extrae también de la cera de las abejas.

Triacantanol estimula la formación de L (+) – adenosina que es idéntica a la adenosina obtenida de las plantas sin ninguna aplicación; es por esto que la adenosina obtenida de las plantas tratadas con Triacantanol puede estimular el crecimiento pero en concentraciones diferentes aumentando así las proteínas solubles, azúcares reductores y aminoácidos libres; además que existen un aumento en las concentraciones de nitrógeno que se comprobó mediante la evaluación del peso seco de plantas tratadas con triacantanol y testigo (Naeem, Khan, & Moinuddin, 2012).

Es una alternativa recomendable puesto que es extraído de fuentes naturales, por tanto no resulta tóxico para los trabajadores que realizan las aplicaciones del producto en los cultivos y tampoco para los consumidores de los productos obtenidos; es decir que tratar el cacao fino de aroma con triacantanol nos permitirá obtener productos que cumplan con estándares de calidad nacionales e internacionales.

Triacantanol es una opción asequible económicamente puesto que la cantidad de producto que se utiliza es relativamente baja ($0,5 \text{ mL/L}^{-1}$) dosis recomendada en el envase del producto; incluso para grandes cultivos la inversión no demanda mayor gasto por cuanto el valor de un litro del producto se comercializa en \$40 dólares americanos. En el Ecuador la adquisición del producto se lo puede realizar en la empresa Bioresearch distribuidora de agroquímicos.

2.5.1 Efectos de triacantanol en plantas

2.5.1.1 Crecimiento

Triacantanol promueve el crecimiento de las plantas a través de la disminución de dióxido de carbono es decir una abstención del mismo que a su vez aumenta el aprovechamiento de dióxido de carbono externo y mejora la fotosíntesis; este

proceso ayuda a establecer plantas que tienen la capacidad de obtener y captar más nutrientes de su hábitat, un ejemplo son las aplicaciones que se han realizado en rosas donde las flores son de mayor tamaño y mejor calidad. Triacantanol se utiliza en todo el mundo como un estimulante del crecimiento natural, sus aplicaciones se encuentran en todo tipo de horticultura ya que mejora el rendimiento de las cosechas de productos como maíz, pepinos, tomates y arroz (Bueno-saber.com, 2014).

2.5.1.2 Salud

Triacantanol promueve la vitalidad de una planta, en un estudio plantas tratadas con triacantanol manifiestan un aumento en la densidad celular del 15 y 30 por ciento, de igual manera las raíces más vigorosas; triacantanol es veraz en el cuidado de las plantas que se encuentran en condiciones climáticas desfavorables (Bueno-saber.com, 2014).

En Polonia se demostró que plantas de pepino en estado fenológico de desarrollo era completamente susceptibles a la congelación pero con aplicaciones de TRIA se tornaron más resistentes al frío y a los efectos causados por la refrigeración; triacantanol se diluye fácilmente en agua pero se debe aplicar a las plantas en concentraciones bajas y sin elementos similares ya que estos reducen su actividad. Fortalece las flores de los tulípanes además de proporcionarles mayor calidad (Bueno-saber.com, 2014).

2.6 Relación fuente demanda

Todas las plantas constan de dos tipos de órganos los autótrofos o también conocidos como “fuente” y los heterótrofos también llamados “demanda”; cada órgano realiza distintas actividades es decir los autótrofos a partir de las sustancias que quedan después de la fotosíntesis producen aminoácidos y azúcares pero los heterótrofos utilizan los resultados en almacenamiento, crecimiento y reproducción de la planta (Foyer y Paul, 2001) como se cita en (Castellanos, Abril, & López, 2010).

El crecimiento tiene relación con el aumento de materia seca, tamaño, forma y número; cada una de estos cambios son el resultado de división celular, alargamiento, fotosíntesis, proceso de otras sustancias, hidratación, transpiración entre otros (Gómez *et al.*, 1999) como se cita en (Castellanos, Abril, & López, 2010).

La disponibilidad de sustancias que quedan como residuo de la fotosíntesis (fotosintatos) no es un limitante para que se realice el crecimiento de los órganos de los árboles a diferencia del factor genético (Betancourt, García, Aranguren, & Reyes, 2013).

Cuando los carbohidratos se encuentran de forma abundante en la planta pueden convertirse en un limitante para que ocurra el proceso de retroalimentación provocando una disminución de la actividad fotosintética de las hojas (Neales e Incoll, 1968) como se cita en (Betancourt, García, Aranguren, & Reyes, 2013).

Las ramas mal formadas y sin dar fruto disminuyen notablemente la fotosíntesis (Bustan, 1996) como se cita en (Betancourt, García, Aranguren, & Reyes, 2013) por lo tanto los compuestos que resultan de la misma hacen que se limite la fuente por lo tanto el árbol para no descompensarse aumenta la tasa fotosintética (Lescourret *et al.*, 1998) cómo se cita en (Bayas, Cabezas, Pallares, Reyes, & Villavicencio, 2009).

En un estudio en cultivares de mandarina de las variedades Fortune y Satsuma se pudo observar que las ramas anilladas en el período de la floración y el cuajado hacía que los niveles de sacarosa se redujeran en los frutos que recién brotaron, por lo que el árbol como medida preventiva para poder retribuir los hidratos de carbono aumentaba el desprendimiento de los frutos (Rivas *et al.*, 2006) como se cita en (Betancourt, García, Aranguren, & Reyes, 2013).

Cuando en los árboles se produce una restricción de la fuente, se da un fenómeno en el cual el árbol debe resolver como distribuir la reserva de fotosintatos entre los diferentes destinos como frutos; la preferencia que el árbol designa para la distribución está enfocada solo en acciones teóricas y muy pocas veces en pruebas experimentales (Marcelis *et al.*, 1998) como se cita en (Betancourt, García, Aranguren, & Reyes, 2013).

Hay dos tipos de distribución que el árbol adjudica jerárquico y proporcional otorgando habitualmente los fotosintatos para la respiración y después para las

reservas, un ejemplo claro de esto es el estudio que se realizó en melocotón donde se reconoce que las necesidades principales son las del sostenimiento de la respiración seguido de frutos, hojas, tallos, ramas, tronco y por ultimo las raíces (Grossman & Dejong, 1994) como se cita en (Betancourt, García, Aranguren, & Reyes, 2013).

Otro estudio nos demuestra que nos es una regla general lo que sucede en el ejemplo anterior, pero sigue una secuencia lógica y este es el caso de un árbol de manzano donde los fotosintatos son destinados para brotes, frutos y raíces ya que esto sería considerado la estructura principal de un árbol debido a que los brotes foliares tienen mayor importancia en relación a los órganos reproductores cuando se encuentran en condiciones de limitación de carbono (Lakso *et al.*, 2001) como se cita en (Betancourt, García, Aranguren, & Reyes, 2013).

2.7 Producción forzada

Es la técnica que permite obtener cosechas fuera de las temporadas establecidas de producción o realizarlas en sitios donde por sus condiciones no es factible producir; este procedimiento involucra el uso de estimulantes de brotación, defoliantes, mecanismo de control del crecimiento, riego, fertilización, podas entre otras (Becerril y Rodríguez, 1989) como se cita en (Medina, 2000).

Las cualidades que debe poseer un cultivar para poner en práctica la producción forzada es que tenga la facilidad de formar yemas florales rápidamente (Medina, 2000).

Existen puntos determinantes que se deben tomar en cuenta para la selección de cultivares apropiados entre ellos: el tiempo que se demora en la madurez fisiológica del fruto, permanencia del ciclo del crecimiento del fruto, características físicas como tamaño, forma, color y organolépticas (Medina, 2000).

La inducción floral en frutales es intervenida por la naturaleza gracias a factores ambientales, fisiológicos y procesos de desarrollo desde el óvulo fertilizado hasta su senescencia (Bernier, 1988) como se cita en (Castelán Estrada & Becerril Román, 2004), este proceso se rige a obtener floración anticipada a la época normal.

Los componentes del ambiente son absorbidos en las hojas e intervienen en la creación de un estímulo floral transferido hacia los meristemas apicales por lo que los ápices vegetativos soportan cambios que ayudan a su diferenciación hacia primordios florales (Aukerman y Amasimo, 1988) como se cita en (Castelán Estrada & Becerril Román, 2004).

2.8 Amarre

Es el proceso más relevante en la producción de frutas junto con la polinización ya que de esto depende el rendimiento del cultivo; existen tres puntos principales para el amarre:

1. El proceso de floración natural
2. Condiciones que intervienen en la polinización y fertilización
3. Situaciones que conducen el amarre del fruto sin fertilización

Los métodos relacionados con la fertilización del óvulo se ven influenciados por reguladores de crecimiento, nutrición y condiciones ambientales, pero debemos tomar en cuenta que los mismos pueden ser transformados por el agricultor (Medina, 2000).

El amarre de los frutos depende de la especie por ejemplo Medina (2000) que cita a Cobianchi *et al.* (1989) el que menciona que en cítricos, aguacate y mango varía desde el 1% o menos; en el caso de *Prunus* es considerado elevado cuando este representa el 10 %, mediano del 4 al 10 % y bajo menor al 1% (Almaguer, 1991) como se cita en (Medina, 2000).

Se considera normal el desprendimiento de las flores recién fertilizadas y de los frutos pequeños pero a veces estas condiciones se ven elevadas por factores externos del ambiente como el exceso de lluvias, la formación de flores con pedúnculos y pétalos pequeños que influyen directamente en el amarre de los frutos ya que se disminuye el transporte de giberelinas desde los pétalos al interior del saco embrionario (Rojas *et al.*, 1993) como se cita en (Medina, 2000).

Es de importancia mencionar que las giberelinas intervienen en la elongación celular y formación de los frutos, un ejemplo de esto es cuando se realizan

aplicaciones de la misma en racimos de uvas obteniendo como resultado el estiramiento de los entrenudos del tallo y el aumento en el tamaño de la uva por lo que tienen mayor resistencia al ataque de enfermedades causadas por bacterias y hongos debido a que hay más espacio entre uvas y por lo tanto existe mayor circulación de aire (Murray, 2005)

2.8.1 Balance hormonal para amarre

El estrés es un punto importante en la fijación de las flores y el amarre de los frutos ya que promueve un desbalance hormonal lo que determina la tasa de floración, cantidad de flores, aborto de frutos y calidad de frutos (Rosas, n.d).

La disponibilidad de las hormonas debe ser la suficiente y necesaria a través de todo el ciclo de vida del árbol para lograr obtener la mayor expresión genética culminando así en rendimientos óptimos y mejor calidad de fruto.

El sistema radicular es como el cerebro de los árboles, pero las cofias radiculares son las que administran la producción de hormonas, la absorción de nutrientes y de agua, un ejemplo de esto es que las citoquininas se producen principalmente en los ápices radiculares para promover el desarrollo de los nuevos brotes. La producción de hormonas se ve restringida cuando la temperatura es mayor a los 31 grados centígrados o menor a los 20 grados centígrados, dando como consecuencia una división celular interrumpida (Fisiología Vegetal, 2013).

Frente a un ambiente de estrés el árbol empieza a producir hormonas como el etileno y el ácido abscísico que en los momentos inadecuados produce una inestabilidad hormonal que afecta las auxinas y citoquininas interviniendo en el desarrollo del árbol; para conseguir una floración adecuada es indispensable el equilibrio del ácido giberélico, el etileno, las citoquininas y las auxinas; proporciones incorrectas de auxinas producen desprendimiento de flores y frutos además de trastornos fisiológicos en el cuajado de los frutos (Fisiología Vegetal, 2013).

2.9 Marchitamiento prematuro de los frutos

Radica en la pérdida de rigidez del fruto, el cambio de color del mismo volviéndose de color amarillo y como resultado su desprendimiento; este problema puede darse desde que ocurre la polinización hasta aproximadamente la décima semana del fruto (Suárez, Moreira, & Vera, 1993).

(Batista, 2009), menciona que el marchitamiento prematuro de los frutos se debe a un desequilibrio fisiológico, ya sea por falta de algún nutriente y que no tiene nada que ver con ataque de virus, bacterias u hongos sino que más bien es de algo interno de la planta que es complicado determinarlo a tiempo; pero lo que realmente representa un problema es que estos frutos se convierten en focos de infecciones para los demás frutos y el árbol en general, no existen medidas preventivas, solo se recomienda la eliminación de los frutos fuera de la plantación.

2.10 Plagas principales del cacao

2.10.1 Pulgones

Generalmente se localizan en las flores, frutos, chupones y ramas que han salido recientemente debajo de la sombra (AGROPECUARIOS, 2013).



Figura 1 Pulgones

Fuente: (AGROPECUARIOS, 2013)

Su función principal es chupar la savia de las hojas juveniles y son el principal medio de transporte de enfermedades causadas por virus (AGROPECUARIOS, 2013).

2.10.2 Hormigas arrieras

Principalmente cortan las nervaduras de las hojas juveniles y los cojinetes florales, (AGROPECUARIOS, 2013), es muy importante eliminarlas ya que si no se tiene un riguroso control, las mismas pueden llegar a defoliar el árbol causándole mucho daño además que las hojas juveniles son muy importantes ya que tienen mayor actividad fotosintética que las antiguas.



Figura 2 Hormiga arriera

Fuente: (AGROPECUARIOS, 2013)

2.10.3 Monalonium

Se caracterizan por ser chupadores que provocan manchas de color café.



Figura 3 Monalonium

Fuente: (AGROPECUARIOS, 2013)

Aborda principalmente las mazorcas de todo tipo, tamaño y edad, y cuando este se presenta en mazorcas pequeñas les ocasiona la muerte (AGROPECUARIOS, 2013)

El control más efectivo, es el cultural, con podas. Es una plaga estacional y aparece generalmente cuando no se ha hecho la poda del año o poda de mantenimiento. También se controla con la aplicación de biol, que actúan como repelente (Isla, 2009).

Es importante revisar habitualmente el cultivo de cacao puesto que podemos eliminar las mazorcas enfermas que posteriormente se convertirán en focos de infección si no se las extrae a tiempo, esta actividad permite evitar que se prolongue una incidencia alta de la plaga; los productores de cacao recomiendan que utilizando una sombra regular y podas adecuadas se puede controlar de mejor manera la población y por lo tanto su incidencia.

2.11 Enfermedades principales del cacao

2.11.1 Monilla

Es considerada una de las enfermedades de mayor impacto en el Ecuador, los síntomas se muestran como una mancha de color chocolate y sobre la misma se desarrolla una masa blanca; ataca solamente al fruto desde su nacimiento hasta su madurez por lo que afecta a la producción y calidad del grano (AGROPECUARIOS, 2013).



Figura 4 Monilla

Fuente: (AGROPECUARIOS, 2013)

2.11.2 Escoba de bruja

Es causado por el hongo *Crinipellis perniciosao* que contamina los puntos de crecimiento del árbol produciendo deformaciones en ramas, cojinetes florales, hojas y frutos haciendo que los brotes y las mazorcas infectadas se hinchen, deformándolos y haciéndoles tomar la apariencia de zanahorias o chirimoyas; además este hongo se encuentra presente en las fincas que tienen abundancia de material vegetativo (AGROPECUARIOS, 2013). Se puede optimizar el control de esta plaga proyectando limpiezas cada año del cultivo; extraer de la planta las partes afectadas sin afectar la madera es relevante ya que en los tejidos afectados luego de secarse aparecen las estructuras de propagación del hongo; las estructuras se parecen a un paraguas, de color rosado y tienen la capacidad de producir millones de espores que con la caída de la lluvia se esparcen y contaminan los tejidos sanos (Senasa.gob.pe, 2015).

Los frutos contaminados se los debe colocar en lugares apartados, enterrándolos o quemándolos para disminuir la propagación de la enfermedad.



Figura 5 Escoba de bruja
Fuente: (AGROPECUARIOS, 2013)

2.12 Calidad del cacao

La calidad es un conjunto de características y propiedades únicas que diferencian un producto de otro.

De acuerdo a los estándares establecidos por cada mercado y del propósito que se le vaya a dar al cacao dependen los índices de calidad (Graziani, 2003), la característica principales son presentación y tamaño de la almendra además de cualidades organolépticas como aroma y sabor (Cros, Jeanjean, & Georges, 1994).

Es relevante conocer que para el mercado internacional las almendras de cacao deben tener un peso mínimo de 1,2 gramos cada una (Enríquez, 1966 y Moreira, 1994) como se cita en (Sánchez, 2017).

(Quiroz, 1990), menciona que el peso de la almendra varía de acuerdo a la época de cosecha, siendo este valor más alto cuando es verano ya que esta medida se ve influenciada por el ambiente y la genética; además la calidad del cacao también abarca características químicas de las almendras secas y fermentadas (Gutiérrez, 2000). En la tabla 1 se observa la composición química de las almendras no fermentadas.

Lograr tener calidad o mejorarla en el cacao fino de aroma representa un gran beneficio para nuestro país debido a que la venta de los granos de cacao al exterior es un rubro económico de relevancia.

