

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

**MODALIDAD:  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:  
EFICIENCIA AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE FERTILIZANTES  
COMPUESTOS EN CACAO CCN-51**

**AUTOR:  
ANGELO ABIGAIL MARQUINEZ MONCAYO**

**TUTOR:  
ING. GALO CEDEÑO GARCÍA, M.Sc.**

**CALCETA, FEBRERO DE 2021**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Yo **ANGELO ABIGAIL MARQUINEZ MONCAYO**, con cédula de ciudadanía 131414126-6, declaro bajo juramento que el trabajo de titulación curricular titulado: **EFICIENCIA AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE FERTILIZANTES COMPUESTOS EN CACAO CCN-51**, es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el artículo 114 del código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



---

**ANGELO A. MARQUINEZ MONCAYO**

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**ING. GALO GARCÍA CEDEÑO, Mg.**, certifica haber tutelado el proyecto **EFICIENCIA AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE FERTILIZANTES COMPUESTOS EN CACAO CCN-51**, que ha sido desarrollado por **ANGELO ABIGAIL MARQUINEZ MONCAYO**, previa a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



Firmado electrónicamente por:  
**GALO ALEXANDER  
CEDENO GARCIA**

---

**ING. GALO CEDEÑO GARCÍA, M.Sc.**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EFICIENCIA AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE FERTILIZANTES COMPUESTOS EN CACAO CCN-51**, que ha sido propuesto, desarrollado por **ANGELO ABIGAIL MARQUINEZ MONCAYO**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



Firmado electrónicamente por:  
**FREDDY  
WILBERTO  
MESIAS GALLO**

---

ING. FREDDY MESÍAS GALLO, MG.

**MIEMBRO**



Firmado electrónicamente por:  
**LUIS ENRIQUE  
PARRAGA MUNOZ**

---

ING. LUIS PARRAGA MUÑOZ, MG.

**MIEMBRO**



Firmado electrónicamente por:  
**GONZALO BOLIVAR  
CONSTANTE TUBAY**

---

ING. GONZALO CONSTANTE TUBAY, MG.

**PRESIDENTE**

## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A Dios, quien me ha provisto de salud y bienestar a lo largo de estos años, brindándome fortaleza para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis queridos padres y hermanos, por su infinito amor, esfuerzo, paciencia y confianza depositadas en mí. Sin su apoyo nada de esto habría sido posible

A mi novia Karen Beltrán por apoyarme en todo este tiempo, ser mi apoyo y a la vez gran ayuda en mi etapa profesional.

Al abogado Gozoso Andrade por haberme abierto las puertas de su plantación de cacao y poder haber realizado mi trabajo de titulación.

Al Ingeniero Galo Cedeño García, por ser un guía en mi formación profesional, haber sido mi tutor, gracias por sus enseñanzas.



---

**ANGELO A. MARQUINEZ MONCAYO**

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por darme la fuerza de voluntad necesaria para permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida.

A mis queridos padres Abigail y Nievita, quienes han sido un apoyo incondicional en todos estos años de estudio.

A mi abuelo Federico Marquinez, por toda su ayuda desde niño, gracias a él pude alcanzar este sueño de ser profesional.



---

**ANGELO A. MARQUINEZ MONCAYO**

## TABLA DE CONTENIDO

DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
TABLA DE CONTENIDO .....	vii
CONTENIDO DE CUADROS, TABLAS Y FIGURAS .....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS .....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS .....	3
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
2.1. ANTECEDENTES SOCIOECONÓMICOS DEL CACAO EN ECUADOR .....	4
2.2. ECOFISIOLOGÍA DEL CACAO .....	5
2.2.1. RESPUESTA DEL CACAO A LOS FACTORES AMBIENTALES .....	5
2.2.1.2. ALTITUD.....	5
2.2.1.3. PRECIPITACIÓN .....	6
2.2.1.4. REQUERIMIENTO HÍDRICO .....	6
2.2.1.5. LUMINOSIDAD DEL CACAO.....	6
2.2.1.6. CONDICIONES DEL SUELO.....	6
2.3. NECESIDADES NUTRICIONALES .....	7
2.3.1. NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DEL CACAO .....	7
2.3.2. RESPUESTA DEL CACAO A LA FERTILIZACIÓN .....	7

2.3.3. RESPUESTA DEL CACAO A LA NUTRICIÓN FOLIAR.....	8
2.4. USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN CACAO .....	8
2.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS FERTILIZANTES .....	8
2.5.1. FERTICACAO PLUS .....	8
2.5.2. ECOCAO PLUS.....	9
2.5.3. YARAMILA INTEGRADOR.....	10
2.5.4. NOVATEC PREMIUM.....	10
2.5.5. SEOS CACAO .....	11
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	13
3.1. UBICACIÓN.....	13
3.2. DURACIÓN .....	13
3.3. MATERIAL VEGETAL .....	13
3.4. FACTORES EN ESTUDIO.....	13
3.4.1. FACTOR A .....	13
3.4.2. FACTOR B .....	14
3.5. TRATAMIENTOS.....	14
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	15
3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	15
3.8. ANÁLISIS DE DATOS .....	17
3.9. VARIABLES RESPUESTA .....	17
3.9. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO .....	19
3.9.1. CONTROL DE MALEZA .....	19
3.9.2. RIEGO .....	19
3.9.3. FERTILIZACIÓN .....	19
3.9.4. PODA DE MANTENIMIENTO .....	22
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.3. DISCUSIÓN GENERAL.....	34
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	35

## CONTENIDO DE CUADROS, TABLAS Y FIGURAS

<b>Cuadro 2.1.</b> Nutrientes que requiere una planta.....	7
<b>Cuadro 3.1.</b> Tratamientos aplicados en la investigación.....	14
<b>Cuadro 3.2.</b> Diseño experimental utilizado. ....	15
<b>Cuadro 3.3.</b> Fertilización aplicada en el mes de agosto.....	19
<b>Cuadro 3.4.</b> Fertilización aplicada en el mes de octubre.....	20
<b>Cuadro 3.5.</b> Fertilización aplicada en el mes de diciembre.....	20
<b>Cuadro 3.6.</b> Fertilización aplicada en el mes de febrero - abril.....	21
<b>Cuadro 3.7.</b> Fertilización Aplicada en junio.....	21
<b>Tabla 4.1.</b> Incremento porcentual del rendimiento de grano seco en cacao ccn-51 con varios tratamientos de fertilización en relación a la fertilización desarrollada por el productor y el producto novatec premium con 1, 2 y 3 aplicaciones al año, en la zona de eloy alfaro, chone, manabí, ecuador. 2020.....	24
<b>Tabla 4.2.</b> Significancia estadística de las variables evaluadas como respuesta del cacao ccn-51 a varias fuentes y dosis de fertilizantes comerciales, en la zona de eloy alfaro, chone, manabí, ecuador. 2020. ....	25
<b>Tabla 4.3.</b> Análisis económico de la fertilización del cacao ccn-51. eloy alfaro, chone, ecuador, 2020. ....	33
<b>Figura 4.1.</b> Comparaciones ortogonales entre medias de los tratamientos de fertilización, la fertilización del productor y la fertilización con novatec premium con 1, 2 y 4 aplicaciones por año.....	26
<b>Figura 4.2.</b> Comparaciones ortogonales entre medias de los tratamientos de fertilización, la fertilización del productor y la fertilización con novatec premium con 1, 2 y 4 aplicaciones por año (a/a).....	27
<b>Figura 4.3.</b> Comparaciones ortogonales entre medias de los tratamientos de fertilización, la fertilización del productor y la fertilización con novatec premium con 1, 2 y 4 aplicaciones por año.....	28
<b>Figura 4.4.</b> Rendimiento de grano seco del cacao ccn-51 en función de fuentes nutricionales .....	29
<b>Figura 4.5.</b> Rendimiento de grano seco del cacao ccn-51 en función de dosis de fertilización.....	30
<b>Figura 4.6.</b> Eficiencia agronómica de la fertilización (ea <sub>f</sub> ) del cacao ccn-51 en función de fuentes nutricionales.....	31
<b>Figura 4.7.</b> Eficiencia agronómica de la fertilización (ea) del cacao ccn-51 en función de dosis de fertilización.....	32

## RESUMEN

Esta investigación se realizó en la parroquia Eloy Alfaro, perteneciente al Cantón Chone, tuvo como objetivo evaluar la eficiencia agronómica y económica de fertilizantes compuestos en cacao CCN-51, probando que la fertilización es un aspecto importante, debido a que incrementa el rendimiento y la rentabilidad del cultivo. El material vegetal utilizado en el ensayo fue el cacao CCN-51, con una densidad de 2500 plantas ha<sup>-1</sup>, realizándose un DBCA con 19 tratamientos y 3 repeticiones, es decir, 57 unidades experimentales. Las herramientas informática-estadísticas utilizadas fueron los programas Infostat y Excel en donde se obtuvieron los rendimientos de los distintos tratamientos en forma gráfica; posterior a esto se realizó la evaluación agroeconómica donde se determinó la rentabilidad y la eficacia agronómica. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el rendimiento del cacao CCN-51 no fue afectado por la dosis de fertilización probadas, por lo que la dosis baja de 444 kg ha<sup>-1</sup> es suficiente para incrementar la productividad, La dosis biológica y económica más eficiente fue lograda con 444 kg ha<sup>-1</sup> del fertilizante el Ecocacao Plus, con un beneficio económico neto de 5199 USD ha<sup>-1</sup>, la mayor eficiencia agronómica de la fertilización en función de las fuentes fue lograda con Yaramilla integrador.