Tabla 1
Composición química de las almendras no fermentadas

Componentes	Porcentaje
Agua	3.65
Materia grasa	53.06
Nitrogeno total	2.28
Proteínas	1.50
Teobromina	1.71
Caféina	0.08
Glucosa	0.30
Mucílago	0.38
Taninos	7.54
Ácido acético libre	0.01
Ácido oxálico	0.29

Fuente: (Gutiérrez, 2000)

Para poder determinar las condiciones organolépticas de las almendras de cacao los productores de chocolate realizan pruebas complejas dependiendo del tipo de cacao, por ejemplo si son cacaos finos de aroma lo que se busca es que tengan delicadas combinaciones de sabor y aroma y en los básicos como el forastero que no tengan sabores raros como sabor a humo que se obtiene por un secado artificial o también el olor a jamón ahumado provocado por una exceso de fermentación (Romero, 2004)

Es considerada la evaluación sensorial como prueba número uno de confiabilidad para lograr determinar si se puede usar las almendras del cacao para sus productos, ya que ayuda a evaluar y demostrar reacciones de las cualidades de un alimento y que son distinguidos por los sentidos como el olfato, vista y gusto (Jiménez, 2000)

2.12.1 Sabor y aroma

El sabor es una impresión que se siente en las papilas gustativas de la lengua y en la pared de la boca que son activada y estimuladas por determinadas compuestos solubles que permiten diferenciar los sabores esenciales como : salado, dulce, ácido, astringente, y amargo (Voltz, 1990).

En el cacao el aroma es una cualidad vital puesto que mientras más concentrado es su olor es más apetecible para los consumidores debido a que se considera en el mercado que un chocolate de calidad es aquel que tiene dentro de sus ingredientes altos porcentajes de cacao más que otros ingredientes adicionales.

2.12.1.1 Composición de las almendras de cacao

La calidad del cacao también se relaciona con la cantidad de cada uno de sus componentes ya que están estrechamente relacionados el tamaño y el peso; las almendras pueden ser blancas, rojizas, violetas y a veces amarillas; los granos particularmente tienen la forma de un huevo y sus dimensiones van desde 1,6 a 2,8 centímetros de longitud, 0,4 a 0,7 de grosor y 1 a 1,5 de ancho (Lucca, 1991).

(Braudeau, 2001), sugiere que las almendras de cacao forman la materia prima primordial para la elaboración de chocolates, estas deben estar secas totalmente debido a que resulta más fácil su conservación y se reduce las pérdidas en la etapa del tostado, además recalca que debe ser lo más rico en materia grasa debido a que la elaboración del chocolate involucra manteca de cacao al producto obtenido por trituración de los granos (Tabla 2).

Tabla 2
Composición química media de habas de cacao

Componente	Cantidad (%)
Materia grasa	48 - 50
Albúmina, fibrina materia nitrogenada	21 - 20
Teobromina	4 - 2
Almidón	11 - 10
Vestigios de materias azucaradas: Celulosa	3 - 2
Agua	10 - 12

Fuente: (Lucca, 1991)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del lugar de investigación

3.1.1 Ubicación Política

La investigación se llevó a cabo en la Finca Lolita, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Cantón La Concordia, Parroquia Las Villegas.

3.1.2 Ubicación Geográfica

La Finca Lolita se encuentra en una posición geográfica de latitud $0^{\circ}00'24''S$ y una longitud de $79^{\circ}23'45''O$. Altitud promedio de 217 m.s.n.m.

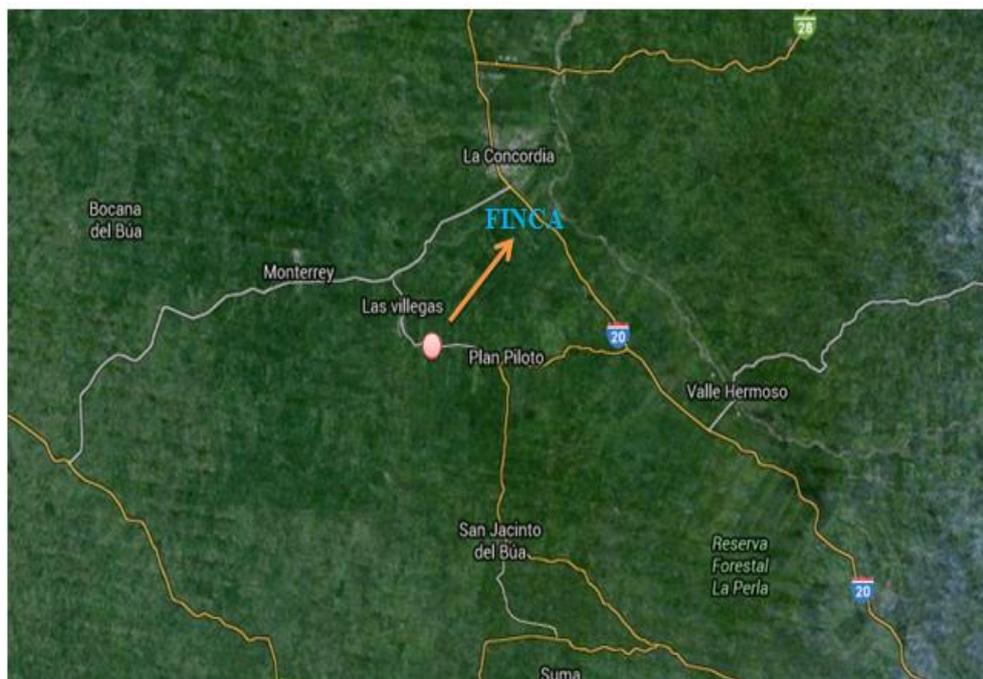


Figura 6 Fotografía del lugar de la investigación

Fuente: (Google Maps, 2015)

3.1.3 Ubicación Geológica

- Temperatura medio anual: 23 y 25.5 °C.
- Luminosidad: 1050 horas anuales de sol con un máximo de 137 horas en Marzo y un mínimo de 50 horas en Noviembre.
- Precipitación anual: 3150 milímetros.
- Humedad relativa: 87 y 91%.

3.2 Materiales

3.2.1 Insumos y materiales de campo

Árboles de cacao en estado fenológico de producción, moderador de crecimiento vegetal Triaccontanol (0,1%), fundas de papel, bombas de fumigar de 20 litros, baldes de plástico, jeringuilla de 10 mL, balanza electrónica, papel aluminio, cartulina, sellos de seguridad, scotch, botas de caucho, fundas plásticas, marcadores azul, rojo y verde, papel adhesivo, tijeras de podar, medidor de luz (DIGITAL LUX METER), machete, libreta de campo, cinta métrica, metro, esferográficos, cámara de fotos, malla de puntos, 5 hojas de cada árbol, horno eléctrico (indurama), fundas Ziploc, cinta de embalaje.

3.2.2 Insumos y materiales de laboratorio

Mazorcas cosechadas, tarrinas de plástico con tapa, balanza de precisión digital (ACCULAB MODELO VI-10K), cinta métrica, papel bond, fundas ziploc, canastas de plástico, plástico negro de 3 metros, etiquetas, esferográfico, cámara fotográfica, botella plástica.

3.3 Métodos

3.3.1 Fase de campo

La fase de campo se llevó a cabo en la Finca “Lolita” donde se realizó la selección de los árboles, la preparación y aplicación del producto TRIA; posteriormente se tomaron los datos para la investigación realizada.

3.3.1.1 Selección de árboles, preparación del producto y aplicación

Se seleccionaron 72 árboles de las mismas condiciones y se procedió a realizar una poda fitosanitaria y dividir el terreno con los árboles plantados de cacao en tres lotes los cuales corresponderían a uno de los factores (sombra) y dentro de cada lote se seleccionaron 6 árboles para cada tratamiento dejando una hilera de separación entre cada tratamiento, posteriormente se etiquetaron los árboles de cada lote con etiquetas de distinto color, seleccionado cuatro ramas de la parte central en base a los puntos cardinales (norte, sur, este, oeste).

Se calibraron las bombas con capacidad de 20 litros determinando que se necesitan 5 litros de agua por cada 6 árboles, por lo que cada bomba se llenó con 15 litros de agua y se preparó cada uno de los tratamientos tomando en cuenta que el producto se lo debe preparar con calcio a una relación de 0,5 gramos por litro; inmediatamente se procedió a aplicar el producto en los árboles.

3.3.2 Fase de laboratorio

Estuvo comprendida desde los frutos cosechados, el secado de los mismos y el análisis bromatológico de las almendras de cacao.

3.3.2.1 Cosecha de los frutos

Se procedió a cosechar los frutos 4 meses después de su brotación; se los colocó en fundas de plástico para su transporte.

3.3.2.2 Abertura de mazorcas, fermentación y secado

Una vez pesadas las mazorcas se procedió a abrirlas para poder pesar todo el fruto sin cascara; inmediatamente se colocó las almendras en las tarrinas de plástico para que se puedan fermentar y obtener la pulpa para la medición de las variables.

Después de permanecer 7 días en las tarrinas se encontraban sin testa y se procedió a secar las almendras durante 7 días más para después quitarles la cascara y posteriormente pesarlas para realizar las pruebas de laboratorio.

Pesadas las almendras se realizó un análisis bromatológico para determinar el porcentaje de grasa en los laboratorios de AGROCALIDAD.

3.3.3 Diseño experimental

3.3.3.1 Factores a Probar

Factor 1: Tipos de sombra (S)

Primer lote considerado Tipo de sombra 1 con 403.5 luxes de ingreso de luz promedio, consta de: árboles de guaba (*Inga edulis*), y chirimoya (*Annona cherimola*) dentro del lote y una cerca de árboles de mandarina (*Citrus reticulata*), palma africana (*Elaeis guineensis*), y chilca (*Baccharis latifolia*) que rodea al lote.

Segundo lote considerado Tipo de sombra 2 con 681,97 luxes de ingreso de luz promedio, consta de: 1 árbol de laurel (*Laurus nobilis*), 1 árbol de caucho (*Ficus elástica*), plátano (*Musa paradisiaca*) dentro del lote y una cerca de caña guadua (*Guadua angustifolia*) y 2 árboles de laurel (*Laurus nobilis*).

Tercer lote considerado Tipo de sombra 3 con 835,98 luxes de ingreso de luz promedio, consta de: 1 árbol de chilca (*Baccharis latifolia*), laurel (*Laurus nobilis*), caucho (*Ficus elástica*), caña guadua (*Guadua angustifolia*) y plátano que se encuentran ubicados en forma de cerca del lote.

Factor 2: Dosis de aplicación (D)

El producto que se aplicó es triacontanol al 0.1% y las dosis que se utilizaron son: Dosis (1): 0 mL.L^{-1} ; que actuó como Testigo; Dosis (2): 0.5 mL.L^{-1} ; Dosis (3): 1 mL.L^{-1} ; y Dosis (4): $1,5\text{ mL.L}^{-1}$.

Factor 3: Frecuencia de aplicación (F)

Las aplicaciones se realizaron inmediatamente después de realizar la poda fitosanitaria, siendo frecuencia de aplicación 1: aplicación de inicio y frecuencia de aplicación 2: 30 días después de la primera aplicación.

3.3.3.2 Tratamientos

De la interacción de los tres factores descritos anteriormente (3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y dos frecuencias de aplicación) resultan los 24 tratamientos detallados a continuación:

- T1** = Sombra 1, Dosis 1, Frecuencia 1
- T2** = Sombra 1, Dosis 2, Frecuencia 1
- T3** = Sombra 1, Dosis 3, Frecuencia 1
- T4** = Sombra 1, Dosis 4, Frecuencia 1
- T5** = Sombra 1, Dosis 1, Frecuencia 2
- T6** = Sombra 1, Dosis 2, Frecuencia 2
- T7** = Sombra 1, Dosis 3, Frecuencia 2
- T8** = Sombra 1, Dosis 4, Frecuencia 2
- T9** = Sombra 2, Dosis 1, Frecuencia 1
- T10** = Sombra 2, Dosis 2, Frecuencia 1
- T11** = Sombra 2, Dosis 3, Frecuencia 1
- T12** = Sombra 2, Dosis 4, Frecuencia 1
- T13** = Sombra 2, Dosis 1, Frecuencia 2
- T14** = Sombra 2, Dosis 2, Frecuencia 2
- T15** = Sombra 2, Dosis 3, Frecuencia 2

T16 = Sombra 2, Dosis 4, Frecuencia 2

T17 = Sombra 3, Dosis 1, Frecuencia 1

T18 = Sombra 3, Dosis 2, Frecuencia 1

T19 = Sombra 3, Dosis 3, Frecuencia 1

T20 = Sombra 3, Dosis 4, Frecuencia 1

T21 = Sombra 3, Dosis 1, Frecuencia 2

T22 = Sombra 3, Dosis 2, Frecuencia 2

T23 = Sombra 3, Dosis 3, Frecuencia 2

T24 = Sombra 3, Dosis 4, Frecuencia 2

3.3.3.3 Tipo de diseño

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar en parcela subdividida sin embargo para el análisis estadístico se ajustó a un modelo mixto para concordar la normalidad y homocedasticidad de los datos.

3.3.3.4 Diseño en Campo

El establecimiento del experimento se realizó bajo un diseño de parcelas subdivididas (3 x 4 x 2) en un arreglo de bloques completos al azar, con tres repeticiones utilizando el tipo de sombra como bloque, la parcela grande las dosis y la pequeña la frecuencia para tener un total de 72 unidades experimentales.

3.3.3.5 Características de la unidad experimental

Se estableció un árbol como una unidad experimental, de 5 años de edad y en estado fenológico de producción, los árboles se encontraban sembrados a una distancia de 4 metros de ancho por 4 metros de largo.

El área total del experimento fue de 1.440 m² dividido en tres lotes de 480 m², siendo cada lote un tipo de sombra.

Cada árbol formaba parte de un tratamiento y una repetición por lo que se dejó una cortina de árboles entre tratamientos para evitar el traslape de los tratamientos.

3.3.4 Análisis estadístico

3.3.4.1 Esquema del análisis de la varianza

Se realizó un análisis de la varianza para cada uno de los factores establecidos: tipo de sombra, dosis de triaccontanol, frecuencia de aplicación y la interacción de los tres se muestra a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3
Análisis de la varianza

Fuente de Variación	Desglose de los grados de libertad	Grados de Libertad
Total	72 - 1	71
Bloque	3 - 1	2
Tipo de sombra	3 - 1	2
Error del Tipo de sombra	2 x 2	4
Dosis	4 - 1	3
Sombra x Dosis	2 x 3	6
Error de la Dosis	3 x (3 - 1) x (4 - 1)	18
Frecuencia	2 - 1	1
Sombra x Frecuencia	2 x 1	2
Dosis x Frecuencia	3 x 1	3
Sombra x Dosis x Frecuencia	2 x 3 x 1	6
Error experimental		24

3.3.4.2 Análisis funcional

Para las variables contenido de materia seca se utilizó la prueba de comparación de medias LSD Fisher al 5%.

Para floración, tamaño de frutos, producción se utilizó la prueba de comparación de medias DGC al 5%; estas pruebas se realizaron con el programa estadístico Infostat.

3.3.4.3 Estadística descriptiva

Para las variables porcentaje de cuajado, peso de la muestra, peso de la almendra, peso del árbol y calidad del grano (porcentaje de grasa) se utilizaron promedios para establecer diferencias entre tratamientos (Excel 2010).

3.3.5 Variables medidas

3.3.5.1 Área foliar

A los 15 y 30 días después de la aplicación del producto se procedió a recolectar 5 hojas de la parte central de cada árbol, la recolección se realizó en bolsas de papel; se midió el área foliar de cada una de las hojas mediante una malla de puntos elaborada en una lámina de acetato donde se marcaron puntos permanentes en cada intersección de centímetro guiándonos con una hoja de papel milimetrado (Soria, 2012); el procedimiento que se siguió fue dejar caer la malla de puntos aleatoriamente sobre cada hoja e inmediatamente se contabilizaron los puntos que se encontraron dentro de la hoja y borde; los valores obtenidos se registraron en centímetros cuadrados.

3.3.5.2 Contenido de materia seca

Se utilizaron las cinco hojas antes mencionadas de la variable área foliar, después de medirse el área se pesaron las hojas en una balanza electrónica, con el fin de registrar peso fresco.

Después de registrar los pesos se las puso en un horno eléctrico a 105 grados centígrados hasta que no se mostró variabilidad en el peso para poder registrar el peso final.

Para obtener el peso seco se realizó la resta del peso inicial (peso fresco) menos peso final y los valores obtenidos se expresaron en gramos

3.3.5.3 Peso específico de la Hoja

Se calcularon en base a los datos obtenidos de materia seca y área foliar, tomando en cuenta el peso seco y peso fresco para lo cual se utilizó la siguiente formula:

$$PEH = \frac{\text{peso seco de 1 hoja}}{\text{área foliar de 1 hoja}}$$

3.3.5.4 Número de flores

Se contabilizó el número de flores visualmente, a los 70 y 90 días después de cada aplicación respectivamente debido a que en los días que se tenía previsto realizar el conteo 30 y 60 después de las aplicaciones las flores se cayeron en su totalidad.

3.3.5.5 Tamaño de frutos

De inicio se contabilizaron el número de frutos productos de la fecundación de las flores para poder llevar un registro de los mismos en cuanto a su tamaño; se procedió a medir el largo tomando como referencia el extremo basal hasta el apical y para el diámetro desde la parte más ancha del fruto; los registros se realizaron a los 15, 30,

Para medir el tamaño de la almendra se utilizó un vernier con el cual se obtuvieron los datos de largo, ancho y espesor de la semilla, los datos obtenidos fueron registrados en centímetros en una tabla previamente elaborada en Excel.

3.3.5.9 Peso del árbol

Se calculó mediante el índice de mazorca (IM) formado por el número de mazorcas que se necesitan para tener un kilogramo de cacao y se calcularon con la siguiente ecuación: $IM = (1000/\text{peso de las semillas (g)} \times 0.4)$ (Enríquez, 1985)

3.3.5.10 Calidad

Se realizó con los frutos cosechados, mediante un análisis bromatológico en el que se midió el porcentaje de grasa tomando en cuenta que el porcentaje de grasa es un factor determinante para calidad ya que la elaboración de chocolates involucra manteca de cacao (Bradeu, 2001).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Área Foliar

Al establecer el análisis de varianza para el área foliar se encontró un efecto altamente significativo para la interacción Sombra: Frecuencia ($F=10,95$; $p=0,0001$); Sombra: Dosis ($F=7,1$; $p < 0,0001$); Dosis ($F=24,25$; $p<0,001$) y significativo para la Frecuencia ($F= 6,49$; $p=0,0141$) a un nivel de confiabilidad del 5% (Tabla 4).

Tabla 4
Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el área foliar bajo el efecto de 4 dosis de Triacantanol, 3 niveles de sombra y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016

	numDF	F-value	p-value
Intercepto	1	16161,27	<0,0001
Sombra	2	6,55	0,0031 **
Dosis	3	24,25	<0,0001 **
Frecuencia	1	6,49	0,0141 *
Sombra : Dosis	6	7,1	<0,0001 **
Dosis : Frecuencia	3	0,54	0,6573 n.s
Sombra : Frecuencia	2	10,95	0,0001 **
Sombra : Dosis : Frecuencia	6	1,13	0,3585 n.s

Se encontró mayor área foliar en las hojas de nivel de sombra 1(403,5 luxes) frecuencia 0 (aplicación de inicio) en comparación a las del mismo nivel con frecuencia 30 (segunda aplicación a los 30 días); a nivel de sombra 2 (681,97 luxes) el promedio es mayor con frecuencia 30 y en el nivel de sombra 3 (835,98 luxes) no se encontraron diferencias bajo ningún tipo de frecuencia (Tabla 5).

En estudios similares realizados en Cedrón (*Aloysia citriodora*) por Salazar (2014) menciona que hojas expuestas a la sombra presentaron mayor área foliar 5,46 cm² en relación a las que estaban expuestas a la luz, siendo el área media de 3,85

cm², en el presente estudio las hojas de cacao que están expuestas a una menor luminosidad (403,5 luxes) obtuvieron una media de 211,02 cm² siendo mayor a las que se encontraban con sombra 2 (681,97 luxes) y sombra 3 (835,98 luxes).

Lazo & Asencio (2010), señalan que las plantas que están ubicadas bajo mayor cantidad de sombra utilizan gran parte de los productos de la fotosíntesis para aumentar el área de las hojas.

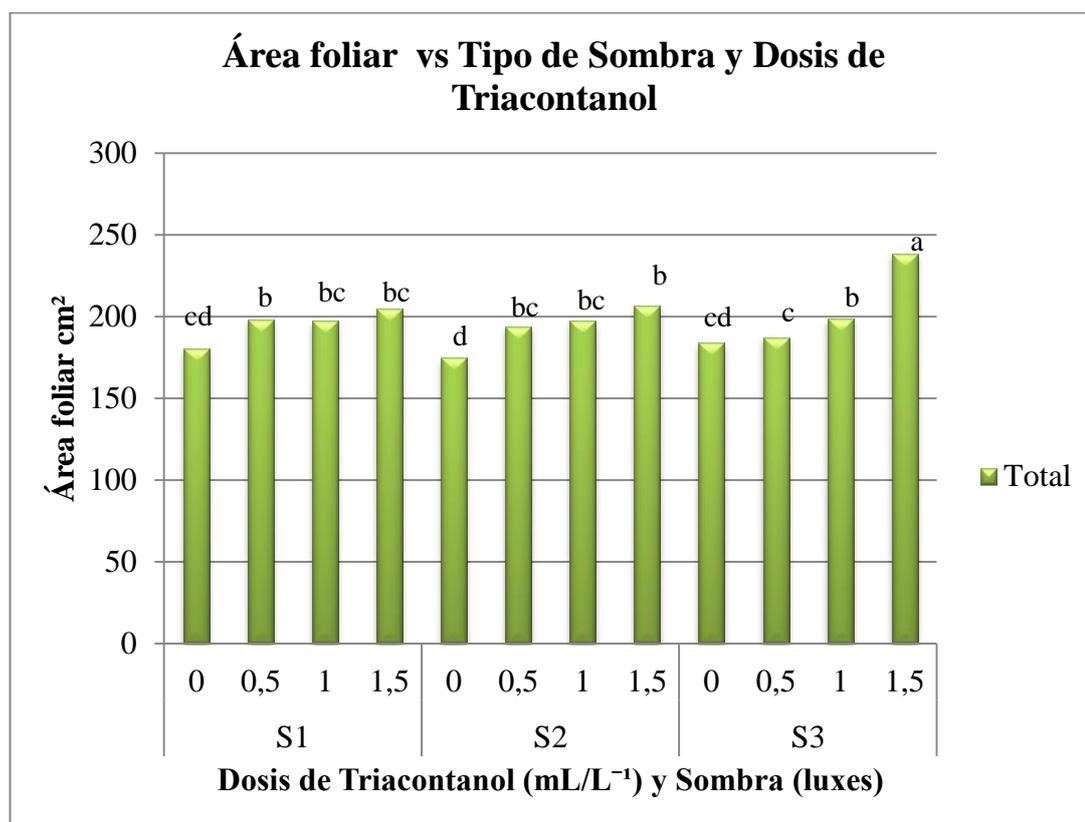
Tabla 5
Promedio \pm error estándar del área foliar bajo el efecto de 3 niveles de sombra y dos niveles de frecuencia, Finca Lolita, Ecuador, 2016

Sombra	Frecuencia	Media \pm ee
1	0	211,02 \pm 5,32 a
3	0	203,98 \pm 1,25 a
3	30	200,35 \pm 1,25 a
2	30	198,87 \pm 3,64 a
2	0	187,58 \pm 3,64 b
1	30	179,68 \pm 5,32 b

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

Bajo el tipo de sombra 3 y dosis de 1,5 mL de triacontanol se obtuvo el mayor promedio de área foliar con diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos, sin embargo es la interacción de los dos factores lo que permite obtener mejor resultado (Figura 7), contrario a la interacción de la sombra: frecuencia (Tabla 3) donde relativamente el factor frecuencia no influía en un alto grado sino la sombra.

En estudios similares realizados en cafeto (*Coffea arabica* L.), (Díaz Medina, 2016) compara dosis de 1, 1,5, 2, 2,5, 3 mL de bioestimulantes para el área foliar donde 1,5 mL obtiene un 20 % más de área foliar comparado con 1 mL que obtiene solo un 10% de incremento para lo cual Triacontanol muestra una media relativamente alta de 245 cm² respecto a las dosis menores, por lo tanto concentraciones mayores de Triacontanol incrementan este parámetro indistintamente de la sombra en la que se encuentren.



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

S1= 403,5 luxes; S2= 681,97 luxes; S3= 835,98 luxes; Dosis1= 0 mL/L⁻¹; Dosis 2= 0,5 mL/L⁻¹; Dosis 3= 1 mL/L⁻¹; Dosis 4= 1,5 mL/L⁻¹.

Figura 7 Promedio \pm error estándar del área foliar bajo el efecto de 3 niveles de sombra y 4 dosis de triacontanol, Finca Lolita, Ecuador, 2016

Se obtuvo mayor área foliar con la frecuencia 0 es decir solo con la aplicación que se realizó al inicio del ensayo (Tabla 6).

Tabla 6 Promedio \pm error estándar del área foliar bajo el efecto de 2 frecuencias de aplicación de triacontanol, Finca Lolita, Ecuador, 2016

Frecuencia	Media \pm ee
0	200,86 \pm 2,19 a
30	192,97 \pm 2,19 b

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

El mayor promedio de área foliar se obtuvo en las hojas que fueron tratadas con dosis de 1,5 mL de triacotanol siendo 216,71 cm² respecto a las demás dosis (Tabla 7)

Tabla 7
Promedio \pm error estándar del área foliar bajo el efecto de 4 niveles de dosis de triacotanol, Finca Lolita, Ecuador, 2016

Dosis	Media \pm ee
1,5	216,71 \pm 3,10 a
1	197,87 \pm 3,10 b
0,5	193,24 \pm 3,10 b
0	179,83 \pm 3,10 c

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

Existe una tendencia de crecimiento respecto a la cantidad de producto utilizado es decir a mayor dosis existe un incremento del área foliar; el tratamiento testigo tiene un área de 179,83 cm², pero al colocar triacotanol en dosis de 0,5 mL ya existe un aumento en el área; estudios similares realizados en maíz muestran que dosis más altas de un producto llamado cachaza 12,5 toneladas por hectárea incrementan el área foliar de las plantas presentando diferencias significativas respecto al testigo absoluto (Forero, Fernández, & Álvarez, 2010). Con este estudio se corrobora que las dosis más altas de productos que estimulan el crecimiento, tienen un efecto positivo en la variable medida.

4.1.2 Contenido de materia seca

Al realizar el análisis de varianza se encontró un efecto altamente significativo para las interacciones triples del:

Peso inicial (F=5,05; p=0,0004)

Peso final (F=5,09; p=0,0004)

Peso seco (F=5,05; p=0,0004) a un nivel de confiabilidad del 5 % (Tabla 8).

Tabla 8
Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) del peso inicial, peso final y peso seco bajo el efecto de 4 dosis de Triacotanol, 3 niveles de sombra y 2 frecuencias de aplicación

	F - value	Peso inicial	F - value	Peso final	F - value	Peso seco
intercepto	11693,52	<0,0001	11229,16	<0,0001	12758,43	<0,0001
Sombra	41,80	<0,0001 **	44,71	<0,0001 **	29,26	<0,0001 **
Dosis	51,84	<0,0001 **	53,65	<0,0001 **	46,28	<0,0001 **
Frecuencia	6,54	0,0137 *	7,02	0,0109 *	6,2	0,0163 *
Sombra : Dosis	10,83	<0,0001 **	9,91	<0,0001 **	15,46	<0,0001 **
Dosis : Frecuencia	3,13	0,0341 *	2,68	0,0576 n.s	3,87	0,0147 *
Sombra : Frecuencia	17,44	<0,0001 **	17,31	<0,0001 **	17,65	<0,0001 **
Sombra : Dosis : Frecuencia	5,05	0,0004 **	5,09	0,0004 **	5,05	0,0004 **

El mayor peso inicial, peso final y peso seco se obtuvo con la sombra 3 (835, 98 luxes), dosis 1,5 mL sin diferencia significativa en cuanto a la frecuencia de aplicación 0 y 30 días respecto a los demás tratamientos, siendo los de menor peso los de sombra 1 y dosis de 0,5 mL sin diferencia en cuanto a la frecuencia de aplicación (Tabla 9).

Tabla 9
Promedio \pm error estándar del peso inicial, peso final y peso seco bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacantanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016

SOMBRA	DOSIS	FRECUENCIA	PESO INICIAL	PESO FINAL	PESO SECO
3	1,5	30	3,04 \pm 0,08 a	2,43 \pm 0,06 a	0,61 \pm 0,02 a
3	1,5	0	2,96 \pm 0,08 a	2,36 \pm 0,06 ab	0,59 \pm 0,02 a
1	1,5	0	2,60 \pm 0,14 b	2,12 \pm 0,12 bc	0,53 \pm 0,01 b
2	1,5	30	2,59 \pm 0,04 b	2,06 \pm 0,03 c	0,52 \pm 0,03 bc
1	1	0	2,56 \pm 0,14 b	2,02 \pm 0,12 cd	0,52 \pm 0,03 bc
3	1	0	2,27 \pm 0,08 bc	1,81 \pm 0,06 de	0,47 \pm 0,02 c
1	0,5	0	2,21 \pm 0,14 bc e	1,74 \pm 0,12 def	0,47 \pm 0,03 cd
3	1	30	2,09 \pm 0,08 cde	1,66 \pm 0,06 ef	0,42 \pm 0,02 de
2	1,5	0	2,05 \pm 0,04 de	1,63 \pm 0,03 f	0,41 \pm 0,01 de
3	0,5	0	2,02 \pm 0,08 de	1,61 \pm 0,06 f	0,40 \pm 0,02 de
3	0	30	2,01 \pm 0,08 de	1,61 \pm 0,06 f	0,40 \pm 0,02 de
3	0,5	30	2,01 \pm 0,08 de	1,61 \pm 0,06 f	0,40 \pm 0,01 de
2	1	30	1,98 \pm 0,04 de	1,58 \pm 0,03 f	0,40 \pm 0,01 de
3	0	0	1,95 \pm 0,08 de	1,55 \pm 0,06 f	0,40 \pm 0,01 de
2	1	0	1,93 \pm 0,04 de	1,53 \pm 0,03 f	0,40 \pm 0,02 de
1	1,5	30	1,93 \pm 0,14 de	1,53 \pm 0,12 f	0,40 \pm 0,02 de
2	0	0	1,91 \pm 0,04 de	1,51 \pm 0,03 f	0,40 \pm 0,01 de
2	0,5	30	1,89 \pm 0,04 de	1,49 \pm 0,03 f	0,40 \pm 0,03 de
2	0	30	1,87 \pm 0,04 de	1,47 \pm 0,03 f	0,40 \pm 0,01 de
2	0,5	0	1,86 \pm 0,04 de	1,46 \pm 0,03 f	0,40 \pm 0,01 de
1	0	30	1,84 \pm 0,14 de	1,46 \pm 0,12 f	0,39 \pm 0,03 de
1	1	30	1,84 \pm 0,14 de	1,45 \pm 0,12 f	0,38 \pm 0,03 e
1	0	0	1,80 \pm 0,14 e	1,42 \pm 0,12 f	0,38 \pm 0,03 e
1	0,5	30	1,79 \pm 0,14 e	1,42 \pm 0,12 f	0,37 \pm 0,03 e

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

4.1.3 Peso específico de la hoja

El peso específico de la hoja se obtuvo con los datos obtenidos de área foliar y peso seco de las hojas recolectadas.

Al realizar análisis de varianza se encontró un efecto significativo para la interacción triple del peso específico de la hoja ($F=2,89$; $p=0,0175$) con un nivel de confiabilidad del 5 % (Tabla 10)

Tabla 10
Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el peso específico de la hoja bajo el efecto de 4 dosis de Triacontanol, 3 niveles de sombra y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016

	F - value	Peso específico de la hoja
intercepto	20261,75	<0,0001
Sombra	15,65	<0,0001 **
Dosis	16,46	<0,0001 **
Frecuencia	0,22	0,6406 n.s
Sombra : Dosis	3,39	0,0072 **
Dosis : Frecuencia	4,29	0,0092 **
Sombra : Frecuencia	2,14	0,1288 n.s
Sombra : Dosis : Frecuencia	2,89	0,0175 *

El mayor peso específico de la hoja se obtuvo con la sombra 3 (835, 98 luxes), dosis 1,5 mL sin diferencia significativa en cuanto a la frecuencia de 0 y 30 días respecto al T6 (403,5 luxes; dosis 0,5 mL; frecuencia 30) por tanto podemos concluir que una sola aplicación del producto permite obtener buenos resultados para esta variable (Tabla 11).

De acuerdo con la Tabla 9 y 11 el mayor peso inicial, peso final, peso seco y peso específico de la hoja se obtuvo con la sombra 3 (835, 98 luxes), dosis 1,5 mL sin presentar diferencias significativas en cuanto a la frecuencia de 0 y 30 días respecto a los demás tratamientos; con los resultados obtenidos anteriormente en cuanto al área foliar observamos que el factor sombra y dosis han sido muy determinantes en los resultados finales para lo cual la dosis de 1,5 mL fue el factor más relevante; en conclusión a mayor área foliar mayor peso inicial, peso final, peso seco y peso específico de la hoja, así lo corroboran (Villar, y otros, 2004) donde mencionan la estrecha y positiva relación que tienen el área y el peso foliar.