**PALABRAS CLAVE:** Eficiencia agronómica, fertilizantes compuesto, dosis.

## ABSTRACT

This research was carried out in Eloy Alfaro parish, belonging to Chone Canton, its objective was to evaluate the agronomic and economic efficiency of compound fertilizers in CCN-51 cocoa, proving that fertilization is an important aspect, because it increases the yield and the crop profitability. The plant material used in the trial was CCN-51 cocoa, with a density of 2500 plants ha<sup>-1</sup>, performing a DBCA with 19 treatments and 3 repetitions, that is, 57 experimental units. The computer-statistical tools used were the Infostat and Excel programs where the yields of the different treatments were obtained in graphical form; after this, the agroeconomic evaluation was carried out where the profitability and agronomic efficiency were determined. The results obtained in this research show that the yield of CCN-51 cocoa was not affected by the fertilization dose tested, so the low dose of 444 kg ha<sup>-1</sup> is enough to increase productivity, the biological and economic dose more Efficient efficiency was achieved with 444 kg ha<sup>-1</sup> of the Ecocacao Plus fertilizer, with a net economic benefit of 5199 USD ha<sup>-1</sup>, the highest agronomic efficiency of the fertilization depending on the sources was achieved with Yaramilla integrator.

**KEY WORDS:** Agronomic efficiency, compound fertilizers, dose.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos industriales de mayor importancia global, dado que los granos constituyen la materia prima para elaboración del chocolate, confitería y alimentos recubiertos de la industria alimentaria, así como también fabricación de productos cosméticos y farmacéuticos (ICCO, 2015).

Ecuador es el primer exportador mundial de cacao fino y de aroma, puesto que del total exportado el 70% corresponde a esta categoría, mientras que el 30% restante es de la variedad CCN-51, por lo que, en este sentido, es un rubro importante en la generación trabajo, ingresos económicos y divisas para el país (ANECACO, 2016; Morales et al., 2018).

A pesar de lo anterior, Ecuador presenta los rendimientos más bajos de la región sudamericana, y su cadena productiva presenta varios problemas que merman su producción (Rodríguez y Fusco, 2017; FAOSTAT, 2018). Hasta el 2017 se reportan alrededor de 573.516 ha, lo cual representa un incremento del 2 % con relación al año anterior. Por otra parte, el rendimiento promedio para el 2017 fue de 0.52 t ha<sup>-1</sup>, lo cual representa un incremento del 24 % con respecto al 2016. Los incrementos de superficie y rendimiento se debieron al aumento de plantaciones de cacao, especialmente de la variedad CCN-51 y a la reactivación de cultivos de cacao fino de aroma (MAG, 2017).

Dentro del país, la provincia de Manabí presenta el rendimiento más bajo, en relación a las demás provincias (MAG, 2017). Los bajos rendimientos registrados, se debe a una serie de factores tales como la escasa inversión en tecnología de riego, inadecuado manejo agronómico y fitosanitario del cultivo, uso inadecuado del material de siembra y limitado manejo nutricional del cultivo, más aún en suelos cacaoteros de Manabí que se caracterizan por tener niveles bajos de

macronutrientes como N y S, así como de algunos micronutrientes, razón por la cual se limita grandemente la producción del cultivo (INEC, 2015; Motato y Pincay, 2015). Actualmente, en el mercado nacional existen varias fuentes de fertilizantes compuestos mezcla física, química y eficiencia mejorada, algunos de los cuales han sido formulados específicamente para el cacao, sin embargo, la eficiencia agronómica y económica de estas fuentes no ha sido evaluada bajo condiciones de Manabí y menos aún en el cantón Chone, razón por la cual se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿El estudio de eficiencia de varios fertilizantes compuestos puede contribuir a incrementar el rendimiento y la rentabilidad del cacao CCN-51?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

En Ecuador la variedad de cacao CCN-51 es dominante en la superficie nacional, sin embargo, la información relacionada a la nutrición y fertilización del cultivo es limitada y más aún en la provincia de Manabí, lo cual es una limitante para mejorar el rendimiento y rentabilidad del cultivo. Sumado a lo anterior, no se conoce la eficiencia agronómica y económica de los diferentes fertilizantes formulados para cacao que hoy día existe en el mercado nacional, lo cual no permite dar recomendaciones técnicas adecuadas para la fertilización eficiente del cultivo bajo las condiciones locales. En este sentido, es importante generar este tipo de información, con la finalidad de diseñar planes de fertilización adecuadas para la variedad de cacao CCN-51 bajo las condiciones del cantón Chone, con la perspectiva de que los productores cacaoteros de esta zona, puedan adoptar los resultados positivos que se alcancen y de esta manera mejorar la productividad y rentabilidad del cultivo. Por lo anteriormente descrito, la presente investigación se justifica plenamente.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la eficiencia agronómica y económica de fertilizantes compuestos en cacao CCN-51.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el efecto de dosis crecientes de cinco fertilizantes compuestos sobre el rendimiento del cacao CCN-51.
- Establecer la dosis optima biológica y económica de cinco fertilizantes compuestos en cacao CCN-51.
- Cuantificar la eficiencia agronómica de cinco fertilizantes compuestos en cacao CCN-51.

## **1.4. HIPÓTESIS**

Al menos uno de los fertilizantes compuestos evaluados incrementa significativamente el rendimiento y rentabilidad del cacao CCN-51.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES SOCIOECONÓMICOS DEL CACAO EN ECUADOR

El cacao es uno de los cultivos más importantes del sector agrícola del Ecuador, pues representa el 20% de la superficie total agrícola sembrada en el año 2016 (MAG, 2016). En el año 2017 tuvo una participación del 9% del valor de las exportaciones agrícolas, aportando de manera positiva a la balanza comercial agrícola.

El Ecuador fue el mayor exportador mundial de cacao durante el período 1880 – 1915, perdiendo este estatus debido al ataque de dos enfermedades conocidas como la monilia (*Moniliophthora roreri*) y la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*). Entre 1915 y 1930 la producción disminuyó en un 63% (Quingaísa, 2007). Sin embargo, después de la crisis ocasionada por las enfermedades, la producción de cacao ha experimentado una recuperación notable con la siembra de materiales resistentes, especialmente a la escoba de bruja, dentro de los que destaca nítidamente el clon del híbrido denominado CCN-51 (Carrión, 2012).

Ecuador tiene una superficie sembrada de cacao de 575,516 ha con un rendimiento de 0,52 t/ha y una producción de 373,639 toneladas. Las provincias productoras que presentan una mayor superficie son: Los Ríos (131,686 ha), Manabí (124,874 ha), Guayas (96,423), y esmeraldas con 73,523. La provincia más productora fue Los Ríos con el 26 % del total de producción nacional y con un rendimiento de 0.73 t/ha, mientras que guayas presenta el mejor rendimiento con 0,97 t/ha y Manabí tiene los rendimientos más bajos con 0,48 t/ha (MAG, 2017).

El mismo autor menciona que en el año 2017, el cultivo de cacao tuvo un total de 319,705 trabajadores, donde el 77 % son trabajadores sin remuneración. Del total de trabajadores, el 73 % son hombres y el 27 % mujeres. Además, la provincia con

mayor número de trabajadores fue Los Ríos, con 71,386; donde el 74 % son hombres y el 26 % mujeres.

Las importaciones de cacao en grano a nivel mundial aumentaron 19 % en relación al año 2016. Siendo Holanda con el 26 %, seguido por Estados Unidos con el 12 %, Alemania 9 %, Bélgica y Malasia con 8 % cada uno, Indonesia 7 % y Francia con el 5 %, los países que más importan cacao en grano de Ecuador (Barrera., et al 2019).

En la actualidad las exportaciones de cacao han ganado relevancia, prueba de ello es su crecimiento entre los años 2007 a 2016 en un promedio anual de 14%, hasta llegar en 2016 a alcanzar los US\$ 622 millones. Convirtiendo al cacao en el quinto producto de exportación del Ecuador, manteniéndose como una de nuestras principales fuentes de divisas (Anecacao, 2017).

## **2.2. ECOFISIOLOGÍA DEL CACAO**

### **2.2.1. RESPUESTA DEL CACAO A LOS FACTORES AMBIENTALES**

Los principales factores ambientales que influyen en el crecimiento y desarrollo del cacao son:

#### **2.2.1.1. TEMPERATURA**

Normalmente los procesos de crecimiento, formación de flores y frutos de cacao se realizan a temperaturas mayores de 25 °C, pero se inhiben a temperaturas menores de 22 °c. Las zonas óptimas para el cultivo de cacao son aquellas que tienen una temperatura media anual entre 25 a 26 °C, debajo de este límite se reduce el crecimiento vegetativo, floración y desarrollo de frutos (Landa, 2017).

#### **2.2.1.2. ALTITUD**

Las altitudes apropiadas para sembrar cacao están entre 300 y 800 m.s.n.m., sin embargo, en zonas cercanas a la línea ecuatorial puede sembrarse hasta en altitudes de 1.300 m.s.n.m. por existir una compensación térmica entre la latitud y altitud (Giusti,2015).

### **2.2.1.3. PRECIPITACIÓN**

El cacao se puede sembrar en zonas en donde las precipitaciones anuales varíen entre 1.500 y 3.800 mm, siendo el rango entre 1.800 y 2.600 mm en donde mejor se desarrolla, el rango moderadamente apto para la siembra está entre los 1.500 a los 1.800 mm y los 2.600 a los 3.200 mm, en donde se pueden desarrollar los cultivos con algún tipo de limitaciones que pueden derivar en la necesidad de prácticas de manejo adicionales a las comúnmente utilizadas (FEDECACAO, 2013).

### **2.2.1.4. REQUERIMIENTO HÍDRICO**

Las necesidades de agua de la planta de cacao van del orden 1,500 a 2,500 mm. repartidos en todo el ahajó para zonas cálidas; y de 1,200 a 1,500 en zonas más húmedas. La cantidad mensual de agua es de 100mm en los meses más secos, factor a considerar en huertas bajo riego. Un déficit de agua puede disminuir los rendimientos de cacao, y cuando el factor hídrico es compensado este puede lograr rendimientos que superan los 50 qq/ha (Anecacao, 2016).

### **2.2.1.5. LUMINOSIDAD DEL CACAO**

La intensidad de la luz es otro factor determinante en el cultivo del cacao, especialmente porque influye en la fotosíntesis. En etapas de establecimiento del cultivo se recomienda la siembra de otras plantas para proporcionar sombra ya que las plantas de cacao en estas etapas son muy susceptibles a la acción directa de los rayos solares. Se considera que una intensidad lumínica menor al 50% del total de la luz, limita los rendimientos, mientras cuando es mayor al 50% los aumenta (Torrez, 2012).