Se hizo un estudio en Soya por Garcés & Forcelini (2009) en el que se muestra que la relación de área foliar y materia seca son significativas ($p < 0,0001$); en el experimento las hojas se miden en estratos clasificándolos de la siguiente manera: 1) un área foliar de 33,01 (estrato inferior) tienen un peso de 104,65 gramos , 2) área foliar de 45,21(estrato medio) tienen un peso de 168,50 gramos y 3) área foliar de 46,50 (estrato superior) tienen un peso de 196,53 gramos con lo cual justificamos los resultados y las relaciones establecidas.

Tabla 11
Promedio \pm error estándar peso específico de la hoja bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacotanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016

SOMBRA	DOSIS	FRECUENCIA	PEH
3	1,5	30	0,00 \pm 0,00 a
3	1,5	0	0,00 \pm 0,00 ab
1	1,5	0	0,00 \pm 0,00 ab
2	1,5	30	0,00 \pm 0,00 abc
1	1	0	0,00 \pm 0,00 bcd
3	1	0	0,00 \pm 0,00 cde
1	0,5	0	0,00 \pm 0,00 cdef
3	1	30	0,00 \pm 0,00 cdef
2	1,5	0	0,00 \pm 0,00 cdef
3	0,5	0	0,00 \pm 0,00 cdef
3	0	30	0,00 \pm 0,00 defg
3	0,5	30	0,00 \pm 0,00 defg
2	1	30	0,00 \pm 0,00 defg
3	0	0	0,00 \pm 0,00 defgh
2	1	0	0,00 \pm 0,00 defghi
1	1,5	30	0,00 \pm 0,00 defghi
2	0	0	0,00 \pm 0,00 defghi
2	0,5	30	0,00 \pm 0,00 efghi
2	0	30	0,00 \pm 0,00 efghi
2	0,5	0	0,00 \pm 0,00 ghi
1	0	30	0,00 \pm 0,00 ghi
1	1	30	0,00 \pm 0,00 ghi
1	0	0	0,00 \pm 0,00 hi
1	0,5	30	0,00 \pm 0,00 i

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

4.1.4 Número de flores

Se realizó el conteo de tres estados fenológicos yema, botón y floración (flor totalmente abierta); el análisis de varianza realizado para la etapa de yema mostró que existe un efecto altamente significativo para la interacción Sombra: Dosis: Frecuencia ($F=3,27$; $p=0,0088$) con un nivel de confiabilidad del 5 % (Tabla 12).

Tabla 12
Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el número de flores en estado de yema bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación. Finca Lolita, Ecuador, 2016

	numDF	F-value	p-value
Intercepto	1	186,54	<0,0001
Sombra	2	11,92	0,0001 **
Dosis	3	6,12	0,0013 **
Frecuencia	1	1,60	0,2120 n.s
Sombra : Dosis	6	4,28	0,0016 **
Dosis : Frecuencia	2	0,10	0,9075 n.s
Sombra : Frecuencia	3	2,66	0,0589 n.s
Sombra : Dosis : Frecuencia	6	3,27	0,0088 **

De la interacción de los tres factores mencionados anteriormente se obtuvieron los resultados más altos de cantidad de flores en estado de yema en los tratamientos que se encontraban bajo un nivel de sombra 3 (835,98 luxes); dosis 1,5 mL de triacontanol; frecuencia 30 (a) respecto a los demás (b) (Tabla 13).

Varios tratamientos comparten letras, por esta razón se agruparon de acuerdo a la sombra, dosis y frecuencia.

Para el caso de los tratamientos que están bajo un nivel de sombra 3 siendo los resultados más relevantes, si hay diferencias significativas para la dosis y frecuencia como es el caso de las dosis de 1,5 mL donde el mayor resultado se obtiene con una frecuencia de 30 (aplicación 30 días después) siendo la media de 50,67 flores en yema en comparación a la frecuencia 0 (aplicación de inicio) siendo la media de 8,96 relativamente diferencias elevadas.

En cuanto a la dosis de 0,5 y 1 mL no existe diferencias significativas entre ellos respectivamente ya que los resultados son los mismos indistintamente de la

frecuencia con la que se aplique; para la dosis 0 (testigo absoluto) si hay diferencias entre los árboles ya que la media respecto al número de flores en estado de yema es de 33,17 y 18,08 que sería óptimo para usarlo como mejorador en un estudio posterior

Tabla 13
Promedio \pm error estándar del número de flores en estado de yema bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación. Finca Lolita, Ecuador, 2016

Tratamientos	Sombra	Dosis	Frecuencia	Media \pm ee
T24	3	1,5	30	50,67 \pm 6,59 a
T22	3	0,5	30	39,50 \pm 6,59 a
T18	3	0,5	0	38,63 \pm 6,59 a
T8	1	1,5	30	34,42 \pm 6,59 a
T17	3	0	0	33,17 \pm 6,59 a
T4	1	1,5	0	28,54 \pm 6,59 a
T7	1	1	30	25,21 \pm 6,59 b
T12	2	1,5	0	22,83 \pm 6,59 b
T15	2	1	30	20,83 \pm 6,59 b
T19	3	1	0	20,13 \pm 6,59 b
T16	2	1,5	30	19,50 \pm 6,59 b
T21	3	0	30	18,08 \pm 6,59 b
T11	2	1	0	13,83 \pm 6,59 b
T2	1	0,5	0	12,71 \pm 6,59 b
T23	3	1	30	12,13 \pm 6,59 b
T20	3	1,5	0	8,96 \pm 6,59 b
T9	2	0	0	8,96 \pm 6,59 b
T13	2	0	30	8,92 \pm 6,59 b
T14	2	0,5	30	8,79 \pm 6,59 b
T3	1	1	0	7,54 \pm 6,59 b
T10	2	0,5	0	4,54 \pm 6,59 b
T6	1	0,5	30	2,83 \pm 6,59 b
T1	1	0	0	0,21 \pm 6,59 b
T5	1	0	30	0,00 \pm 6,59 b

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

Al realizar el análisis de la varianza para el número de flores en estado de botón se encontró un efecto altamente significativo por separado para el factor:

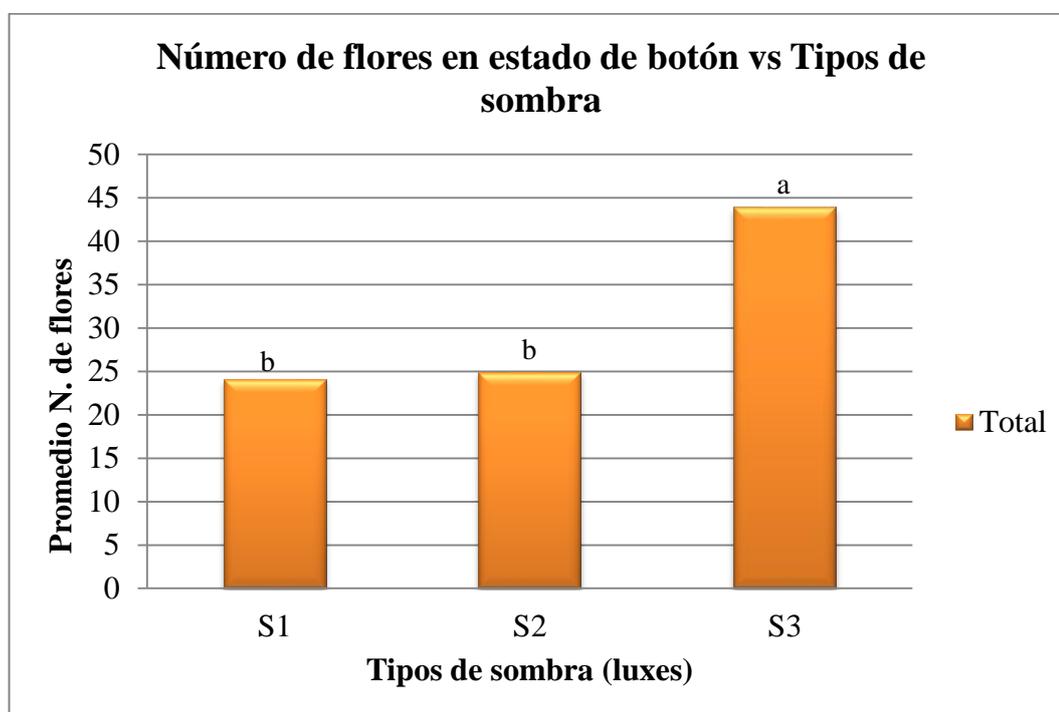
- Sombra (F= 8,57; $p=0,0007$) y Dosis (F= 6,17; $p=0,012$) a un nivel de confiabilidad del 5 % (Tabla 14).

Tabla 14

Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el número de flores en estado de botón bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacotanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016

	numDF	F-value	p-value
Intercepto	1	196,17	<0,0001
Sombra	2	8,57	0,0007 **
Dosis	3	6,17	0,0012 **
Frecuencia	1	0,09	0,7680 n.s
Sombra : Dosis	6	1,95	0,0923 n.s
Dosis : Frecuencia	2	0,00027	0,9997 n.s
Sombra : Frecuencia	3	1,58	0,2057 n.s
Sombra : Dosis : Frecuencia	6	2,13	0,0665 n.s

El mayor número de flores en estado de botón se encontró en los tratamientos que estaban bajo un nivel de sombra 3 (835,98 luxes) respecto a la sombra 1 y 2 (403,5 y 681,97 luxes) respectivamente (Figura 8).



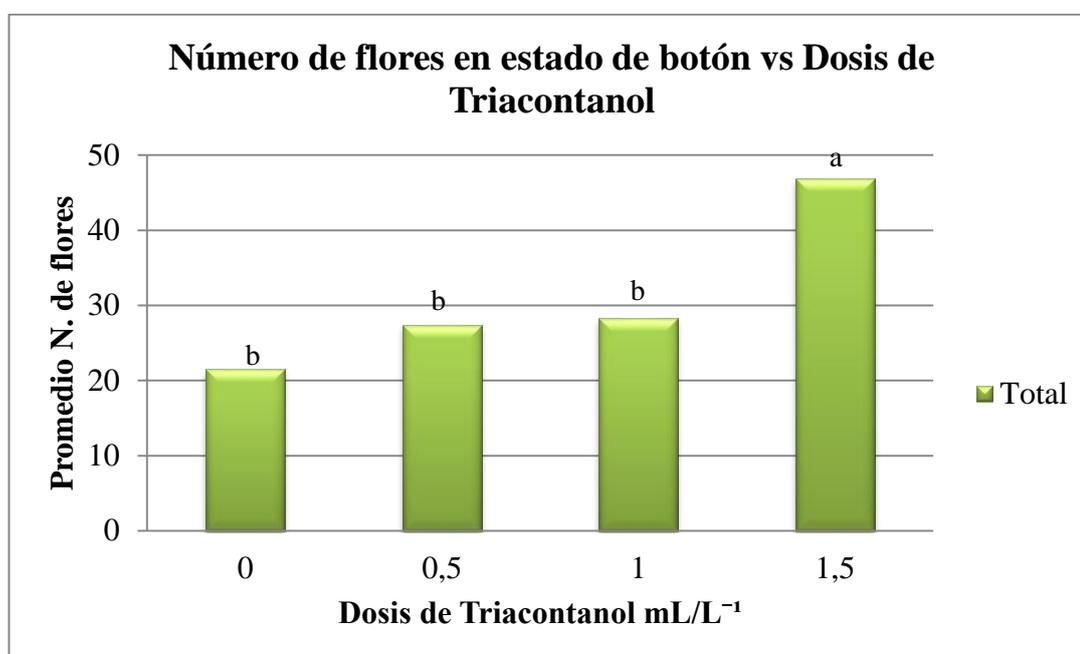
Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (DGC $p > 0,05$)

S1= 403, 5 luxes; S2= 681,97 luxes; S3= 835,98 luxes.

Figura 8 Promedio \pm error estándar del número de flores en estado de botón bajo tres niveles de sombra. Finca Lolita, Ecuador, 2016

La media más alta fue de 44 flores en estado de botón para el nivel de sombra tres; Gonzáles (2008) afirma que los árboles de cacao son una especie propia de sombra y que su mayor desempeño fisiológico se obtienen con esta condición, pero mediante el estudio realizado observamos que la mayor producción de flores se presenta en condiciones de mayor ingreso de luz sombra 3 (835,98 luxes) totalmente contrario a lo que se señala anteriormente, en conclusión podemos decir que para las variables materia seca, área foliar hay mejor resultado bajo sombra, para la producción de flores este parámetro no es un limitante.

La dosis que presento mayor número de flores en estado de botón fue la de 1,5 mL de triacantanol siendo su media de 46,83 significativamente diferente en cuanto a los tratamientos de menor dosis (Figura 9).



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

Figura 9 Promedio \pm error estándar del número de flores en estado de botón bajo 4 dosis de triacantanol. Finca Lolita, Ecuador, 2016

La dosis más altas de triacantanol tienen resultados óptimos en cuanto al número de flores en estado de botón debido a que independientemente de que haya una tendencia de crecimiento numérica con la utilización de bajas dosis relativamente no tienen diferencias significativas por tanto podemos concluir que dosis de 1,5

mililitros por litro respecto a la recomendada en el envase del producto 0,5 mililitros por litro, si aumenta la producción de flores en estado de botón.

En la figura 10 se puede observar las flores en estado de botón con dosis de 1,5 mililitros de Triacontanol.



Figura 10 Flores en estado de botón

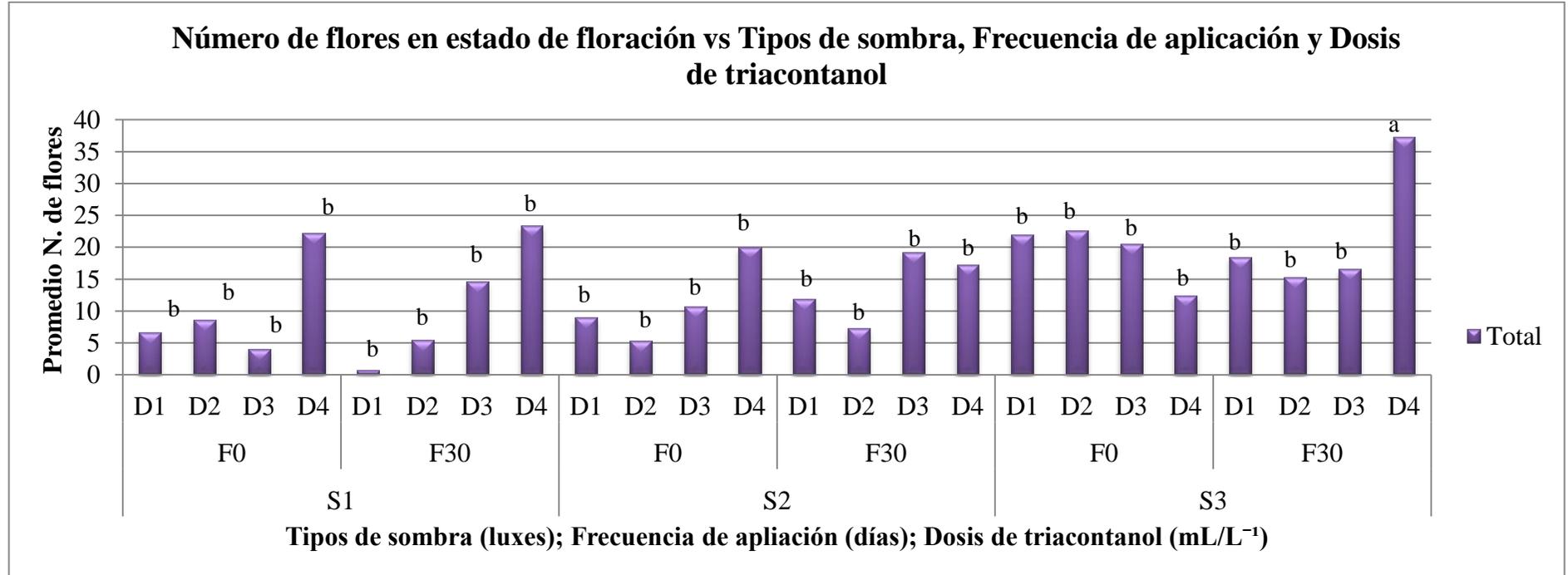
En el análisis de la varianza para el número de flores en estado de floración (completamente abiertas) se encontró un efecto significativo para la interacción Sombra: Dosis: Frecuencia ($F=2,73$; $p=0,0232$) a un nivel de confiabilidad del 5 % (Tabla 15).

Tabla 15

Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el número de flores totalmente abiertas bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación. Finca Lolita, Ecuador, 2016

	numDF	F-value	p-value
Intercepto	1	263,27	<0,0001
Sombra	2	11,42	0,0001 **
Dosis	2	8,28	0,0002 **
Frecuencia	1	1,13	0,2939 n.s
Sombra : Dosis	4	1,36	0,2485 n.s
Dosis : Frecuencia	2	0,12	0,8832 n.s
Sombra : Frecuencia	2	2,14	0,1080 n.s
Sombra : Dosis : Frecuencia	4	2,73	0,0232 *

Se encontró el mayor número de flores en estado de floración en los tratamientos que se encontraban bajo un nivel de sombra 3, dosis 1,5 mL de triacantanol y con frecuencia de aplicación 30 (30 días después de la primera aplicación) (Figura 11).