### **2.2.1.6. CONDICIONES DEL SUELO**

El cacao requiere suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, franco arcilloso, con buen drenaje y topografía regular. El factor limitante del suelo en el desarrollo del cacao es la delgada capa húmica. Las plantaciones están localizadas en suelos que varían desde arcillas pesadas muy erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y limos, con pH que oscilan entre 4,0 y 7,0. Se puede decir que el cacao

es una planta que prospera en una amplia diversidad de tipos de suelo (INFOAGRO, 2015)

## 2.3. NECESIDADES NUTRICIONALES

### 2.3.1. NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DEL CACAO

Para Leiva (2012), los nutrientes que necesita una planta de CCN-51 son:

**Cuadro 2 1.** Nutrientes que requiere una planta.

Estado de la planta	Edad (meses)	Requerimiento por planta (Gramos)							
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	B
Recién sembrada	5	2,4	0,6	2,4	2,3	1,1	0,04	0,01	0,009
Producción inicial	28	140	16	170	115	40	4,2	0,6	0,4
Producción media	36	215	25	370	130	65	7,6	1,1	1,2
Producción total	48-90	448	51	170	320	110	5,9	1,6	1,7

Fuente: Leiva, 2012.

Estudios realizados en Ecuador de CCN 51, en condiciones de cultivo en plena producción, reportan que la extracción de nutrientes con 2.222 plantas/ha fue: N (101), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (27), K<sub>2</sub>O (204), CaO (69), MgO (42) y S (12) kg ha<sup>-1</sup> (Barriga et al. 2006).

### 2.3.2. RESPUESTA DEL CACAO A LA FERTILIZACIÓN

La respuesta de la fertilización del cacao bajo sombra solamente produce pequeños incrementos en producción, mientras que a plena exposición solar produce incrementos considerables en rendimiento de grano seco (Uribe et al., 2000). La fotosíntesis juega un papel muy importante, porque al tener sombra este no va a tener una buena floración provocando su caída. La aplicación de fertilizantes inorgánicos u orgánicos según las recomendaciones basadas en el análisis del suelo y condición nutritiva del cultivo maximiza beneficios y minimiza las pérdidas (Arvelo et al., 2017), teniendo rendimientos que superan las 2 ton/ha, una muy buena

fertilización va ser reflejado en el rendimiento, caso contrario este no tendrá una buena productividad.

### **2.3.3. RESPUESTA DEL CACAO A LA NUTRICIÓN FOLIAR**

Santos y Aguilar (2013), plantean que la fertilización foliar, es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la fertilización edáfica. Bajo este sistema de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrimentos, algunos componentes de ésta participan en la absorción de los iones. Los factores que influyen en la fertilización foliar pueden clasificarse en tres grupos; aquellos que corresponden a la planta, el ambiente y la formulación foliar. Dentro de los aspectos de la planta, se analiza la función de la cutícula, las estomas y ectodermos en la absorción foliar.

## **2.4. USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN CACAO**

Puentes, Menjivar y Aranzazu (2014), mencionan que es interesante ver que el clon CCN-51 presentó el mayor rendimiento con la menor dosis (2,4 g/planta urea; 33 g/planta fosfato de diamónico y 139 g/planta nitrato de potasio), por lo cual se podría considerar más eficiente en su dosis más baja. En efecto, en la medida que aumentaron los niveles de fertilización en el suelo, el rendimiento disminuyó. Lo anterior sugiere que el exceso de fertilización pudo haber ocasionado un desbalance nutricional en la planta que se habría manifestado en una pérdida del rendimiento.

## **2.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS FERTILIZANTES**

### **2.5.1. FERTICACAO PLUS**

FERMAGRI (2018) describe Feticacao plus como una fórmula elaborada con materia prima importada, ajustada a las necesidades específicas del cultivo del cacao tomando en cuenta el nivel de fertilidad de nuestros suelos. Contiene en fórmula balanceada:

Nitrógeno 20, Fósforo 6, Potasio 17, Magnesio 3, Azufre 4, Boro1 y Zinc 0,3.

**Ventajas:**

Nutrición balanceada en una sola aplicación (contiene 6 nutrientes).

Evita equivocaciones en la mezcla.

Ahorro de dinero por mezcla y mermas.

Desarrollo precoz de las raíces y del crecimiento de la planta.

Aumenta el contenido de proteínas y la producción de frutos y semillas.

Incrementa sus rendimientos

**2.5.2. ECOCAO PLUS**

Según la Colina (2019) es un fertilizante edáfico que contiene diez nutrientes esenciales para la producción de cacao, pues logra una respuesta rápida en su rendimiento con una producción de calidad y buen llenado de frutos, manteniendo al cultivo vigoroso y resistente al ataque de enfermedades.

**Cuadro 2 2.** Propiedades físicas químicas de Ecocao Plus.

<b>Nutriente</b>	<b>Concentración</b>
Nitrógeno Total (N)	13%
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	4%
Potasio (K <sub>2</sub> O)	20%
Calcio (Ca)	3%
Magnesio (MgO)	4%
Azufre (S)	4%
Silicio (SiO <sub>2</sub> )	5%
Boro (B)	0.2%
Zinc (Zn)	< 0.01%
Manganeso (Mn)	< 0.01%

**Fuente:** Colina, 2019.

### **2.5.3. YARAMILA INTEGRADOR**

Para AGRIZON (2019) Yaramila integrador es un fertilizante prill químico complejo, especial para aplicación al suelo. Tiene un porcentaje alto en Fosforo, Potasio y Nitrógeno en forma balanceada.

Nitrógeno total: 15%;

N-Amoniacal: 8.3%;

N-Nítrico 6.7%;

Fósforo: 9%;

Potasio: 20%;

Magnesio: 1.8%;

Azufre: 3.8%;

Boro: 0.15%;

Manganeso: 0.020%;

Zinc: 0.020%;

#### **Ventajas:**

Contiene su nitrógeno en la forma amoniacal y nítrica mejorando la asimilación.

El fosforo tiene forma rápida y progresiva de asimilación.

Por su tamaño y forma de los gránulos, asegura una aplicación eficiente.

Cada granulo contiene todos los elementos de la formula, en forma precisa.

### **2.5.4. NOVATEC PREMIUM**

Para AGRIZON (2019), es un fertilizante granular, adecuado para riegos por surco contiene en su formulación la molécula DMPP, inhibidora de la nitrificación, que retrasa la nitrificación, muy adecuado para complementar el uso de otros fertilizantes con Fósforo y Potasio ó en caso de suelos muy ricos en estos elementos en todo tipo de cultivos.

**Nutrientes principales:**

Nitrógeno: Total 15 % (N), Nitrógeno Nítrico 7 % (NO<sub>3</sub>), Nitrógeno Amoniacal 8 % (NH<sub>4</sub>).

Fósforo: 3% (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) soluble en citrato de amonio neutro y en agua 2,4% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble en agua.

Potasio: 20% (K<sub>2</sub>O) como sulfato de potasio.

Magnesio: 2% (MgO), 1,6% Mg o soluble en agua.

Azufre: 10 % (S), 8% S soluble en agua

**Micronutrientes**

Boro 0,02% (B) Hierro 0,06% (Fe) Zinc 0,01% (Zn)

**Ventajas:**

Gracias a la presencia de un inhibidor de la nitrificación, retrasa la transformación del nitrógeno amoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) a Nitrógeno Nítrico (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) por la inhibición temporal de las bacterias nitrosomonas.

Hace más eficiente la aplicación de Nitrógeno, permite una mayor absorción de fósforo y micro nutrientes, y al absorber amonio directamente, permite ahorrar energía a la planta.

Hace más lenta la formación de nitratos en el suelo, por lo que reduce las pérdidas por lixiviación, reduciendo la contaminación de napas por nitratos.

**2.5.5. SEOS CACAO**

Para Vikingo (2019) SEOS CACAO posee una adecuada composición de macro y micro nutrientes agropotencializados con Sfera. La nueva generación de fertilizantes acondicionadores de suelo. Entre su composición físico-química tenemos:

- Nitrógeno 17%;
- Fósforo 3.40%;

- Potasio 27%;
- Magnesio 3%;
- Azufre 3%;
- Calcio 1%;

**Ventajas:**

Es un fertilizante completo formulado con macro y micro nutrientes para los cultivos de cacao en producción. Ha sido balanceada de acuerdo a la extracción de nutrientes del cultivo, para obtener el máximo rendimiento de las cosechas. La adecuada selección de materias primas reduce el deterioro, la segregación y compactación del producto.

## **CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO**

### **3.1. UBICACIÓN**

La investigación se desarrolló en la hacienda Agrícola la Valdivia, ubicada en el sitio Balzar 3, perteneciente a la parroquia Eloy Alfaro del cantón Chone, Manabí. Posicionado geográficamente en las coordenadas 0° 41' latitud sur y 80° 07' latitud oeste, a una altitud de 24 msnm, heliofanía de 1045 horas anuales y un promedio de precipitaciones de 839 mm anuales.

### **3.2. DURACIÓN**

La presente investigación tuvo una duración de 12 meses desde la aprobación del proyecto en agosto del 2019 hasta la última toma de datos e interpretación de resultados en agosto del 2020.

### **3.3. MATERIAL VEGETAL**

Se utilizó una plantación de cacao CCN-51 de cinco años de edad, el cual está establecido a una densidad de 2500 plantas ha<sup>-1</sup>.

### **3.4. FACTORES EN ESTUDIO**

#### **3.4.1. FACTOR A (Fuentes)**

- Fercacao plus (mezcla física de macro y micronutrientes).
- Ecocacao plus (mezcla física de macro y micronutrientes + silicio).
- Seos cacao (mezcla física de macro y micronutrientes con tecnología Sfera).
- Yaramilla Integrador (mezcla química).
- Novatec Premium (mezcla química de liberación controlada).

### 3.4.2. FACTOR B (Dosis)

- 444 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> con 6 fracciones año<sup>-1</sup>
- 888 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> con 6 fracciones año<sup>-1</sup>
- 1332 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> con 6 fracciones año<sup>-1</sup>

### 3.4.3. TESTIGOS

- Novatec Premium con dosis de 888 kg ha<sup>-1</sup> y 4 fracciones año<sup>-1</sup>
- Novatec Premium con 888 kg ha<sup>-1</sup> y 2 fracciones año<sup>-1</sup>
- Novatec Premium con 888 kg ha<sup>-1</sup> y 1 fracción año<sup>-1</sup>
- Tratamiento control (fertilización del productor 400 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 2 fracciones año<sup>-1</sup>)

## 3.5. TRATAMIENTOS

Cuadro 3.1. Tratamientos aplicados en la investigación.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T1	Ferticacao 444 kg ha <sup>-1</sup>
T2	Ferticacao 888 kg ha <sup>-1</sup>
T3	Ferticacao 1332 kg ha <sup>-1</sup>
T4	Ecocacao 444 kg ha <sup>-1</sup>
T5	Ecocacao 888 kg ha <sup>-1</sup>
T6	Ecocacao 1332 kg ha <sup>-1</sup>
T7	Seoscacao 444 kg ha <sup>-1</sup>
T8	Seoscacao 888 kg ha <sup>-1</sup>
T9	Seoscacao 1332 kg ha <sup>-1</sup>
T10	Yaramilla Integrador 444 kg ha <sup>-1</sup>
T11	Yaramilla Integrador 888 kg ha <sup>-1</sup>
T12	Yaramilla Integrador 1332 kg ha <sup>-1</sup>
T13	Novatec Premium 444 kg ha <sup>-1</sup>
T14	Novatec Premium 888 kg ha <sup>-1</sup>
T15	Novatec Premium 1332 kg ha <sup>-1</sup>
T16	Novatec Premium 888 kg ha <sup>-1</sup>
T17	Novatec Premium 888 kg ha <sup>-1</sup>
T18	Novatec Premium 888 kg ha <sup>-1</sup>
T19	Tratamiento control 444 kg de ferticacao kg ha <sup>-1</sup>

Fuente: Autor.

### 3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial A x B + 4, con 19 tratamientos, tres repeticiones y 57 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de parcelas de 28 plantas, donde el registro de datos se lo realizó en las 10 plantas centrales.

**Cuadro 3.2.** Diseño experimental utilizado

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	
Tratamientos	18	
Fuentes		4
Dosis		2
Fuentes x dosis		8
Contraste 1: Novatec 1/año vs. tratamientos		1
Contraste 2: Novatec 2/año vs. Tratamientos		1
Contraste 3: Novatec 3/año vs. tratamientos		1
Contraste 4: Control convencional vs. tratamientos		1
Bloques	2	
Error	36	
Total	58	

Fuente: Autor.

### 3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental se conformó por dos hileras dobles de 7 plantas, para lo cual se dejó 10 plantas centrales de parcela útil, dejando 18 plantas como efecto borde.

Numero de tratamientos: 19

Tamaño total de la unidad experimental: 112 m<sup>2</sup>

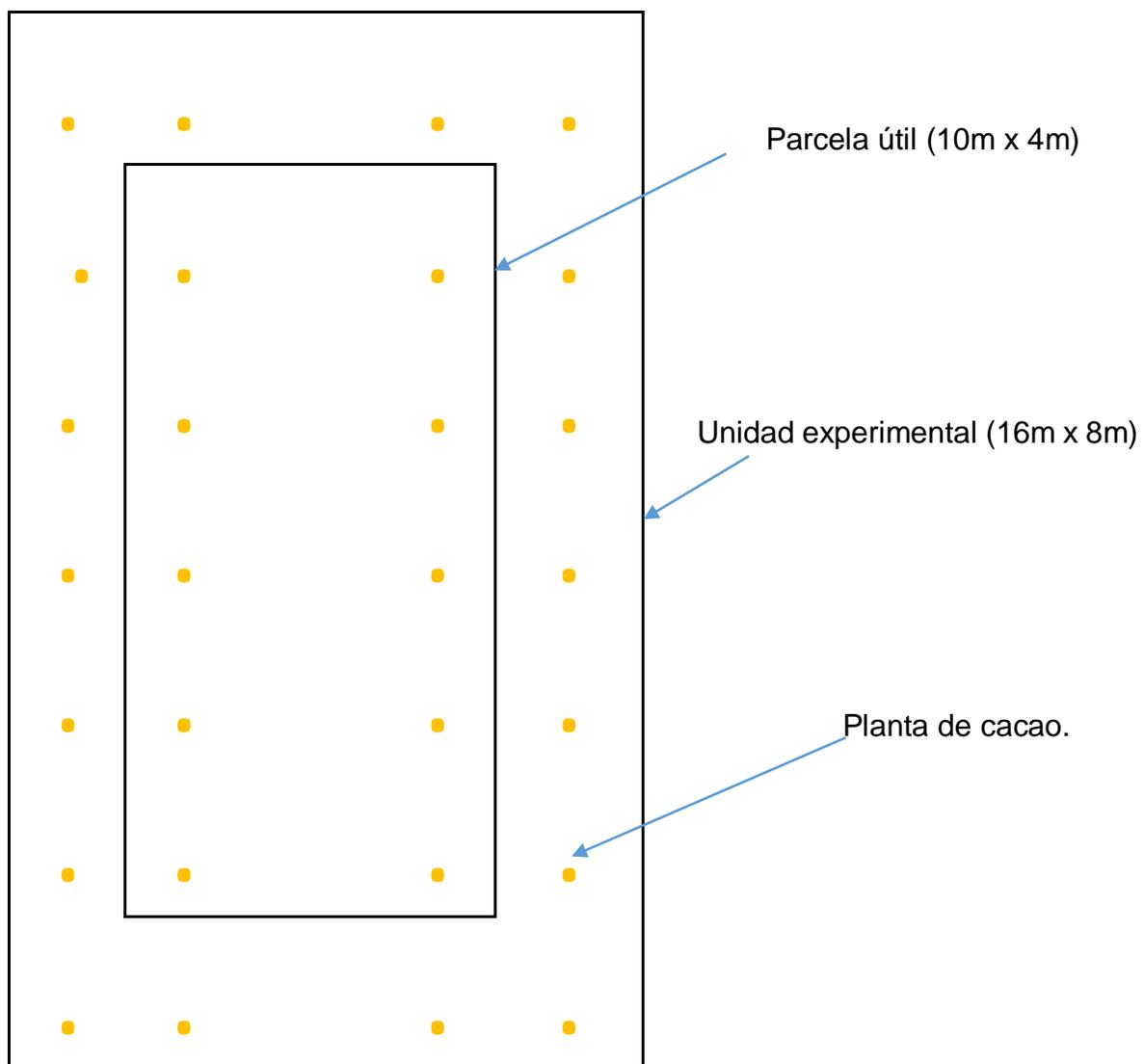
Número de unidades experimentales: 57

Tamaño total del área útil: 40 m<sup>2</sup>

Densidad de siembra: 4m entre hilera doble x 2 entre planta (2500 pl ha<sup>-1</sup>)

Superficie total: 6384 m<sup>2</sup>

Figura 3.1. Unidad experimental



Fuente: Autor.

### 3.8. ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos se ejecutó a través de la estadística descriptiva, análisis de varianza (ANOVA), y la separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidades. Además, correlaciones y regresiones entre las variables agronómicas, económicas y componentes de rendimiento.

### 3.9. VARIABLES RESPUESTA

La evaluación se la efectuó a la parcela útil de todas las 57 unidades experimentales, conformada por 10 plantas centrales cada una, en la cual aquí se obtuvieron los resultados de cada variable, a continuación, se explican cada una de ellas.

- **Número de mazorcas sanas**

Se realizó contabilizando el número de frutos sanos por planta en cada unidad experimental, este dato se registró en cada cosecha

- **Número de mazorcas enfermas**

Esta variable se la hizo contando las mazorcas enfermas ya sea por monilia, mazorca negra o chirimoya por planta de la parcela útil de cada lote, esta variable se la tomó en todas las cosechas.

- **Número de frutos chereles marchitos**

Esta variable se la tomó contando los frutos chereles o marchitos de por planta en cada unidad experimental, este dato se lo registró en cada cosecha.

- **Peso de granos planta<sup>-1</sup>**

Una vez que hayamos obtenidos todas las mazorcas sanas planta<sup>-1</sup>, con un machete se abrió las mazorca y posteriormente en una balanza se pesó todos los frutos por planta de la parcela útil de todas las unidades experimental, esta variable se la tomó en cada una de las cosechas.

- **Peso de granos fresco parcela<sup>-1</sup>**

Esta variable se hizo obteniendo el peso de fruto de toda la parcela útil, en cada unidad experimental.

- **Rendimiento en kg ha<sup>-1</sup>**

Esta variable se la registró en cada cosecha mediante la recolección de frutos sanos por planta y tratamiento, el peso fresco del cacao se transformó mediante constante (100 – 40) con 7% de humedad. Este resultado se lo obtuvo por regla de tres simples, posteriormente fue llevado a hectárea para obtener el rendimiento de cacao seco ha<sup>-1</sup> año.

- **Eficiencia agronómica**

Esta variable responde a la pregunta ¿Cuánto rendimiento adicional se puede producir por cada kg de fertilizante aplicado?

$$EA = [(RG_{+F} - RG_{-F})/DF]$$

Donde:

EA = Eficiencia agronómica

RG<sub>+F</sub> = Rendimiento de grano con fertilización de tratamientos

RG<sub>-F</sub> = Rendimiento de grano con fertilización del tratamiento control

DF = Cantidad de fertilizante

- **Eficiencia económica**

El análisis económico se realizó a través de la estimación del beneficio neto de la fertilización. Para esto se estimaron los costos que varían por tratamiento 36 (CqV), los que estuvieron en función de la cantidad de fertilizante aplicado (kg ha<sup>-1</sup>), número de aplicaciones, costo unitario del fertilizante (US\$ kg<sup>-1</sup>) y de la mano de obra. En el Testigo control, el precio que varía es cero (CqV=0). Con los datos de rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) y precio unitario del qq de cacao seco (US\$ qq<sup>-1</sup>) se calcularon los ingresos brutos. Con base en la diferencia entre los rendimientos de cada tratamiento y el testigo se estimó el efecto de la aplicación de la fertilización. Con los datos de costos e ingresos se calcularon los beneficios netos.