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

D1= 0 mL/L⁻¹; **D2**= 0,5 mL/L⁻¹; **D3**= 1 mL/L⁻¹; **D4**= 1,5 mL/L⁻¹; **F0**= aplicación de inicio; **F30**= aplicación 30 días después; **S1**= 403,5 luxes; **S2**= 681,97 luxes; **S3**= 835,98 luxes.

Figura 11 Promedio ± error estándar del número de flores en estado de floración bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacantanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016

Ocurrieron dos floraciones: la primera en enero y la segunda en febrero es decir que el mayor número de flores contabilizadas con una media de 38 son el resultado de la segunda dosis de aplicación del producto , este estado floral es el más importante ya que es el paso anterior a la polinización; sin embargo los factores sombra, dosis y frecuencia de aplicación van correlacionados con el ambiente que existe dentro del cacaotal para obtener éxito en la floración, Navia (2016) menciona que fluctuaciones significativas en la temperatura, humedad, y lluvia establecen una floración corta y fructificación, concluyendo así que el número de flores pudo haber aumentado si la época de aplicación del producto se la realizara en meses donde no hay tanta incidencia de lluvias (Figura 12).

Sin embargo que no existen diferencias estadísticas entre los demás tratamientos se observa claramente que las dosis de 1,5 ml en los tres tipos de sombra tiene una tendencia mayor en cuanto al número de flores en promedio.

En la figura 12 se puede apreciar la floración de dosis 1,5 mililitros de triacontanol bajo un nivel de sombra 3 (835,98 luxes) (T24).



Figura 12 Flores totalmente abiertas

4.1.5 Tamaño de frutos

En el análisis de la varianza de número de frutos y el largo no se encontró ningún efecto significativo de los factores establecidos (Tabla 16 y Tabla 17) a un nivel de confiabilidad del 5 %.

Al no realizar ningún control sanitario esto influyó en el número de frutos que se obtuvieron y se cosecharon ,puesto que el cacao es un cultivo muy susceptible al ataque de plagas como monilla o escoba de bruja tomando en cuenta que se esperaba obtener resistencia de las plantas con la aplicación del producto; sin olvidar que la polinización es un punto débil o en contra para los árboles de cacao ya que no hay la cantidad necesaria de polinizadores debido a la falta de néctar, aroma y la baja viscosidad del polen, sumándose a esto la incompatibilidad que es vigente en el cacao (Suárez, Moreira, & Vera, 1993).

Tabla 16
Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el número de frutos bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación. Finca Lolita, Ecuador, 2016

	numDF	F-value	p-value
Intercepto	1	32,13	<0,0001
Sombra	2	0,45	0,6432 n.s
Dosis	3	0,98	0,4145 n.s
Frecuencia	1	0,12	0,7336 n.s
Sombra : Dosis	6	0,22	0,9702 n.s
Dosis : Frecuencia	2	1,66	0,2001 n.s
Sombra : Frecuencia	3	0,33	0,8006 n.s
Sombra : Dosis : Frecuencia	6	1,56	0,1800 n.s

Tabla 17
Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el largo de los frutos de cacao bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016

	numDF	F-value	p-value
Intercepto	1	54,67	<0,0001
Sombra	2	2,97	0,0610 n.s
Dosis	3	1,13	0,3462 n.s
Frecuencia	1	0,02	0,8936 n.s
Sombra : Dosis	6	0,53	0,7826 n.s
Dosis : Frecuencia	2	0,77	0,4675 n.s
Sombra : Frecuencia	3	0,10	0,9597 n.s
Sombra : Dosis : Frecuencia	6	0,38	0,8870 n.s

Al realizar el análisis de la varianza para el diámetro de frutos, no se encontró ningún efecto significativo para las interacciones de los tres factores sin embargo se encontró un efecto significativo por individual para el factor Sombra ($F=3,48$; $p=0,0387$) (Tabla 18).

Tabla 18

Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el diámetro de los frutos de cacao bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016

	numDF	F-value	p-value
Intercepto	1	51,00	<0,0001
Sombra	2	3,48	0,0387 *
Dosis	3	1,15	0,3391 n.s
Frecuencia	1	0,03	0,8748 n.s
Sombra : Dosis	6	0,56	0,7568 n.s
Dosis : Frecuencia	2	0,77	0,4665 n.s
Sombra : Frecuencia	3	0,06	0,9815 n.s
Sombra : Dosis : Frecuencia	6	0,35	0,9040 n.s

El mayor diámetro en los frutos de cacao se obtuvo bajo un nivel de sombra 3 (835,98 luxes) siendo la media de 5,22 cm, este valor se observa relativamente bajo en cuanto al número, debido a que en el análisis de los datos se incluyeron los registros de frutos que murieron en el proceso de formación.

Tabla 19

Promedio \pm error estándar del diámetro de los frutos de cacao bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016

Sombra	Media \pm ee
3	5,22 \pm 0,85 a
2	3,29 \pm 0,85 b
1	2,05 \pm 0,85 b

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

De acuerdo con la tabla 19; si bien es cierto el cacao es un cultivo de sombra que tradicionalmente se ha sembrado con esta condición no es una regla general puesto que hemos observado los resultados con los distintos niveles de sombra para cada variable; estudios similares realizados por Rodríguez Beraud & Morales Ulloa

(2015), sobre el efecto de mallas sombreadoras en la producción y calidad del arándano muestran que el mayor diámetro ecuatorial se obtuvo en los arándanos sin sombreadamiento y los que se encontraban bajo un tipo de malla roja que aportaba solo el 40 % de sombra en relación a las demás mallas que aportaban mayor cantidad de sombra; en conclusión a mayor ingreso de luz mayor diámetro ecuatorial de los frutos.

El número de frutos que cuajaron se evaluaron por rama para facilitar la recolección de datos; en el análisis de la varianza no se encontró ningún efecto significativo de los factores ni de las interacciones sobre la cantidad de frutos que salieron por rama independientemente de la posición de las mismas (norte, sur, este, oeste) a un nivel de confiabilidad del 5 % (Tabla 20) corroborando a los resultados obtenidos en número de frutos por tratamiento (Tabla 16).

Tabla 20
Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para la producción por rama bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacotanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016

	numDF	F-value	p-value
Intercepto	1	10303,51	<0,0001
Sombra	2	0,18	0,8393 n.s
Dosis	1	1,19	0,2805 n.s
Frecuencia	3	1,46	0,2378 n.s
Sombra : Dosis	6	2,19	0,0599 n.s
Dosis : Frecuencia	3	1,33	0,2743 n.s
Sombra : Frecuencia	2	2,82	0,0694 n.s
Sombra : Dosis : Frecuencia	6	1,71	0,1396 n.s

Respecto al número de frutos que salieron por rama existe una relación 100 % con el porcentaje de cuajado para lo cual los resultados se expusieron anteriormente, los frutos salen de forma indistinta en el árbol no hay una relación precisa con la ubicación de las ramas para obtener mejores resultados.

El análisis de la varianza para el largo y el peso final mostro que no existe ningún efecto significativo de los factores ni de las interacciones a un nivel de confiabilidad del 5% (Tabla 21 y 22) respectivamente

Tabla 21

Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el largo final de los frutos de cacao bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016

	numDF	F-value	p-value
Intercepto	1	40,56	<0,0001
Sombra	2	2,38	0,1038 n.s
Dosis	1	0,0012	0,9728 n.s
Frecuencia	3	2,02	0,1232 n.s
Sombra : Dosis	6	0,47	0,8271 n.s
Dosis : Frecuencia	3	0,3	0,8263 n.s
Sombra : Frecuencia	2	0,53	0,5894 n.s
Sombra : Dosis : Frecuencia	6	0,37	0,8935 n.s

Tabla 22

Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para el peso final de frutos de cacao bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacontanol y 2 frecuencias de aplicación, Finca Lolita, Ecuador, 2016

	numDF	F-value	p-value
Intercepto	1	38,78	<0,0001
Sombra	2	2,78	0,0717 n.s
Dosis	1	0,0016	0,9679 n.s
Frecuencia	3	1,7	0,1789 n.s
Sombra : Dosis	6	0,46	0,8373 n.s
Dosis : Frecuencia	3	0,23	0,8766 n.s
Sombra : Frecuencia	2	0,37	0,6897 n.s
Sombra : Dosis : Frecuencia	6	0,34	0,9102 n.s

De acuerdo con la tabla 21 y 22 es notable mencionar que para la formación de los frutos (largo, diámetro, peso) es importante el balance nutricional que a los frutos no se les proporcionó, estudios similares realizados en cítricos muestran que para obtener un rendimiento adecuado y frutas de calidad de exportación se necesita una adecuada fertilización de la tierra además de reguladores de crecimiento, riego y un plan fitosanitario adecuado (Sallato & Bonomelli, 2013).

4.1.6 Porcentaje de cuajado

Después del conteo de las flores en estado de floración se produce la polinización para posteriormente dar paso al cuajado de los frutos (Figura13); una mazorca se

encuentra madura y lista para su cosecha en aproximadamente seis meses tomando en cuenta los factores ambientales.

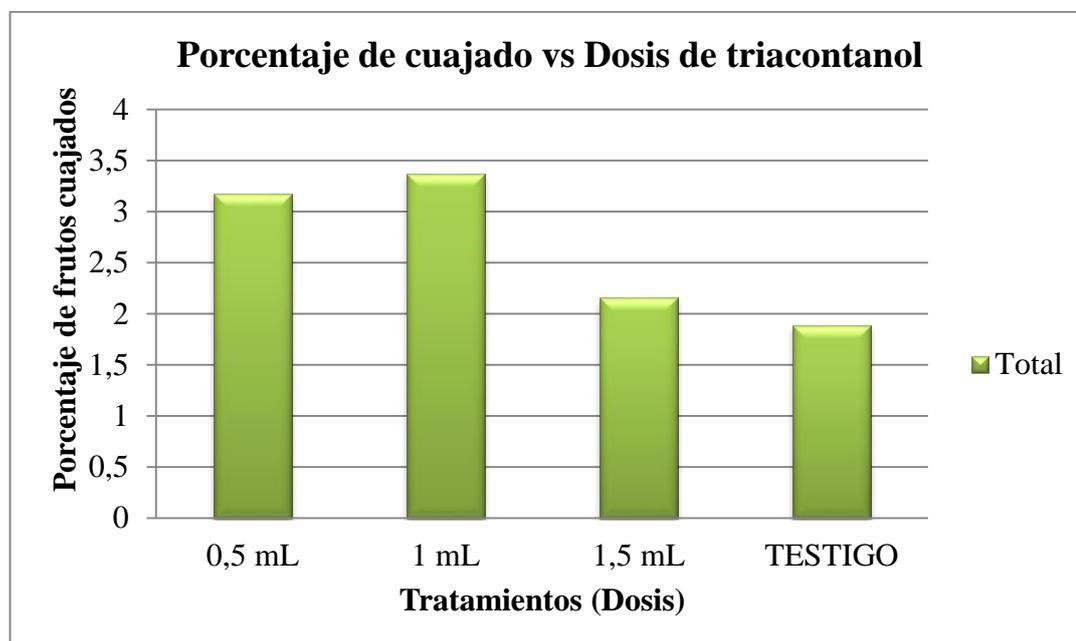
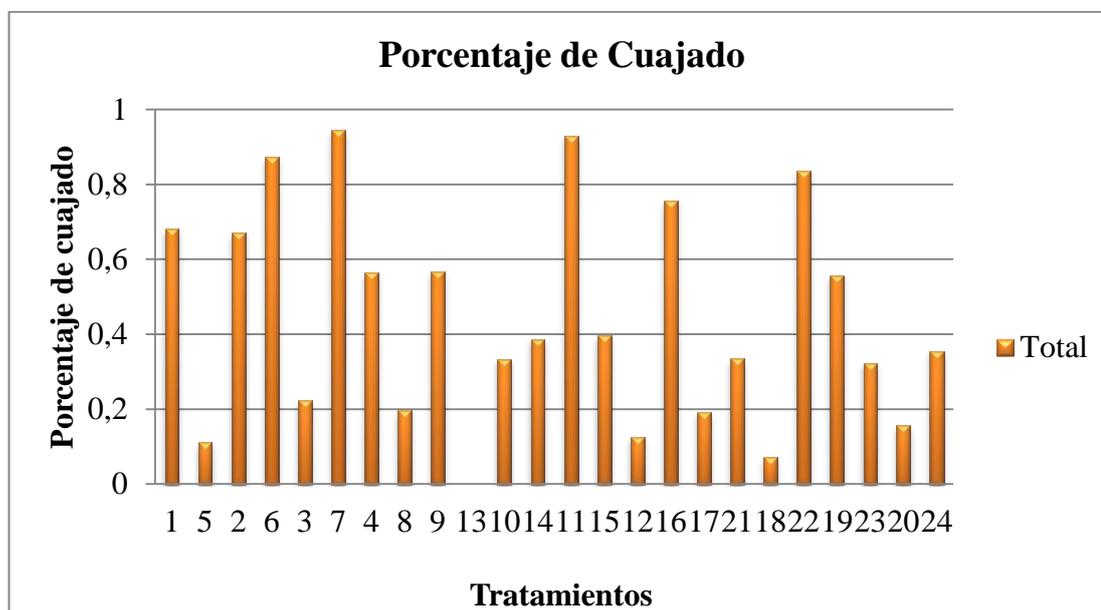


Figura 13 Efecto de 4 dosis de triacontanol en el porcentaje de cuajado de los frutos de cacao *Theobroma cacao* L.

El porcentaje de cuajado más alto fue de 3,5 % y se obtuvo en los árboles que fueron aplicados dosis de 1 mL de triacontanol seguido de la dosis de 0,5 mL con un porcentaje de 3,2 respecto a las demás dosis; este valor es un indicador de que dosis de 1 mL de Triacontanol es efectivo sin embargo el porcentaje obtenido tiene una buena relación respecto a que Ibrahim (1987) señala que del promedio de flores 4554 ± 687 que produce un árbol de cacao en seis meses solo el 5,2 % cuaja es decir solo 237 flores aproximadamente; concluyendo así que no solo depende del producto aplicado sino también de otros factores.

El mayor porcentaje de cuajado de los frutos fue de 0,99 y se obtuvo con el tratamiento 7 (403,5 luxes; 1 mL de triacontanol y aplicación del producto a los 30 días) (Figura 14); sin embargo el menor porcentaje se obtuvo con el tratamiento 13 (testigo absoluto, sombra $2= 681,97$ luxes) donde los resultados son totalmente nulos, anteriormente se mencionó que el porcentaje de cuajado para ser considerado bueno debe ser del 5,2% y si comparamos los resultados obtenidos con este porcentaje es relativamente bajo sin embargo se debe recalcar que los valores altos

de la figura 13 no engloban a los factores sombra y frecuencia de aplicación, sino exclusivamente la dosis.



Descripción de los tratamientos:

T1: 403,5lx; 0 mL; F1; **T2:** 403,5lx; 0,5 mL; F1; **T3:** 403,5lx; 1 mL; F1; **T4:** 403,5lx; 1,5 mL; F1; **T5:** 403,5lx; 0 mL; F2; **T6:** 403,5lx; 0,5 mL; F2; **T7:** 403,5lx; 1 mL; F2; **T8:** 403,5lx; 1,5 mL; F2; **T9:** 681,97lx; 0 mL; F1; **T10:** 681,97lx; 0,5 mL; F1; **T11:** 681,97lx; 1 mL; F1; **T12:** 681,97lx; 1,5 mL; F1; **T13:** 681,97lx; 0 mL; F2; **T14:** 681,97lx; 0,5 mL; F2; **T15:** 681,97lx; 1 mL; F2; **T16:** 681,97lx; 1,5 mL; F2; **T17:** 835,98lx; 0 mL; F1; **T18:** 835,98lx; 0,5 mL; F1; **T19:** 835,98lx; 1 mL; F1; **T20:** 835,98lx; 1,5 mL; F1; **T21:** 835,98lx; 0 mL; F2; **T22:** 835,98lx; 0,5 mL; F2; **T23:** 835,98lx; 1 mL; F2; **T24:** 835,98lx; 1,5 mL; F2.