### 3.9. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

#### 3.9.1. CONTROL DE MALEZA

Se realizó deshierbas manuales con la ayuda de machete, cuando las malezas presentaban nivel de infestación bastante considerable afectando el cultivo.

#### 3.9.2. RIEGO

A las parcelas se les aplicó el riego mediante aspersion, cada 15 días, dependiendo de las condiciones ambientales.

#### 3.9.3. FERTILIZACIÓN

Para determinar el plan de fertilización se tomó como referencia estudios realizados por el INIAP (s.f.) de análisis de suelo, en todos los cantones de Manabí, en la cual estos registraron baja composición química de Nitrógeno, Azufre, Zinc y Boro, alto contenido de Fosforo y Potasio. En el presente trabajo no se probó ningún nivel específico de ningún nutriente. Se evaluó dosis alta, media y baja de varias fuentes comerciales que ya vienen especificadas para cacao independientemente que el suelo tenga alto o bajo contenido de nutrientes por este motivo no se realizó un análisis de suelo ya que se tomó como referencia los análisis ya nombrados y la extracción de nutrientes del cultivo de cacao para realizar los respectivos planes de fertilización. La fertilización foliar se la se realizó de forma mensual con un coctel compuesto por fitorreguladores, aminoácidos, micro nutrientes y extractos de algas, en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>. La fertilización edáfica fue realizada según los fraccionamientos propuesto en cada tratamiento. A continuación, se muestran las fertilizaciones edáficas realizadas.

**Cuadro 3 3.** Fertilización aplicada en el mes de agosto.

Tratamiento	Descripción
T1	Ferticacao 33 g/planta
T2	Ferticacao 67 g/planta
T3	Ferticacao 100 g/planta
T4	Ecocacao 33 g/planta
T5	Ecocacao 67 g/planta
T6	Ecocacao 100 g/planta

T7	Seoscacao 33 g/planta
T8	Seoscacao 67 g/planta
T9	Seoscacao 100 g/planta
T10	Yaramilla Integrador 33 g/planta
T11	Yaramilla Integrador 67 g/planta
T12	Yaramilla Integrador 100 g/planta
T13	Novatec Premium 33 g/planta
T14	Novatec Premium 67 g/planta
T15	Novatec Premium 100 g/planta
T16	Novatec Premium 400 g/planta una vez/año
T17	Novatec Premium 0 g/planta dos veces/año
T18	Novatec Premium 0 g/planta cuatro veces/año
T19	Testigo absoluto

**Fuente:** Autor.

**Cuadro 3.4.** Fertilización aplicada en el mes de octubre.

Tratamiento	Descripción
T1	Ferticacao 33 g/planta
T2	Ferticacao 67 g/planta
T3	Ferticacao 100 g/planta
T4	Ecocacao 33 g/planta
T5	Ecocacao 67 g/planta
T6	Ecocacao 100 g/planta
T7	Seoscacao 33 g/planta
T8	Seoscacao 67 g/planta
T9	Seoscacao 100 g/planta
T10	Yaramilla Integrador 33 g/planta
T11	Yaramilla Integrador 67 g/planta
T12	Yaramilla Integrador 100 g/planta
T13	Novatec Premium 33 g/planta
T14	Novatec Premium 67 g/planta
T15	Novatec Premium 100 g/planta
T16	Novatec Premium 0 g/planta una vez/año
T17	Novatec Premium 200g/planta dos veces/año
T18	Novatec Premium 100 g/planta cuatro veces/año
T19	Testigo absoluto

**Fuente:** Autor.

**Cuadro 3.5.** Fertilización aplicada en el mes de diciembre.

Tratamiento	Descripción
T1	Ferticacao 33 g/planta
T2	Ferticacao 67 g/planta
T3	Ferticacao 100 g/planta
T4	Ecocacao 33 g/planta
T5	Ecocacao 67 g/planta
T6	Ecocacao 100 g/planta

T7	Seoscacao 33 g/planta
T8	Seoscacao 67 g/planta
T9	Seoscacao 100 g/planta
T10	Yaramilla Integrador 33 g/planta
T11	Yaramilla Integrador 67 g/planta
T12	Yaramilla Integrador 100 g/planta
T13	Novatec Premium 33 g/planta
T14	Novatec Premium 67 g/planta
T15	Novatec Premium 100 g/planta
T16	Novatec Premium 0 g/planta
T17	Novatec Premium 200g/planta
T18	Novatec Premium 100 g/planta
T19	Testigo absoluto

Fuente: Autor.

**cuadro 3.6.** Fertilización aplicada en el mes de febrero - abril.

Tratamiento	Descripción
T1	Ferticacao 33 g/planta
T2	Ferticacao 67 g/planta
T3	Ferticacao 100 g/planta
T4	Ecocacao 33 g/planta
T5	Ecocacao 67 g/planta
T6	Ecocacao 100 g/planta
T7	Seoscacao 33 g/planta
T8	Seoscacao 67 g/planta
T9	Seoscacao 100 g/planta
T10	Yaramilla Integrador 33 g/planta
T11	Yaramilla Integrador 67 g/planta
T12	Yaramilla Integrador 100 g/planta
T13	Novatec Premium 33 g/planta
T14	Novatec Premium 67 g/planta
T15	Novatec Premium 100 g/planta
T16	Novatec Premium 0 g/planta
T17	Novatec Premium 0 g/planta
T18	Novatec Premium 100 g/planta
T19	Testigo absoluto

Fuente: Autor.

**Cuadro 3.7.** Fertilización aplicada en el mes de junio.

Tratamiento	Descripción
T1	Ferticacao 33 g/planta
T2	Ferticacao 67 g/planta
T3	Ferticacao 100 g/planta
T4	Ecocacao 33 g/planta
T5	Ecocacao 67 g/planta
T6	Ecocacao 100 g/planta
T7	Seoscacao 33 g/planta
T8	Seoscacao 67 g/planta

T9	Seoscacao 100 g/planta
T10	Yaramilla Integrador 33 g/planta
T11	Yaramilla Integrador 67 g/planta
T12	Yaramilla Integrador 100 g/planta
T13	Novatec Premium 33 g/planta
T14	Novatec Premium 67 g/planta
T15	Novatec Premium 100 g/planta
T16	Novatec Premium 0 g/planta
T17	Novatec Premium 0 g/planta
T18	Novatec Premium 0 g/planta
T19	Testigo absoluto

---

Fuente: Autor.

#### **3.9.4. PODA DE MANTENIMIENTO**

Se realizó cortes en las ramas laterales y despunto cada dos meses con tijeras de podar.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estadígrafo que se indican en la tabla (4.1) muestran el promedio de rendimiento de grano seco ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), en la cual el contraste ortogonal de medias entre tratamientos de fertilización, producto Novatec Premium 1, 2 y 4 aplicaciones al año y el tratamiento productor ( $T_1-T_{18}$  vs  $T_{19}$ ) mostro el mayor incremento (%) , resaltando Novatec Premiun  $888 \text{ kg ha}^{-1}$  1 A/A, Novatec Premiun  $888 \text{ kg ha}^{-1}$ . Yaramila Integrador  $1332 \text{ kg ha}^{-1}$  , Yaramila Intregrador  $444 \text{ kg ha}^{-1}$  , Ecocacao  $1323 \text{ kg ha}^{-1}$ , Ferticacao  $1323 \text{ kg ha}^{-1}$  , presentando un incremento mayor al 50% con respecto al productor que obtuvo el rendimiento más bajo con  $1625 \text{ kg ha}^{-1}$  . Por lo contario los contrastes ortogonales de Medias entre tratamientos de fertilización y producto Novatec Premium 1,2,4 aplicaciones al año ( $T_1-T_{17}$  vs  $T_{18}$ ), ( $T_1-T_{16}$  vs  $T_{17}$ ), ( $T_1-T_{15}$  vs  $T_{16}$ ), no presentaron incremento (%). Los resultados muestran que la fertilización es determinante en varias frecuencias al año, ya que incrementa considerablemente el rendimiento del cacao.

**Tabla 4.1.** Incremento porcentual del rendimiento de grano seco en cacao CCN-51 con varios tratamientos de fertilización en relación a la fertilización desarrollada por el productor y el producto Novatec Premium con 1, 2 y 4 aplicaciones al año, en la zona de Eloy Alfaro, Chone, Manabí, Ecuador. 2020.

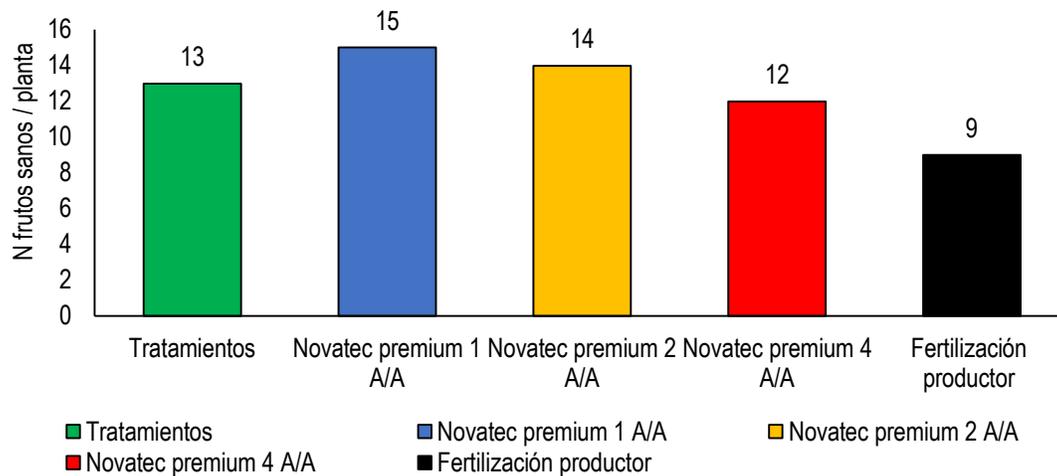
Tratamientos	Fuentes	Dosis (kg/ha/año)	Rendimiento de cacao seco (kg ha <sup>-1</sup> )	Incremento de rendimiento (%) en relación al testigo productor	Incremento de rendimiento (%) en relación al novatec 4 A/A	Incremento de rendimiento (%) en relación al novatec 2 A/A	Incremento de rendimiento (%) en relación al novatec 1 A/A
1		444	2453,32	34	-10	-25	-38
2	Ferticacao	888	2825,87	42	5	-9	-20
3		1332	<b>3538,74</b>	<b>54</b>	24	13	4
4		444	2738,13	41	2	-12	-24
5	Ecocacao	888	2730,37	40	1	-12	-24
6		1332	<b>3273,29</b>	<b>50</b>	18	6	-4
7		444	2492,60	35	-8	-23	-36
8	Seos cacao	888	2758,52	41	2	-11	-23
9		1332	2579,41	37	-4	-19	-31
10		444	<b>3416,57</b>	<b>52</b>	21	10	1
11	Yara integrador	888	2965,49	45	9	-4	-14
12		1332	<b>3229,66</b>	<b>50</b>	17	5	-5
13		444	3006,22	46	10	-2	-13
14	Novatec premium	888	<b>3368,29</b>	<b>52</b>	20	9	-1
15		1332	3212,38	49	16	4	-6
16		Novatec premium 1 aplicación/año	888	<b>3391,92</b>	<b>52</b>	21	9
17	Novatec premium 2 aplicación/año	888	3070,46	47	12		
18	Novatec premium 4 aplicación/año	888	2691,04	40			
19	Fertilización productor	444	1625,49				

El análisis de varianza de la (tabla 4.2) de las variables, Frutos sanos por planta, frutos enfermos por planta, frutos cherelles por planta, peso de granos por planta (kg) y rendimiento de cacao seco (kg ha<sup>-1</sup>), como respuesta del cacao CCN-51 a varias fuentes y dosis de fertilizantes comerciales, mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), en el contraste fertilización productor vs. Tratamientos, en las variables frutos sanos por planta, peso de granos por planta (kg) y rendimiento de cacao seco (kg ha<sup>-1</sup>), sin embargo no hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las variables, frutos enfermos por plantas, frutos cherelles por planta en ninguna de las fuentes de variación. No hubo significancia estadística ( $p < 0.05$ ) en las fuentes de variación: fuentes, dosis, fuentes x dosis, ni en los contrastes 1, 2 y 3 en ninguna de las variables.

**Tabla 4.2.** Significancia estadística de las variables evaluadas como respuesta del cacao CCN-51 a varias fuentes y dosis de fertilizantes comerciales, en la zona de Eloy Alfaro, Chone, Manabí, Ecuador. 2020.

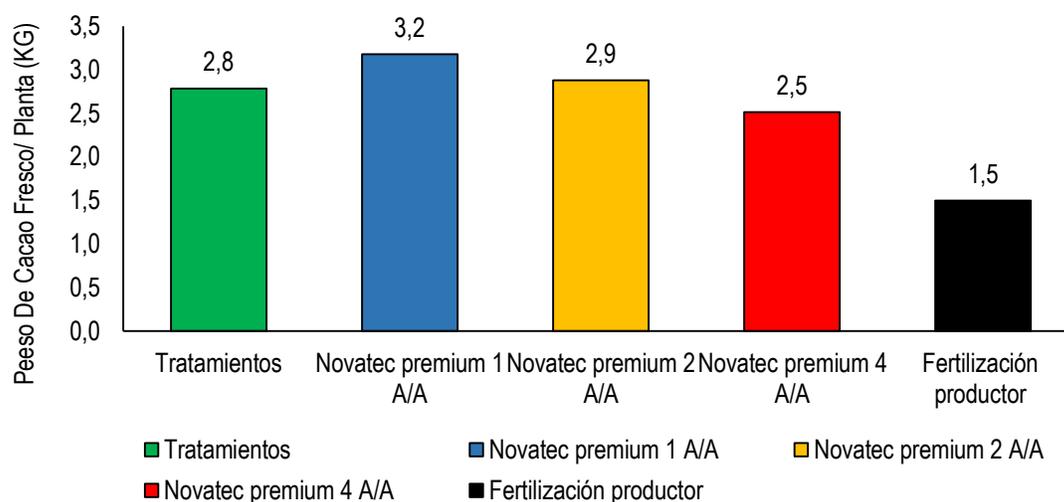
Fuente de variación	p-valor ANOVA = $\alpha \leq 0,05$				
	Frutos sanos por planta	Frutos enfermos por planta	Frutos cherelles por planta	Peso de granos por planta (kg)	Rendimiento de cacao seco (kg ha <sup>-1</sup> )
Fuentes	0,1997	0,2114	0,0395	0,0812	0,0804
Dosis	0,6844	0,4514	0,6909	0,1508	0,1506
Fuentes x dosis	0,2810	0,3642	0,6612	0,3704	0,3741
Contraste 1: Novatec premium 1/año vs. Tratamientos	0,0623	0,9677	0,7695	0,1425	0,1417
Contraste 2: Novatec premium 2/año vs. Tratamientos	0,4815	0,5180	0,4526	0,726	0,7279
Contraste 3: Novatec premium 4/año vs. Tratamientos	0,4619	0,5714	0,4362	0,3256	0,3198
Contraste 4: Fertilización Productor vs. Tratamientos	0,0043	0,8749	0,2101	<0,0001	<0,0001
C.V. %	18,27	15,39	17,33	16,06	16,06

En La figura 4.1 se evidencia las diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) en la variable números de frutos sanos/planta, donde la aplicación de Novatec Premium 1 A/A obtuvo 15 frutos/planta, en contraste con la fertilización del productor que apenas alcanzó 9 frutos sanos/planta.



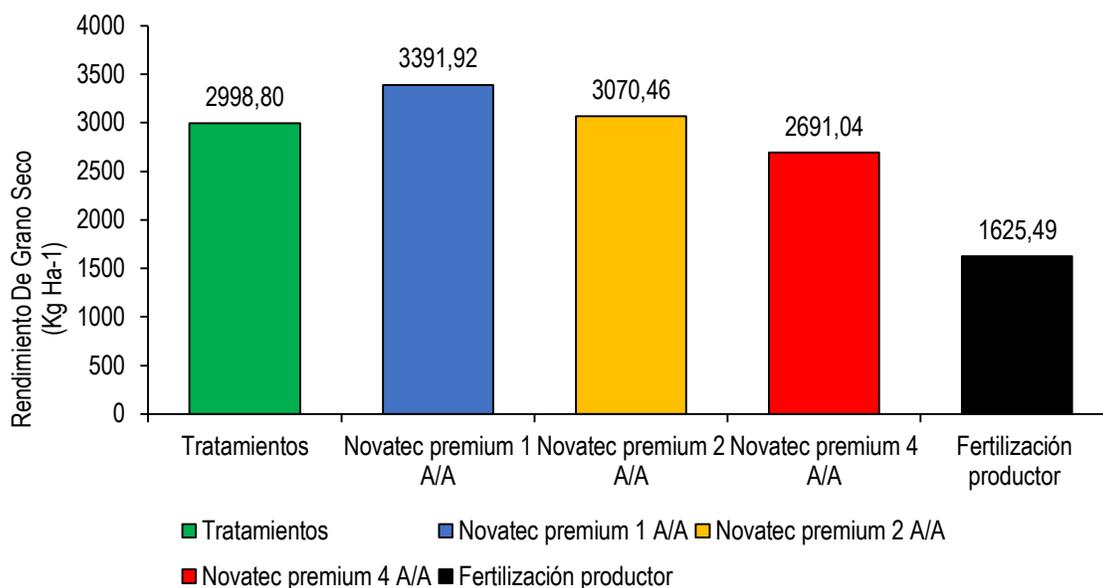
**Figura 4.1.** Comparaciones ortogonales entre medias de los tratamientos de fertilización, la fertilización del productor y la fertilización con novatec premium con 1, 2 y 4 aplicaciones por año.

En lo referente a la variable peso de cacao fresco/planta (kg), en la figura 4.2 se observa diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ), destacándose significativamente Novatec Premium 1 A/A y la fertilización del productor, con valores de 3,2 kg y 1,5 kg, respectivamente.



**Figura 4.2.** Comparaciones ortogonales entre medias de los tratamientos de fertilización, la fertilización del productor y la fertilización con novatec premium con 1, 2 y 4 aplicaciones por año (A/A).

La figura 4.3 se evidencia que hay diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) en la variable rendimiento de grano seco ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), en la cual la fertilización del productor obtuvo el menor valor de 1625,49 kg, y el Novatec Premium con 1 aplicación por año alcanzó el valor más alto con 3391,92 kg.



**Figura 4.3.** Comparaciones ortogonales entre medias de los tratamientos de fertilización, la fertilización del productor y la fertilización con novatec premium con 1, 2 y 4 aplicaciones por año.

La figura 4.4 se observa el rendimiento de grano seco ( $t\ ha^{-1}$ ) del cacao CCN-51 en función de las fuentes nutricionales, Yara integrador y Novatec Premium alcanzaron los mayores valores, ambos con 3.20 toneladas, mientras que el testigo obtuvo el menor valor, con 1.63 toneladas.