Figura 14 Porcentaje de cuajado del cacao bajo 3 niveles de sombra, 4 dosis de triacotanol y dos frecuencias de aplicación (F1 y F2)

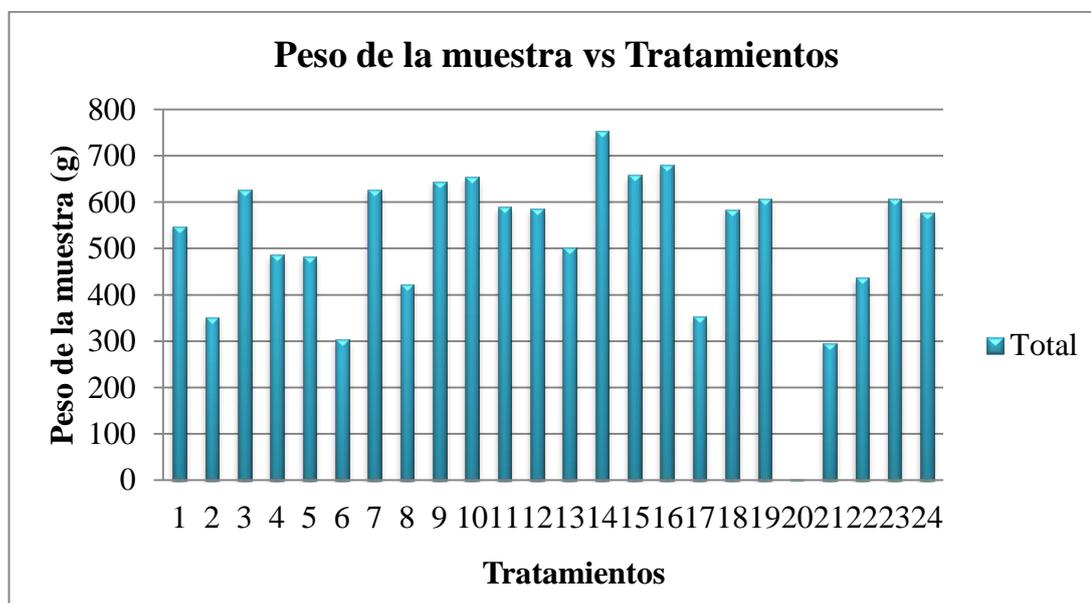
4.1.7 Peso de la muestra

El peso de la muestra permitió conocer el contenido interno de cada una de las mazorcas de cacao y poder determinar el tratamiento que mejoro esta condición interna (Figura 15).

Todo lo que se encuentra dentro de la mazorca de cacao es de gran relevancia para los productores ya que de esto se procesan los distintos derivados del cacao.

En la figura 15 se observa que el mayor peso de muestra se obtuvo de las mazorcas que formaron parte del tratamiento 14 es decir un nivel de sombra 2 (681,97 luxes), dosis 2 (0,5 mL/L⁻¹) y frecuencia de aplicación 2 (segunda aplicación a los 30 días) obteniendo un peso de 750 gramos, seguido del tratamiento 16 sombra

2(681,97 luxes), dosis 4 (1,5 mL/L⁻¹) y frecuencia de aplicación 2(segunda aplicación a los 30 días) obteniendo un peso de 650 gramos respecto a los demás.



Descripción de los tratamientos:

T1: 403,5lx; 0 mL; F1; **T2:** 403,5lx; 0,5 mL; F1; **T3:** 403,5lx; 1 mL; F1; **T4:** 403,5lx; 1,5 mL; F1; **T5:** 403,5lx; 0 mL; F2; **T6:** 403,5lx; 0,5 mL; F2; **T7:** 403,5lx; 1 mL; F2; **T8:** 403,5lx; 1,5 mL; F2; **T9:** 681,97lx; 0 mL; F1; **T10:** 681,97lx; 0,5 mL; F1; **T11:** 681,97lx; 1 mL; F1; **T12:** 681,97lx; 1,5 mL; F1; **T13:** 681,97lx; 0 mL; F2; **T14:** 681,97lx; 0,5 mL; F2; **T15:** 681,97lx; 1 mL; F2; **T16:** 681,97lx; 1,5 mL; F2; **T17:** 835,98lx; 0 mL; F1; **T18:** 835,98lx; 0,5 mL; F1; **T19:** 835,98lx; 1 mL; F1; **T20:** 835,98lx; 1,5 mL; F1; **T21:** 835,98lx; 0 mL; F2; **T22:** 835,98lx; 0,5 mL; F2; **T23:** 835,98lx; 1 mL; F2; **T24:** 835,98lx; 1,5 mL; F2.

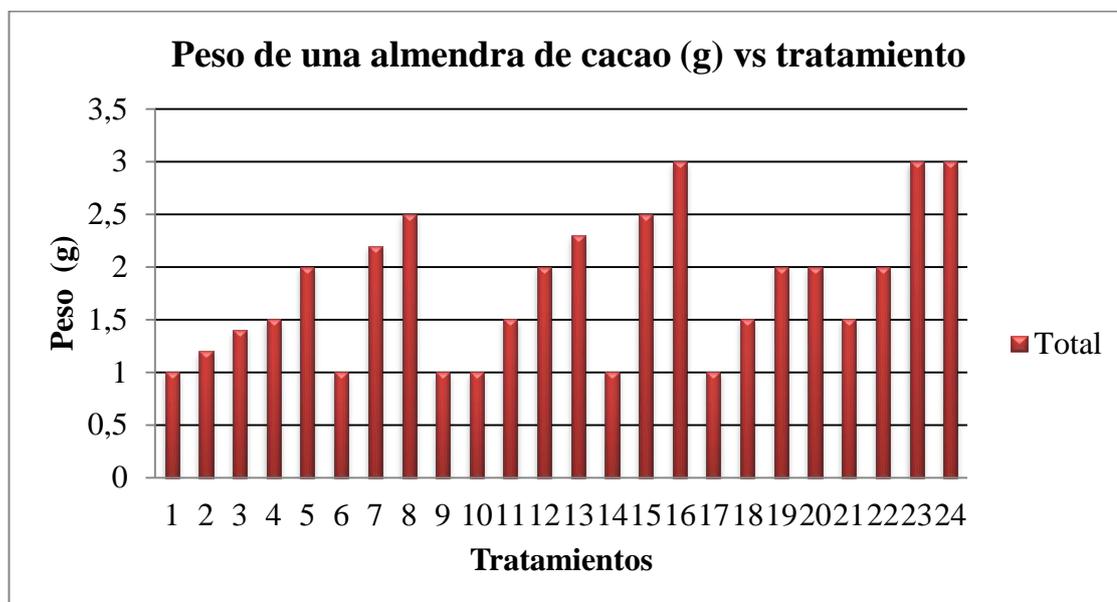
Figura 15 Peso promedio (g) de muestras de cacao correspondientes a cada uno de los 24 tratamientos establecidos

Los tratamientos que obtuvieron menor peso fueron del tratamiento 6 sombra 1(403,5 luxes), dosis 2 (0,5 mL/L⁻¹) y frecuencia de aplicación 2 (segunda aplicación a los 30 días); tratamiento 17 testigo absoluto del lote 3 con un nivel de sombra 3(835,98 luxes) y en el caso del tratamiento 20 son muy bajos debido a que la mazorca tenía bastante pulpa pero muy pocas almendras.

Los pesos obtenidos con el T14 y T16 se consideraron excelentes ya que Arciniegas (2005) en un estudio realizado caracterizando árboles de cacao para realizar mejoramiento genético, señaló que el peso de la muestra del fruto va desde 348,8 gramos a 1,035 gramos con un promedio de 574,1 gramos sin embargo Coronado & Palencia (2008), informan que sus frutos alcanzaron pesos desde los 490 gramos hasta los 1384 gramos y un promedio de 790 gramos.

4.1.8 Peso de la almendra

El peso de la almendra se determinó a partir del cacao cosechado en cada uno de los tratamientos establecidos, para lo cual se pesó en una balanza digital cada una de las almendras previamente seleccionadas (Figura 16).



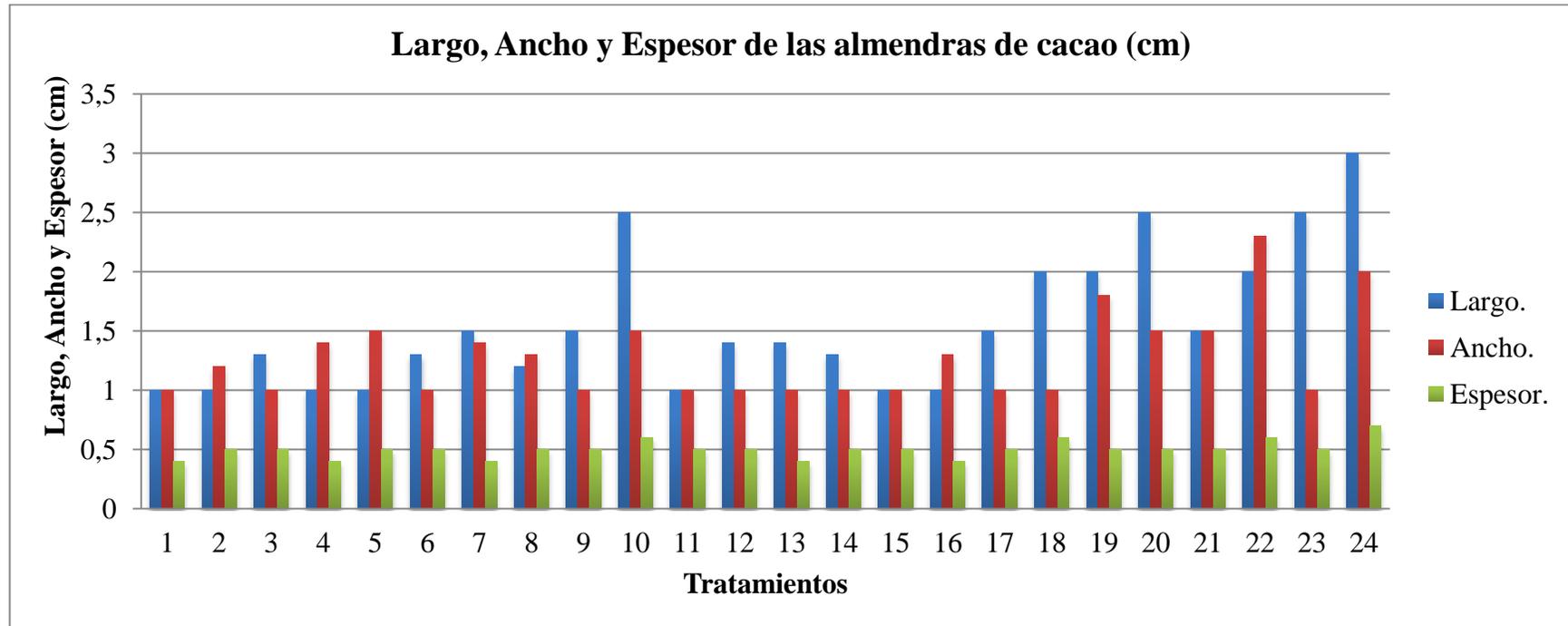
Descripción de los tratamientos:

T1: 403,5lx; 0 mL; F1; **T2:** 403,5lx; 0,5 mL; F1; **T3:** 403,5lx; 1 mL; F1; **T4:** 403,5lx; 1,5 mL; F1; **T5:** 403,5lx; 0 mL; F2; **T6:** 403,5lx; 0,5 mL; F2; **T7:** 403,5lx; 1 mL; F2; **T8:** 403,5lx; 1,5 mL; F2; **T9:** 681,97lx; 0 mL; F1; **T10:** 681,97lx; 0,5 mL; F1; **T11:** 681,97lx; 1 mL; F1; **T12:** 681,97lx; 1,5 mL; F1; **T13:** 681,97lx; 0 mL; F2; **T14:** 681,97lx; 0,5 mL; F2; **T15:** 681,97lx; 1 mL; F2; **T16:** 681,97lx; 1,5 mL; F2; **T17:** 835,98lx; 0 mL; F1; **T18:** 835,98lx; 0,5 mL; F1; **T19:** 835,98lx; 1 mL; F1; **T20:** 835,98lx; 1,5 mL; F1; **T21:** 835,98lx; 0 mL; F2; **T22:** 835,98lx; 0,5 mL; F2; **T23:** 835,98lx; 1 mL; F2; **T24:** 835,98lx; 1,5 mL; F2.

Figura 16 Peso en gramos de una almendra de cacao correspondiente a cada uno de los 24 tratamientos establecidos

Los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos 16 (681,97luxes; 1,5 mL/L⁻¹ y segunda aplicación a los 30 días), 23 (835,98 luxes; 1 mL/L⁻¹ y segunda aplicación a los 30 días) y 24 (835,98 luxes, 1,5 mL/L⁻¹ y segunda aplicación a los 30 días) respecto a los demás, siendo el peso de 3 gramos por una almendra de cacao. Enríquez (1996) y Moreira (1994) como se cita en (Sánchez, 2017) señalan que para la comercialización del cacao es imprescindible que las almendras tengan un peso mínimo de 1,2 gramos cada una por tanto los resultados obtenidos son más de lo esperado.

Con el fin de comparar el tamaño de las almendras de cacao se midió el largo, ancho y espesor (Figura 17).



Descripción de los tratamientos:

T1: 403,5lx; 0 mL; F1; **T2:** 403,5lx; 0,5 mL; F1; **T3:** 403,5lx; 1 mL; F1; **T4:** 403,5lx; 1,5 mL; F1; **T5:** 403,5lx; 0 mL; F2; **T6:** 403,5lx; 0,5 mL; F2; **T7:** 403,5lx; 1 mL; F2; **T8:** 403,5lx; 1,5 mL; F2; **T9:** 681,97lx; 0 mL; F1; **T10:** 681,97lx; 0,5 mL; F1; **T11:** 681,97lx; 1 mL; F1; **T12:** 681,97lx; 1,5 mL; F1; **T13:** 681,97lx; 0 mL; F2; **T14:** 681,97lx; 0,5 mL; F2; **T15:** 681,97lx; 1 mL; F2; **T16:** 681,97lx; 1,5 mL; F2; **T17:** 835,98lx; 0 mL; F1; **T18:** 835,98lx; 0,5 mL; F1; **T19:** 835,98lx; 1 mL; F1; **T20:** 835,98lx; 1,5 mL; F1; **T21:** 835,98lx; 0 mL; F2; **T22:** 835,98lx; 0,5 mL; F2; **T23:** 835,98lx; 1 mL; F2; **T24:** 835,98lx; 1,5 mL; F2

Figura 17 Medidas (largo, ancho y espesor) en cm de las almendras de cacao correspondientes a cada uno de los 24 tratamientos establecidos

De acuerdo a la figura 17 los tratamientos que presentaron mayor tamaño en largo de almendra son 24, 20 y 10; ancho los tratamientos 22 y 24; y espesor el tratamiento 24.

Para considerar una almendra de calidad es necesario que las tres medidas vayan de la mano puesto que mientras más altos sean los valores se necesita menor cantidad para elaborar cada uno de los derivados del cacao; la unión del largo (3cm), ancho (2cm) y espesor (0,7cm) determinan que el T24 (835,98 luxes; 1,5 mL/L⁻¹ y segunda aplicación a los 30 días) fue el mejor; en estudios realizados en cacao por Ayestas (2009) sobre la caracterización de semillas de cacao reportan que el promedio de sus semillas fueron ancho: 1,4 cm; longitud 2 cm y espesor 0,2 cm y sin embargo los resultados obtenidos en el presente estudio superan los valores mencionados por lo que Triacontanol si influyo en el tamaño de la almendra.

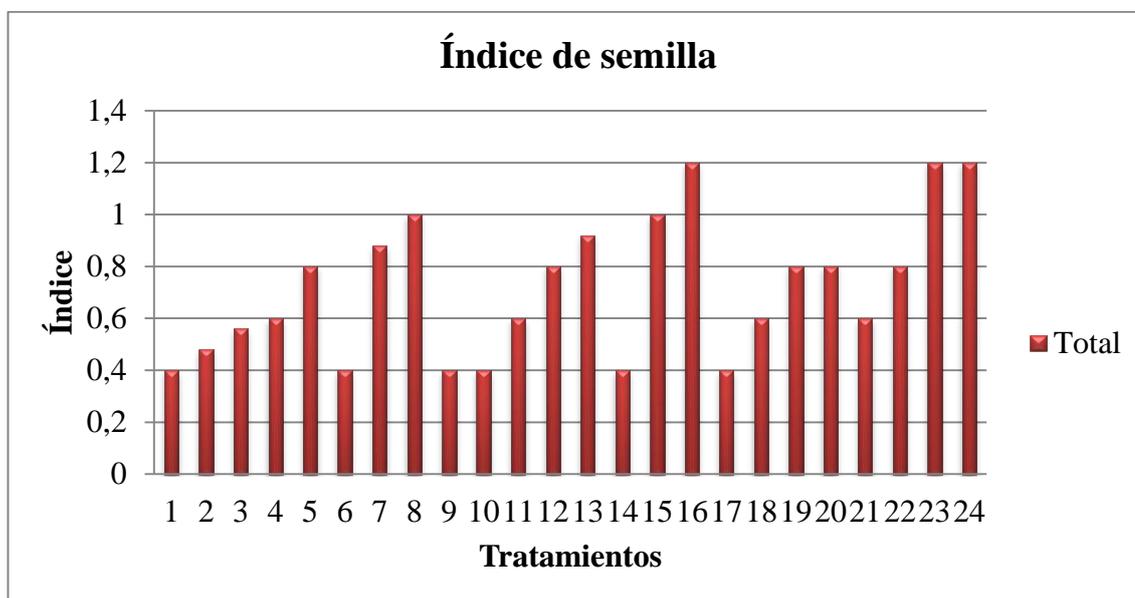
Se calculó el índice de semilla (Figura 18) que permitió conocer la calidad de un grano de cacao.

De acuerdo a la figura 18, el tratamiento 16, 23 y 24 obtuvieron los índices más altos 1, 2 respecto a los demás tratamientos, siendo así las dosis de 1mL y 1,5mL las que influyeron en este parámetro acompañados de la frecuencia de aplicación 2 (30 días después), cabe mencionar que dos de los tratamientos (23 y 24) comparten el mismo nivel de sombra (835,98 luxes) pero distinta dosis (1mL y 1,5mL respectivamente) a diferencia del tratamiento 16 que su nivel de sombra es 2 (681,97 luxes y dosis de 1,5 mL).

Los resultados más bajos obtuvieron los tratamientos (6,9,10,14 y 17) con un índice de 0,4; los parámetros establecidos por Ávila, Campos, Guharay, & Camacho (2013), señalan que el índice de semilla debe ser como mínimo de 1 ya que esto significaría que 100 semillas pesan 100 gramos considerándolo así rentable por lo tanto con el índice obtenido si sería rentable la aplicación de Triacontanol puesto que se obtienen resultados óptimos; índices de semilla bajos significan que en los proceso de secado y tostado van a disminuir mucho más su peso y sobre todo se pierden durante los procesos lo que resulta un pérdida de tiempo y económica.

Al unir todo los parámetros medidos peso de la almendra, largo, ancho, espesor e índice de semilla se concluye que dosis de 1,5 mL de triacontanol influyen relativamente en la formación de las mismas tomando en cuenta que los mejores

resultados se obtienen con mayor ingreso de luz en los lotes, y aplicando dos veces el producto antes mencionado.



Descripción de los tratamientos:

T1: 403,5lx; 0 mL; F1; **T2:** 403,5lx; 0,5 mL; F1; **T3:** 403,5lx; 1 mL; F1; **T4:** 403,5lx; 1,5 mL; F1; **T5:** 403,5lx; 0 mL; F2; **T6:** 403,5lx; 0,5 mL; F2; **T7:** 403,5lx; 1 mL; F2; **T8:** 403,5lx; 1,5 mL; F2; **T9:** 681,97lx; 0 mL; F1; **T10:** 681,97lx; 0,5 mL; F1; **T11:** 681,97lx; 1 mL; F1; **T12:** 681,97lx; 1,5 mL; F1; **T13:** 681,97lx; 0 mL; F2; **T14:** 681,97lx; 0,5 mL; F2; **T15:** 681,97lx; 1 mL; F2; **T16:** 681,97lx; 1,5 mL; F2; **T17:** 835,98lx; 0 mL; F1; **T18:** 835,98lx; 0,5 mL; F1; **T19:** 835,98lx; 1 mL; F1; **T20:** 835,98lx; 1,5 mL; F1; **T21:** 835,98lx; 0 mL; F2; **T22:** 835,98lx; 0,5 mL; F2; **T23:** 835,98lx; 1 mL; F2; **T24:** 835,98lx; 1,5 mL; F2

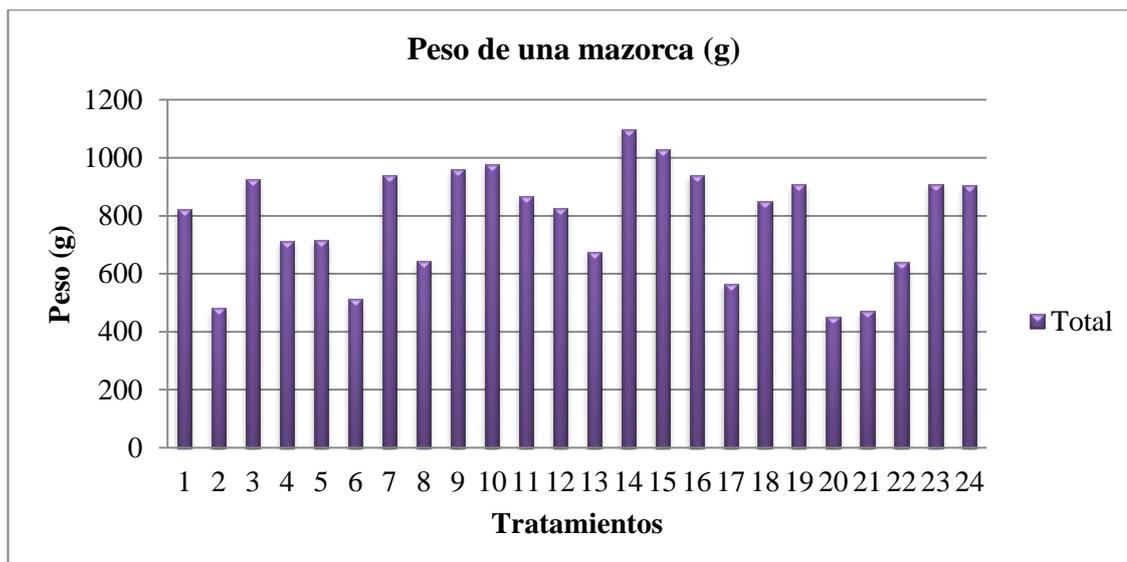
Figura 18 Índice de semilla de los 24 tratamientos establecidos

4.1.9 Peso del árbol

Esta medida permite conocer el peso de las mazorcas (Figura 19) y los índices de mazorca (Figura 20).

El índice nos permite conocer cuántas mazorcas se necesitan para obtener un kilogramo de cacao y se calcularon bajo el método de (Enríquez, 1985); también es un parámetro para determinar la calidad del cacao.

El mayor peso de mazorca que se obtuvo fue de 1095 gramos con el tratamiento 14 (681,97 luxes, Dosis 0,5 mL y con la segunda aplicación a los 30 días) seguido del tratamiento 15 con 1030 gramos (681,97 luxes, Dosis 1mL y con la segunda aplicación a los 30 días), en relación a los demás tratamientos sin embargo el tratamiento que presento menor peso fue el tratamiento 20 con 450 gramos (835,98 luxes, Dosis 1,5 mL y aplicación de inicio) (Figura 19).



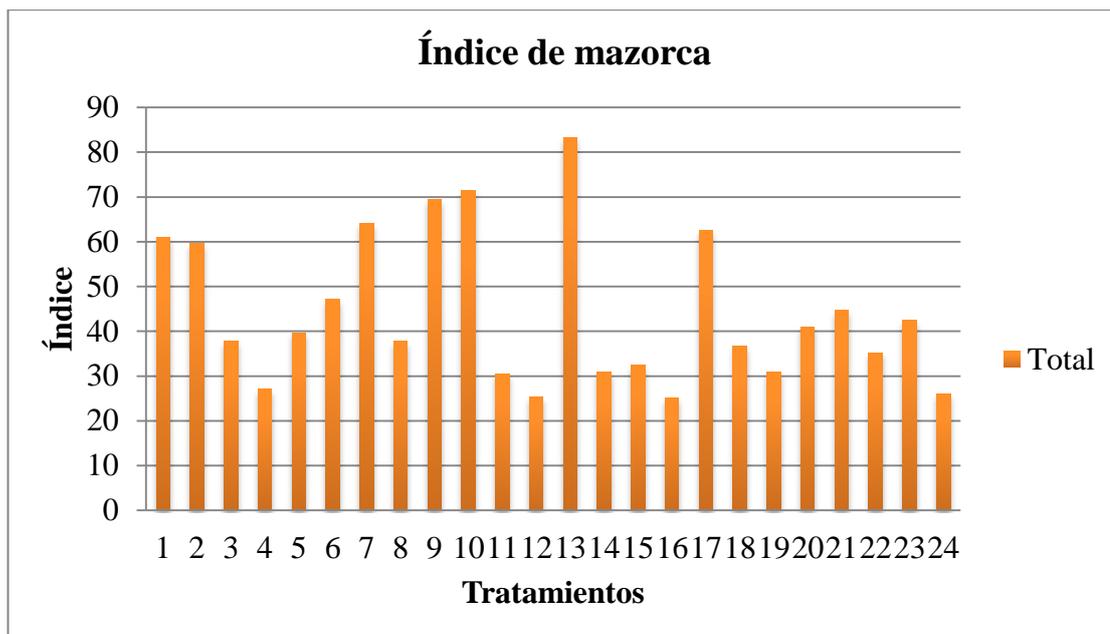
Descripción de los tratamientos:

T1: 403,5lx; 0 mL; F1; **T2:** 403,5lx; 0,5 mL; F1; **T3:** 403,5lx; 1 mL; F1; **T4:** 403,5lx; 1,5 mL; F1; **T5:** 403,5lx; 0 mL; F2; **T6:** 403,5lx; 0,5 mL; F2; **T7:** 403,5lx; 1 mL; F2; **T8:** 403,5lx; 1,5 mL; F2; **T9:** 681,97lx; 0 mL; F1; **T10:** 681,97lx; 0,5 mL; F1; **T11:** 681,97lx; 1 mL; F1; **T12:** 681,97lx; 1,5 mL; F1; **T13:** 681,97lx; 0 mL; F2; **T14:** 681,97lx; 0,5 mL; F2; **T15:** 681,97lx; 1 mL; F2; **T16:** 681,97lx; 1,5 mL; F2; **T17:** 835,98lx; 0 mL; F1; **T18:** 835,98lx; 0,5 mL; F1; **T19:** 835,98lx; 1 mL; F1; **T20:** 835,98lx; 1,5 mL; F1; **T21:** 835,98lx; 0 mL; F2; **T22:** 835,98lx; 0,5 mL; F2; **T23:** 835,98lx; 1 mL; F2; **T24:** 835,98lx; 1,5 mL; F2.

Figura 19 Peso en gramos de una mazorca de cacao para cada uno de los 24 tratamientos establecidos

Los pesos obtenidos con los tratamientos antes mencionados son relativamente buenos ya que (Graziani de Fariñas, Ortiz de Bertorelli, Angulo, & Parra, 2002) en su estudio de características físicas de los frutos de cacao la media obtenida son de 483, 435 y 561 para las variedades criollo, forastero y trinitario respectivamente es decir que el peso promedio de una mazorca de cacao indistintamente de su variedad es de 450 gramos.

El índice de mazorca más alto se obtuvo en los tratamientos 24, 16 y 12 prevaleciendo que de los tres la dosis es la misma 1,5 mL (D4) pero se encuentran en niveles de sombra diferentes ya que el tratamiento 24 está bajo un nivel de sombra 3 (835,98 luxes) y los otros dos bajo un nivel de sombra 2 (681,97 luxes) pero en cuanto a la frecuencia 24 y 16 tienen la misma (segunda aplicación a los 30 días) sin embargo el tratamiento 12 no ya que su frecuencia de aplicación es 1 (aplicación de inicio) (Figura 20); Ávila, Campos, Guharay, & Camacho (2013) sugieren que valores entre 20 y 21 mazorcas para un kilogramos son considerados buenos ya que es una relación inversamente proporcional es decir mientras menor sea el valor mejor es el resultado.



Descripción de los tratamientos:

T1: 403,5lx; 0 mL; F1; **T2:** 403,5lx; 0,5 mL; F1; **T3:** 403,5lx; 1 mL; F1; **T4:** 403,5lx; 1,5 mL; F1; **T5:** 403,5lx; 0 mL; F2; **T6:** 403,5lx; 0,5 mL; F2; **T7:** 403,5lx; 1 mL; F2; **T8:** 403,5lx; 1,5 mL; F2; **T9:** 681,97lx; 0 mL; F1; **T10:** 681,97lx; 0,5 mL; F1; **T11:** 681,97lx; 1 mL; F1; **T12:** 681,97lx; 1,5 mL; F1; **T13:** 681,97lx; 0 mL; F2; **T14:** 681,97lx; 0,5 mL; F2; **T15:** 681,97lx; 1 mL; F2; **T16:** 681,97lx; 1,5 mL; F2; **T17:** 835,98lx; 0 mL; F1; **T18:** 835,98lx; 0,5 mL; F1; **T19:** 835,98lx; 1 mL; F1; **T20:** 835,98lx; 1,5 mL; F1; **T21:** 835,98lx; 0 mL; F2; **T22:** 835,98lx; 0,5 mL; F2; **T23:** 835,98lx; 1 mL; F2; **T24:** 835,98lx; 1,5 mL; F2.

Figura 20 Índice de mazorca de los 24 tratamientos establecidos

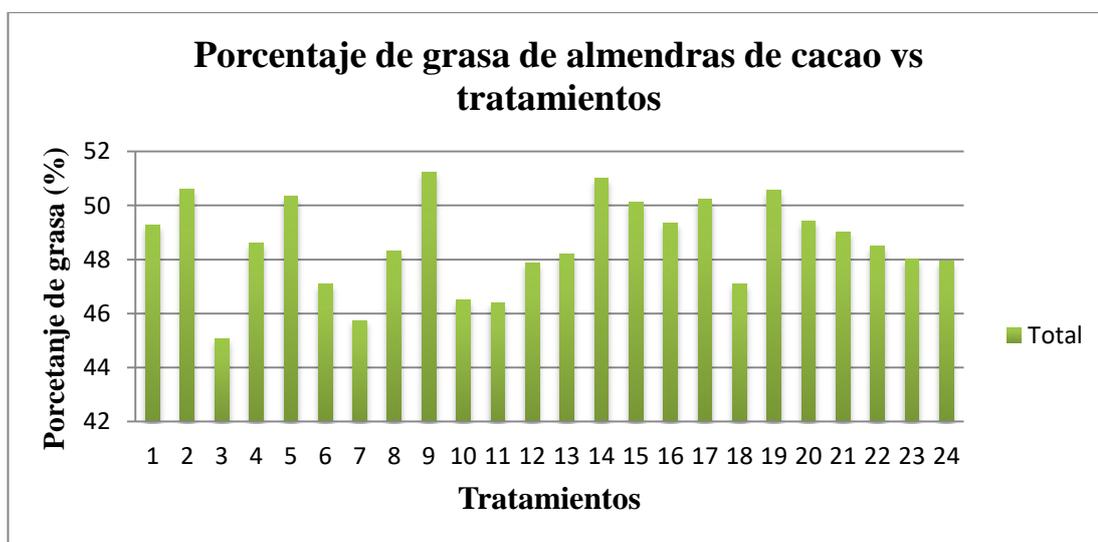
De acuerdo con la figura 19 se observó que los tratamientos que presentaban mayor peso de mazorca relativamente son solo tamaño puesto que el índice de mazorca refleja realmente el tratamiento más óptimo; es decir que el peso de las semillas de las mazorcas que pesaban menos es mejor relativamente ya que las mazorcas con mayor peso su semillas son de menor peso y tamaño.

4.1.10 Calidad del grano de cacao

Para determinar la calidad del grano utilizamos el parámetro medido anteriormente índice de semilla y un análisis bromatológico que midió el porcentaje de grasa, donde el valor más alto representa mayor calidad ya que de la grasa salen más derivados y por lo tanto a mayor grasa mayor funcionalidad del grano.

Lucca (1991), indica que el contenido medio de grasa de las almendras de cacao van del 48 al 50%; dentro de este rango se establecieron dos categorías: la primera: tratamientos que estén dentro del rango (48%) y la segunda: tratamientos que superan el rango (50%). Dentro de la primera encajaron los

tratamientos : 1,4,8,13,16,20,21,22,23,24 ; se encontró que 5 de ellos (4,8,16,20 y 24) tienen la misma dosis en común (1,5 mL); 3 son testigos (1,13y 21) y dos tienen las mismas condiciones de sombra (835, 98 luxes, frecuencia 2= 30 días después) pero distinta dosis (0,5 mL y 1 mL respectivamente) y para la segunda categoría: 2,5,9,14,15,17,19 se encontró que 3 de ellos son testigos (5,9 y 17); 2 y 14 tienen la misma dosis en común 0,5 mL pero distinta sombra 403,5 y 681,97 luxes respectivamente; T15 y T19 tienen la misma dosis 1 mL pero distinta sombra 403,5 y 681,97 luxes respectivamente (Figura 21).



Descripción de los tratamientos:

T1: 403,5lx; 0 mL; F1; **T2:** 403,5lx; 0,5 mL; F1; **T3:** 403,5lx; 1 mL; F1; **T4:** 403,5lx; 1,5 mL; F1; **T5:** 403,5lx; 0 mL; F2; **T6:** 403,5lx; 0,5 mL; F2; **T7:** 403,5lx; 1 mL; F2; **T8:** 403,5lx; 1,5 mL; F2; **T9:** 681,97lx; 0 mL; F1; **T10:** 681,97lx; 0,5 mL; F1; **T11:** 681,97lx; 1 mL; F1; **T12:** 681,97lx; 1,5 mL; F1; **T13:** 681,97lx; 0 mL; F2; **T14:** 681,97lx; 0,5 mL; F2; **T15:** 681,97lx; 1 mL; F2; **T16:** 681,97lx; 1,5 mL; F2; **T17:** 835,98lx; 0 mL; F1; **T18:** 835,98lx; 0,5 mL; F1; **T19:** 835,98lx; 1 mL; F1; **T20:** 835,98lx; 1,5 mL; F1; **T21:** 835,98lx; 0 mL; F2; **T22:** 835,98lx; 0,5 mL; F2; **T23:** 835,98lx; 1 mL; F2; **T24:** 835,98lx; 1,5 mL; F2.