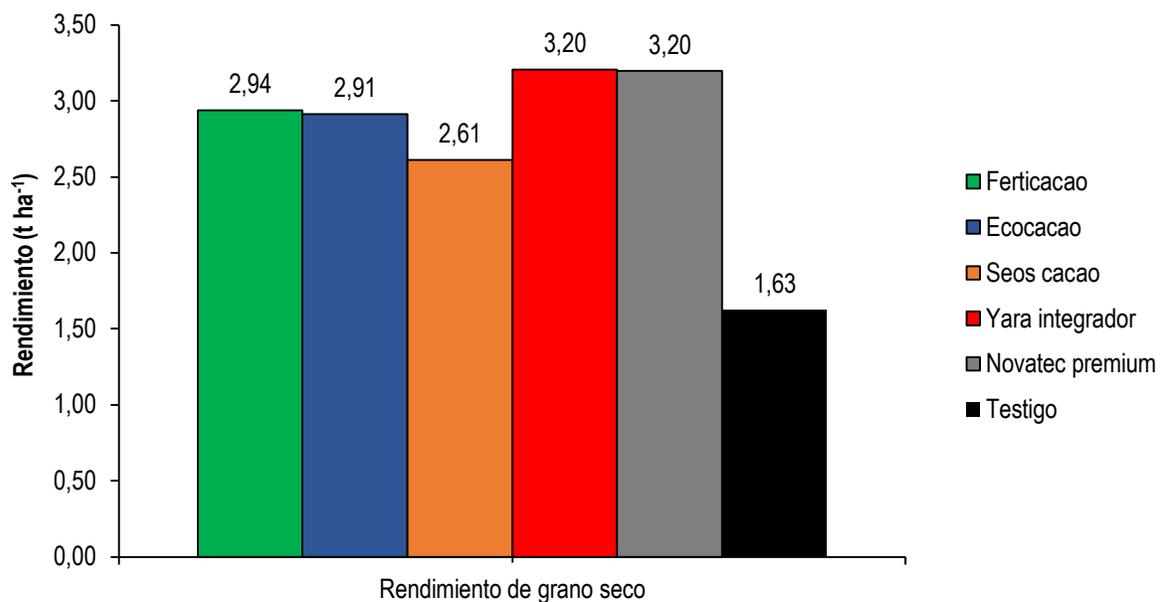
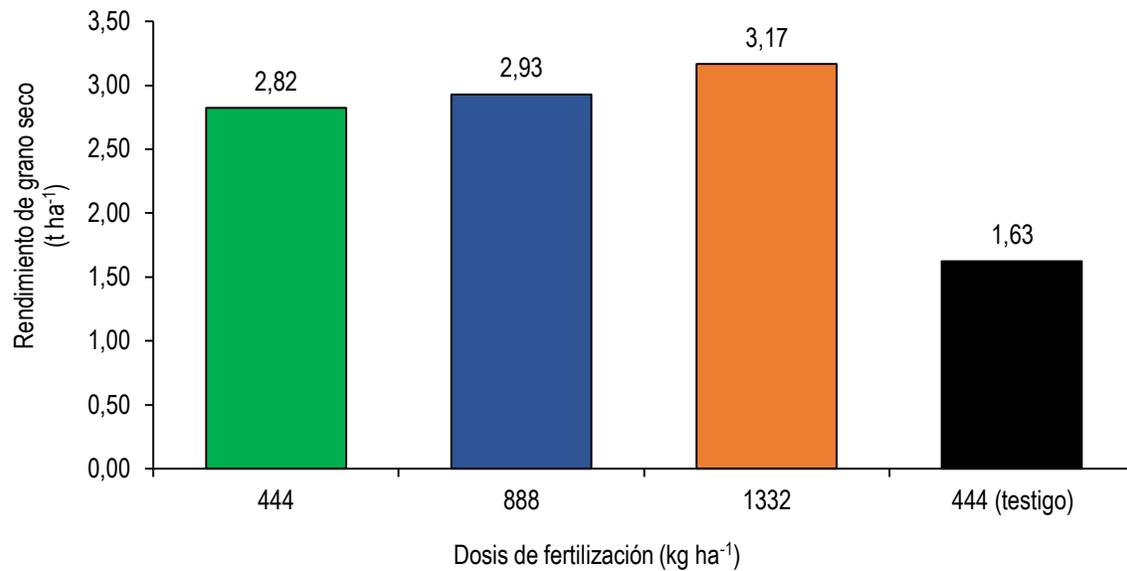


Figura 4.4. Rendimiento de grano seco del cacao CCN-51 en función de fuentes nutricionales.

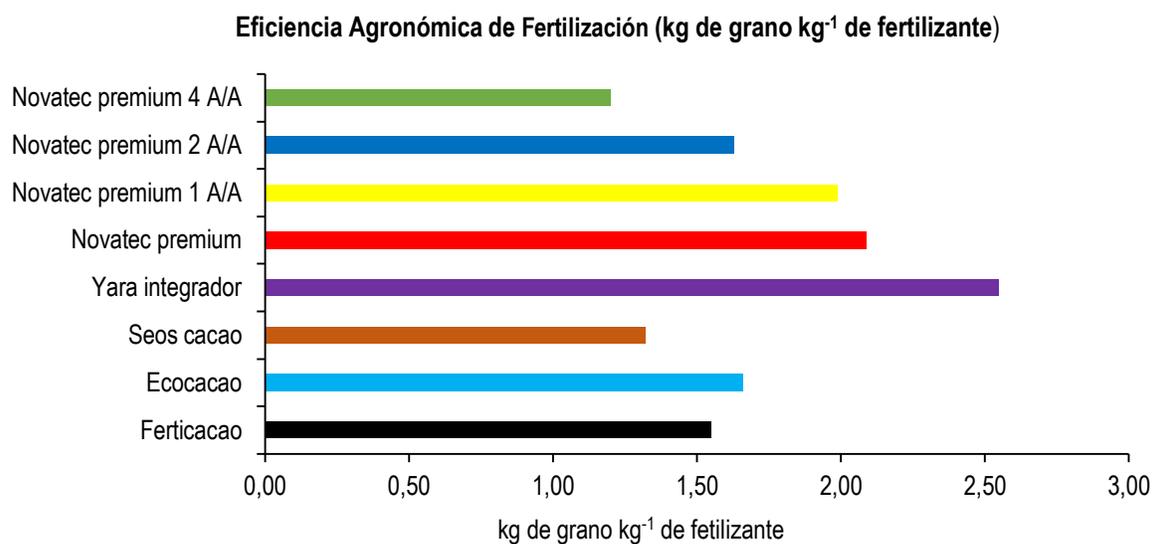
La figura 4.5 muestra el rendimiento de grano seco ( $t\ ha^{-1}$ ) del cacao CCN-51 en función de la fertilización, en la cual con dosis de  $1332\ kg\ ha^{-1}$  experimento el rendimiento más alto de 3.17 toneladas, mientras que el testigo apenas obtuvo 1.63 toneladas.



**Figura 4.5.** Rendimiento de grano seco del cacao CCN-51 en función de dosis de fertilización.

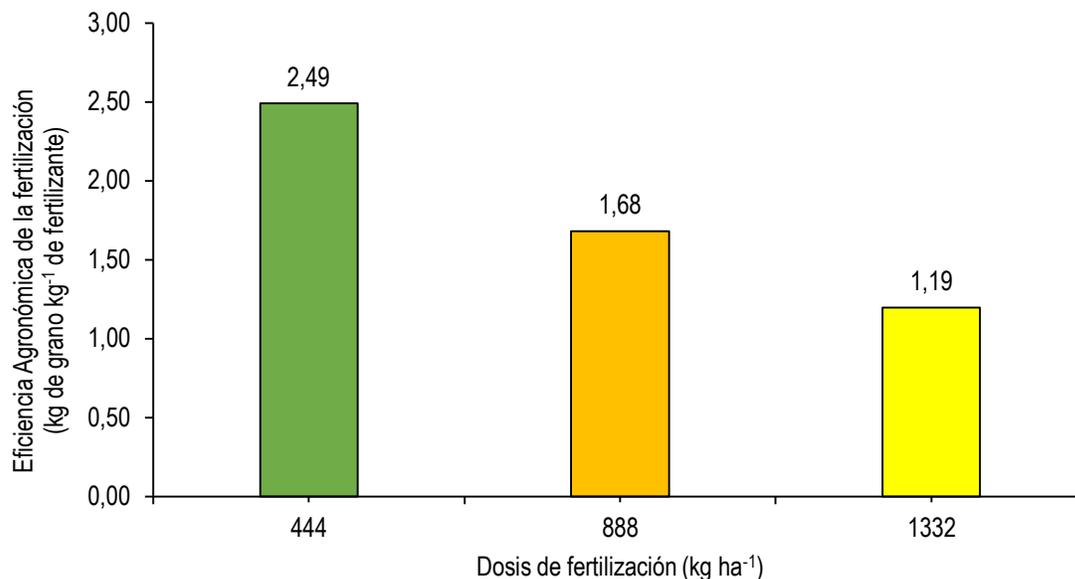
#### 4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA AGRONÓMICA

La figura 4.6 se revela la Eficiencia Agronómica de Fertilización ( $EA_F$ ) en la cual los fertilizantes que alcanzaron mayor eficiencia fueron Yaramila Integrador con 2.55 kg y Novatec Premium con 2.09 kg, y los que obtuvieron menor eficiencia agronómica fueron Novatec Premium 4 A/A con 1.2 kg y Seos Cacao con 1.32 kg.



**Figura 4.6.** Eficiencia agronómica de la fertilización ( $EA_F$ ) del cacao CCN-51 en función de fuentes nutricionales.

La figura (4.7) indica la eficiencia agronómica de fertilización (EAF) del cacao CCN-51 en función por dosis de fertilización, siendo la más baja de 444 kg ha<sup>-1</sup> la más eficiente.



**Figura 4.7.** Eficiencia agronómica de la fertilización (EAF) del cacao CCN-51 en función de dosis de fertilización.

## 4.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico realizado a base de beneficios netos (diferencia entre los incrementos de los costos que varían y el incremento de la productividad de los tratamientos en relación al testigo productor) indicó que el tratamiento 4 (444 kg de Ecocacao ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) obtuvo el mayor beneficio neto de 5199 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y un incremento neto económico del 81.16% con 2738 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en relación al testigo que solo tuvo 985 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de beneficio neto y un rendimiento de apenas 1625 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (**Tabla 4.3**).