Figura 21 Porcentaje de grasa de 24 muestras de cacaos correspondientes a los 24 tratamientos establecidos

De acuerdo a los tratamientos que se encuentran en la primera categoría podemos concluir que la dosis de 1,5 mL tiene un efecto positivo en el porcentaje de grasa comparando la cantidad de tratamientos que se encuentran bajo esta condición.

Para la segunda categoría los tratamientos testigos tiene 51% de grasa pero esto no es relevante en comparación a los tratamientos que están bajo dosis de triacontanol con porcentajes de 50% o incluso un poco menos puesto que las almendras que tienen más grasa son de menor peso y tamaño lo cual no resulta

beneficioso a diferencia de las almendras que tienen porcentajes similares ya que son muy gruesas, tienen buen peso como es el caso del T24 (835 luxes, dosis 1,5 mL y segunda aplicación a los 30 días), T16 (681,97 luxes, dosis 1,5 mL y segunda aplicación a los 30 días) y T23 (835,98 luxes, dosis 1mL y segunda aplicación a los 30 días) que se han destacado también en las variables antes medidas y sobre todo entran en los parámetros establecidos o requeridos de grasa

Braudeau (2001), sugiere que las almendras de cacao forman la materia prima primordial para la elaboración de chocolates, por tanto para poder decidir sobre las almendras más apropiadas para la elaboración de chocolate no solo cuenta como referencia el porcentaje de grasa sino la suma de parámetros como peso y tamaño debido a que el proceso involucra actividades como tostado es decir que indistintamente de que tengan un porcentaje alto de grasa pero no un tamaño adecuado resulta una pérdida de tiempo y económica.

4.2 Beneficio - costo

Con el propósito de determinar el tratamiento más económico y sostenible se calculó el beneficio costo.

Al evaluar los costos de aplicación de cada dosis de Triacantanol, la mejor relación costo beneficio se obtuvo con el uso de 0,5 mililitros por litro aplicándolo dos veces (tratamiento 14) es que por cada US\$ 1.00 invertido se obtiene una ganancia de US\$0,99 (Tabla 23).

El precio en el mercado es de \$31,25 dólares americanos para el quintal de cacao en mazorca ya que el quintal de cacao seco se lo está comercializando en \$125 dólares americanos, dada esta relación el kilogramo de cacao tendría un valor de 0,69 centavos. Tomando en cuenta todas las variables medidas anteriormente podemos concluir que a pesar que el beneficio-costo señala que el T14 es el más rentable pues solo sería en cuanto a la dosis que se utiliza ya que los mejores resultados se han obtenido con el T24 es decir que sin importar que en el otro gane mas no tengo mayor beneficio en cuanto a los parámetros medidos, a diferencia del T24 que por cada \$1 invertido obtengo 0,64 centavos de ganancia más del 50 % de lo invertido y con calidad en cuanto a peso de las almendras etc.

Tabla 23
Relación beneficio costo (kilogramo de cacao) en la producción de cacao fino de aroma, Finca Lolita, Ecuador, 2016

Tratamientos	Descripción de los tratamientos	Ingreso por kg/Tratamiento	Costo de producción por kg	Costo beneficio
1	S1D1F1	2,46	0,41	1,67
2	S1D2F1	1,33	0,79	0,88
3	S1D3F1	0,43	0,41	1,68
4	S1D4F1	3,61	0,53	1,30
5	S1D1F2	0,16	0,47	1,46
6	S1D2F2	0,71	0,74	0,93
7	S1D3F2	6,49	0,40	1,71
8	S1D4F2	0,89	0,59	1,17
9	S2D1F1	2,87	0,35	1,95
10	S2D2F1	1,12	0,39	1,78
11	S2D3F1	6,38	0,44	1,58
12	S2D4F1	0,95	0,46	1,50
13	S2D1F2	0,16	0,50	1,37
14	S2D2F2	2,77	0,35	1,99
15	S2D3F2	2,13	0,37	1,87
16	S2D4F2	1,73	0,40	1,71
17	S3D1F1	0,78	0,60	1,15
18	S3D2F1	0,78	0,45	1,54
19	S3D3F1	4,19	0,42	1,65
20	S3D4F1	0,62	0,84	0,82
21	S3D1F2	1,62	0,72	0,96
22	S3D2F2	3,23	0,59	1,16
23	S3D3F2	3,14	0,42	1,65
24	S3D4F2	7,07	0,42	1,64

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- No se incrementó la producción bajo ningún tratamiento puesto que no existieron diferencias estadísticas significativas para el número de frutos por tratamiento, su longitud y peso final sin embargo si existieron diferencias matemáticas para peso de las mazorcas.
- El mayor peso con un valor numérico fue de las mazorcas tratadas con 0,5 y 1 mL de Triacontanol.
- El índice de mazorca muestra que la mejor dosis es la de 1,5 mL indistintamente de la sombra y frecuencia de aplicación con la que se aplique.
- La dosis de 1,5 mL de triacontanol permitió obtener un kilogramo de cacao con menos cantidad de mazorcas.
- La calidad del cacao se midió con dos parámetros índice de semilla y porcentaje de grasa:
 - La dosis de 1,5 mL de triacontanol mejoró el contenido de grasa tomando en cuenta tamaño de semilla y peso.
 - La dosis de 1,5 mL con sombra 1 (403,5 luxes) y sombra 2 (681,97 luxes), con frecuencia de aplicación 2 (a los 30 días) mejoraron la calidad del grano de cacao (índice de semilla) siendo 1,2 el valor obtenido.
- Se realizó el análisis económico mediante la relación beneficio costo, al utilizar la dosis de 1,5 mL se obtiene una ganancia promedio de US\$ 0,64 esto es por cada US\$ 1,00 que se invierte en el cultivo de cacao.
- Para el caso de nuestro estudio la mejor opción sería vender los quintales de cacao crudo (mazorcas).
- En conclusión el tratamiento 24 (sombra=835,98luxes; dosis=1,5mL; frecuencia de aplicación a los 30 días) es el mejor en los parámetros evaluados de producción, calidad, economía y sustentabilidad.
- La difusión de los resultados del proyecto de investigación, se presentaran para la publicación de un artículo en la revista EL AGRO 2017.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda el uso del T24 (Sombra³= 835,98 luxes; dosis de 1,5 mL de triacontanol con una frecuencia de aplicación de dos veces del producto), para la implementación del cultivo de cacao en zonas parecidas a las del presente estudio.
- Se recomienda como alternativa el uso del T14 bajo las condiciones estudiadas debido a que presenta la más alta tasa de retorno.
- Confirmar los resultados obtenidos de la presente investigación en otras zonas cacaoteras.
- Se recomienda a los productores de cacao diseñar un plan de manejo en el que se incluya un estricto control de plagas y enfermedades, así como el manejo de polinizadores muy importantes en la producción del cultivo.

5.3 Bibliografía

- Abrol, D. (2011). *Biodiversity Conservation and Agricultural Production*. Recuperado el 12 de Octubre de 2016, de Repositorio PUCE: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8660/MONOGRAFIA%20POLINIZADORES%20DEL%20CACAO.pdf?sequence>
- AGROPECUARIOS. (2013). Recuperado el 12 de Diciembre de 2016, de <http://agropecuarios.net/enfermedades-del-cultivo-de-cacao.html>
- AGROPECUARIOS. (2013). Recuperado el 12 de diciembre de 2016, de <http://agropecuarios.net/plagas-del-cultivo-de-cacao.html>
- Arciniegas, A;. (2005). Caracterización de árboles superiores (*Theobroma cacao* L) por el programa de mejoramiento genético del CATIE. 125. Turrialba.
- Ávila, A., Campos, M., Guharay, F., & Camacho, A. (2013). Recuperado el 7 de Enero de 2017, de http://www.canacacao.org/uploads/smartsection/19_Guia_2_Establecimiento.pdf
- Ayestas Villega, E. (2009). Recuperado el 5 de Enero de 2017, de http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/ayestasvillega2009.pdf
- Batista, L. (2009). Recuperado el 30 de Noviembre de 2016, de <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>
- Bayas, M., Cabezas, C., Pallares, E., Reyes, P., & Villavicencio, F. (2009). El cacao ecuatoriano cautiva al mercado internacional. *Diario HOY*, pág. 1.
- Betancourt, M., García, M., Aranguren, M., & Reyes, N. (2013). PRONÓSTICOS DE PRODUCCIÓN EN FRUTALES. *Fruticultura cubana, 1*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2016, de http://www.fruticulturacubana.co.cu/revista/revista%20impresa/Vol.30%20No.1%202013/RCA1_30_1_2013.pdf
- Braudeau. (2001). Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/238/1/T-UTEQ-0003.pdf>

- Bueno-saber.com. (2014). Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://bueno-saber.com/aficiones-juegos-y-juguetes/ciencia-y-naturaleza/los-efectos-del-alcohol-de-melisisilo-para-plantas.php>
- Castelán Estrada, M., & Becerril Román, A. (2004). Fisiología de la producción forzada en guayaba. *Scielo*.
- Castellanos, M., Abril, M., & López, C. (2010). Análisis de Crecimiento y Relación Fuente-Demanda de Cuatro Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). *Unal*.
- Coronado, R., & Palencia, G. (2008). Recuperado el 8 de Enero de 2017, de http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/ayestasvillega2009.pdf
- Cros, E., Jeanjean, N., & Georges, G. (1994). Recuperado el 30 de Septiembre de 2015, de <http://www.copal-cpa.org/>
- Díaz Medina, A. y. (2016). Influencia del bioestimulante FitoMAS E sobre la producción de posturas de cafeto (*Coffea arabica* L.). *Scielo*, 43, 29-35.
- Díaz, N. (n.d). Recuperado el 14 de Noviembre de 2016, de <http://www.tomate.org.mx/DemoChiles/Lecturas/Documentos/CHILES4.pdf>
- Enríquez. (1985). Recuperado el 12 de Octubre de 2016, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8660/MONOGRAFIA%20POLINIZADORES%20DEL%20CACAO.pdf?sequence>
- Enríquez. (2001). Recuperado el 8 de Octubre de 2016, de [http://file:///C:/Users/Rodri_Daya/Downloads/T-UTC-0577%20\(1\).pdf](http://file:///C:/Users/Rodri_Daya/Downloads/T-UTC-0577%20(1).pdf)
- Enríquez, G., & Paredes, A. (1989). Recuperado el 1 de Octubre de 2016, de https://books.google.com.mx/books?id=3JRfK0v_pYMC&printsec=frontcover&dq=cacao&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=cacao&f=false
- Fisiología Vegetal*. (2013). Recuperado el 27 de Noviembre de 2016, de <http://www.fisiologiavegetal.es/cultivos-de-frutales-y-citricos/>
- Forero, F., Fernández, J., & Álvarez, J. (2010). EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE CACHAZA EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*). *Scielo*.
- Garcés, F., & Forcelini, C. (2009). Recuperado el 6 de Enero de 2017, de http://uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_Articulo_3-20111.pdf

- González, F. (2008). Recuperado el 20 de Enero de 2017, de <http://fgonzalesh.blogspot.com/2008/03/la-sombra-en-el-cultivo-del-cacao.html>
- Graziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, L., Angulo, J., & Parra, P. (2002). Características físicas del fruto de cacao tipo criollo, forastero y trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela. *SciELO*.
- Graziani, L. (2003). Recuperado el 19 de Noviembre de 2016, de <http://www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html>
- Guerrero, G. (2013). El cacao ecuatoriano su historia empezó antes del siglo XV. *Revista Líderes*.
- Gutiérrez, J. (2000). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
- Ibrahim. (1987). *EFICACIA DEL BIOPLUS EN DIFERENTES DOSIS DE APLICACIÓN PARA AUMENTAR EL NÚMERO DE FRUTOS CUAJADOS EN UNA PLANTACIÓN DE CACAO (Theobroma cacao L)*. Tesis, Escuela Politecnica de Chimborazo, Riobamba.
- Isla, E. (2009). *Fundersyam.info*. Recuperado el 27 de Enero de 2017, de <http://www.fundesyam.info/biblioteca.php?id=3161>
- Jiménez, J. (2000). Efecto de dos métodos de fermentación sobre la calidad de tres grupos de cacao Theobroma cacao L. cultivados en la zona de Quevedo provincia de Los Ríos. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
- Lazo, & Asencio. (2010). *Slideshare*. Recuperado el 3 de Enero de 2017, de <http://es.slideshare.net/migueljtmc/area-foliar-43075309>
- López, A. (2012). *Agrobanco.com*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2016, de <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/010-c-cacao.pdf>
- Lucca. (1991). *ELABORACIÓN DE CHOCOLATE DE COBERTURA, UTILIZANDO LICOS DE CACAO NACIONAL*. libro electronico, LA MANÁ.
- MAGAP. (2006). *Informativo público demostrativo sobre el cultivo de cacao*. Guayaquil.
- Medina, R. (2000). *Fenología y Producción Forzada de Frutales Caducifolios Bajo Condiciones Subtropicales*. Tecoman Colima.
- Murray, W. (2005). *Fisiovegetal.blogspot*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2016, de <http://fisiovegetal.blogspot.com/2012/10/giberelinas.html>

- Naeem, M., Khan, M., & Moinuddin. (2012). Triacantanol: a potent plant growth regulator in agriculture. *Journal of Plant Interactions*, 7(2), 129-142.
- Navia, D. (2016). *Anecacao.com*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2016, de <http://www.anecacao.com/uploads/SEMINARIOS/analisis-de-los-factores-que-promueven-o-limitan-la-produccion-de-los-cultivos-y-su-relacion-con-la-floracion-del-cacao.pdf>
- Quiroz, J. (1990). Estudio de la compatibilidad de Algunos Cultivares de Cacao.
- Ramírez, C. (2011). Recuperado el 30 de Septiembre de 2015, de [at:https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CC8QFjADahUKEwibpOeYk7zIAhXE7R4KHV9Ccw&url=http%3A%2F%2Ffranciscosaborio.files.wordpress.com%2F2011%2F11%2Ftriacontanol-tria.pptx&usg=AFQjCNFttPZVuapBCY7zWuBVgMTJFT_9fA&bvm=bv.10](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CC8QFjADahUKEwibpOeYk7zIAhXE7R4KHV9Ccw&url=http%3A%2F%2Ffranciscosaborio.files.wordpress.com%2F2011%2F11%2Ftriacontanol-tria.pptx&usg=AFQjCNFttPZVuapBCY7zWuBVgMTJFT_9fA&bvm=bv.10)
- Ries, S. (1991). TRIA and its second messenger 9- β -L(+)-adenosine as plant growth substances. *Plant Physiol*, 986-989.
- Rodríguez Beraud, M., & Morales Ulloa, D. (2015). Shading nets effect on the production and quality of blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Brigitta. *SciELO*.
- Romero, G. (2004). Mercadeo nacional e internacional del cacao. Quevedo.
- Rosas, C. (n.d). Manejo Hormonal para la Inducción Floral en Mango de Exportación.
- Salazar, S. (2014). *Slideshare*. Recuperado el 3 de Enero de 2017, de <http://es.slideshare.net/migueljtmc/area-foliar-43075309>
- Sallato, & Bonomelli. (2013). *Red Agrícola*. Recuperado el 9 de Enero de 2017, de <http://www.redagricola.com/reportajes/nutricion/impacto-en-la-calidad-de-la-fruta-de-factores-nutricionales-en-huertos-de-naran>
- Sánchez, A. (2017). Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. (1). Quevedo.
- Senasa.gob.pe. (2015). *Senasa.gob*. Recuperado el 19 de Enero de 2017, de <http://www.senasa.gob.pe/senasa/escoba-de-bruja/>
- Suárez, C., Moreira, M., & Vera, J. (1993). MANUAL DEL CULTIVO DE CACAO. 135. Pichilingue.

- Torres, L. (2012). *MANUAL DE PRODUCCIÓN DE CACAO FINO DE AROMA A TRAVÉS DE MANEJO ECOLÓGICO*. Tesis, Universidad de Cuenca , Cuenca.
- Vallejo, J. (2014). Recuperado el 17 de Septiembre de 2016, de <http://www.elciudadano.gob.ec/ecuador-entre-los-cinco-mayores-productores-de-cacao-del-mundo/>
- Villar, R., Ruiz, J., Quero, J., Poorter, H., Valladares, F., & Marañón, T. (2004). Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. *1*, 191. Madrid.
- Voltz, M. (1990). Glossary of terms for sensory evaluation of cocoa materials. (1). Quevedo, Ecuador.