**Tabla 4.3.** Análisis económico de la fertilización del cacao CCN-51. Eloy Alfaro, Chone, Ecuador, 2020.

Tratamientos	Costos totales	Costos que no varían en los tratamientos. Cf = Riego, podas, control de malezas y fungicidas	Costo que varía por fertilización (US\$ ha <sup>-1</sup> ). Cqv = costo de fertilizantes y bioestimulantes, fertilización y aplicación de bioestimulantes	Incremento de los costos que varían con respecto al testigo (US \$ ha <sup>-1</sup> ): lccv = Cqv n - Cqv 19	Rendimiento (qq ha <sup>-1</sup> ). RTn	Incrementos de los rendimientos respecto al testigo (qq ha <sup>-1</sup> ). IR = RTn - RT4	Precio unitario de venta (US \$ qq <sup>-1</sup> ): Pc	Incremento de los ingresos en relación al testigo (US \$ ha <sup>-1</sup> ). ling = IR * Pc	Ingresos totales (US \$ ha <sup>-1</sup> ). IT = RTn * Pc	Beneficio neto del uso de la fertilización (US \$ ha <sup>-1</sup> ).BNT n = ling - lccv
<b>Beneficio económico neto en El Morro</b>										
T1	1802,64	1000	802,64	267,36	53,97	18,21	90	1639	4858	1372
T2	2051,28	1000	1051,28	516,00	62,17	26,41	90	2377	5595	1861
T3	2299,92	1000	1299,92	764,64	77,85	42,09	90	3788	7007	<b>3024</b>
T4	1758,24	1000	758,24	222,96	60,24	60,24	90	5421	5421	<b>5199</b>
T5	1962,48	1000	962,48	427,20	60,07	24,31	90	2188	5406	1760
T6	2166,72	1000	1166,72	631,44	72,01	36,25	90	3263	6481	2631
T7	1815,96	1000	815,96	280,68	54,84	19,08	90	1717	4935	1436
T8	2077,92	1000	1077,92	542,64	60,69	24,93	90	2243	5462	1701
T9	2339,88	1000	1339,88	804,60	56,75	20,99	90	1889	5107	1084
T10	1887,89	1000	887,89	352,61	75,16	39,40	90	3546	6765	3194
T11	2221,78	1000	1221,78	686,50	65,24	29,48	90	2653	5872	1967
T12	2555,66	1000	1555,66	1020,38	71,05	35,29	90	3176	6395	2156
T13	2131,20	1000	1131,20	595,92	66,14	30,38	90	2734	5952	2138
T14	2708,40	1000	1708,40	1173,12	74,10	38,34	90	3451	6669	2278
T15	3285,60	1000	2285,60	1750,32	70,67	34,91	90	3142	6361	1392
T16	2588,40	1000	1588,40	1053,12	74,62	38,86	90	3498	6716	2444
T17	2612,40	1000	1612,40	1077,12	67,55	31,79	90	2861	6080	1784
T18	2660,40	1000	1660,40	1125,12	59,20	23,44	90	2110	5328	985
T19	1535,28	1000	535,28	0	35,76	0	90	0	3218	0

### 4.3. DISCUSIÓN GENERAL

Los resultados de la investigación permiten afirmar que la fertilización en base a compuestos de macro y micros nutrientes, incrementan considerablemente el rendimiento de granos seco  $\text{ha}^{-1}$ . En este sentido los resultados coinciden con los de López y Saldarriaga (2018), quienes reportan que la fertilización equilibrada de macro y micronutrientes conjuntamente con fitoreguladores es determinante para incrementar el rendimiento y rentabilidad del cultivo de cacao. También guardan similitud con lo de Cedeño y Vera (2017) obtuvieron la mayor cantidad de frutos sanos, peso fresco por planta y rendimiento de grano seco  $\text{ha}^{-1}$   $\text{año}^{-1}$  con dosis de 450 kg de N, 100 kg de S, 10 kg de micronutrientes y 0.5 L  $\text{ha}^{-1}$  de un fitoregulador a base de auxinas, giberelinas y citocininas.

En cuanto a la eficiencia agronómica, la mayor se la obtuvo con la dosis baja de 444 ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) con 2.49 ( $\text{kg de grano seco kg}^{-1}$  de fertilizante) estos resultados discrepan con los de Ruales et al. (2011) quienes obtuvieron mayor eficiencia agronómica de 1.6 ( $\text{kg de grano seco kg}^{-1}$  de fertilizante) en la dosis alta de 1200 ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), y de igual forma con los de Puentes et al. (2014) que en dosis alta obtuvieron mayor eficiencia.

Finalmente, los resultados económicos encontrados contrastan con los de Cedeño y Vera (2017), López y Saldarriaga (2018), quienes mayor beneficio económico con dosis altas de fertilización balanceada.

# **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CONCLUSIONES**

- El rendimiento del cacao CCN-51 no fue afectado por las dosis de fertilización evaluadas, independientemente de los fertilizantes probados, por lo que la menor dosis probada puede ser suficiente para la producción de grano bajo las condiciones edafoclimáticas donde ese desarrolló el experimento.
- La dosis biológica y económica más eficiente fue lograda con 444 kg ha<sup>-1</sup> del fertilizante el Ecocacao Plus, con un beneficio económico neto de 5199 USD ha<sup>-1</sup>.
- La mayor eficiencia agronómica de la fertilización en función de las fuentes fue lograda con Yaramilla integrador, mientras que, en función de los niveles probados, la dosis de 444 kg ha<sup>-1</sup> fue más eficiente.

## **RECOMENDACIONES**

- Utilizar la dosis de 444 kg ha<sup>-1</sup> de Ecocaco Plus para la fertilización del cacao CCN-51 en zonas productoras de la parroquia Eloy Alfaro del cantón Chone.
- Replicar en ensayo en densidad normal 1111 plantas ha<sup>-1</sup>.
- Los resultados indican la necesidad de aplicar la fertilización balanceada en dosis óptimas, con fertilizantes compuestos de bajo costo, en diferentes frecuencias de aplicación, para incrementar rendimiento y rentabilidad del cultivo de cacao.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anecacao (Asociación Nacional De Exportadores De Cacao-Ecuador). 2017. El cacao y la economía. Revista Especializada en CACAO 13va. edición I. Quevedo. Ecuador. 9 pp. Consultado en línea (agosto 20 del 2019). Disponible en: <http://www.anecacao.comseptiembre/2017.pdf>
- Anecacao (Asociación Nacional De Exportadores De Cacao-Ecuador). 2016. Riego y drenaje del Cacao. Consultado en línea (julio 20 del 2019). Disponible en: <http://www.anecacao.com>
- Arvelo, M., González, D., Marelo, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). Manual Técnico del cultivo de Cacao prácticas Latinoamericanas. San José C.R.: IICA. Consultado en línea (agosto 20 del 2019). Disponible en: <https://agroavances.com>
- AGRIZON (Empresa que importa y comercializa fertilizantes agrícolas). 2020. Yaramila Integrador, Novatec Premium. Ficha técnica. Guayaquil, Ecuador.
- Barriga, Menjivar, & Mite. (23 de 06 de 2006). Validación del manejo de la nutrición por sitio específico en una plantación de cacao en la provincia de Guayas, Ecuador. Recuperado el 3 de 02 de 2021. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co>
- Cedeño, D. y Vera, E. 2017. Efectividad de varias combinaciones de nitrógeno, azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao Nacional. Tesis de Ing. Agrícola. ESPAM MFL, Calceta, Ecuador. 81 p
- FERMAGRI (Empresa que importa y comercializa fertilizantes agrícolas). 2018. Ferticao Plus. Ficha Técnica. Guayaquil, Ecuador.
- FEDECACAO (Federación Nacional De Cacaoteros). 2013. Guía ambiental para el cultivo del cacao. Segunda edición. Consultado en línea (julio 20 del 2019). Disponible en: <https://www.fedecacao.com.co>
- FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. Dirección Estadística, Producción de Cultivos. Consultado en línea (abril 20 del 2020). Disponible en: <http://faostat3.fao.org>

- Giusti, M. 2015. Manejo agroecológico del cacao. Consultado en línea (Julio 11 del 2019). Disponible en <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php>
- ICCO (INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION). 2015. Reporte anual de estadística del cacao. Consultado en línea (20 de mayo de 2019). Disponible en: <http://www.icco.org>
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). s.f. Estado actual de la fertilidad de los suelos en la provincia de Manabí. Consultado en línea (diciembre 8 del 2020). Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/pdf>
- INFOAGRO. 2015. El cultivo del Cacao. Consultado en línea (julio 20 del 2019). Disponible en: <http://www.infoagro.com>
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo). 2015. Procesador de Estadísticas Agropecuarias, Cacao almendra seca, superficie plantada pro variedad. Consultado en línea (julio 20 del 2019). Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- La Colina (Empresa de agro tecnología para el sector agrícola, pecuario, acuícola e industrial). 2019. Ecocao Plus. Ficha Técnica. Guayaquil. Ecuador.
- Landa, C .2017. El ambiente y su efecto en la planta del cacao. Consultado en línea (Julio 11 del 2019). Disponible en: <https://www.latribuna.hn>
- Leiva, E. 2012. Aspectos para la nutrición del cacao Theobroma cacao L. Consultado en línea (julio 10 del 2019). Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co>
- López, R y Saldarriaga, V. 2018. Efecto de la fertilización con n, s, micronutrientes y fitoreguladores sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional en el valle del rio carrizal. Tesis de Ing. Agrícola. ESPAM MFL, Calceta, Ecuador. 58 p
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2017. Boletín situacional del cultivo de cacao. Sistema de información pública agropecuaria. Quito, Ecuador. 6 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2016. Protocolo Pos cosecha para determinación de Índices de Mazorca en Cacao. Quito. Ecuador. 14 p.

- Morales, F.; Carrillo, M.; Ferreira, J.; Peña, M.; Briones, W. y Albán, M. 2018. Cadena de comercialización del cacao nacional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Ciencia y Tecnología* 11(1): 63-69.
- Motato, N. y Pincay, J. 2015. Calidad de los suelos y aguas para riego en áreas cacaoteras de Manabí. *La técnica* 14: 6 – 23.
- Puentes, Y.; Menjivar, J.; Aránzazu, F. 2014. Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Bioagro*, 26(2), 99-106. Recuperado en 13 de julio de 2019, de <http://ve.scielo.org/scielo.ph>
- Quingaísa, Eugenia. 2007. Consultoría realizada para la FAO y el IICA en el marco del estudio conjunto sobre los productos de calidad vinculada al origen, “Estudio de caso: denominación de origen “cacao arriba.” Quito Ecuador.
- Rodríguez, D. y Fusco, M. 2017. Gestión de riesgos agropecuarios en el sector del cacao en Ecuador. *Revista de Investigación en Modelos Financieros* 1(1).57-74.
- Santos, A. y Aguilar, D. 2013. Área de fertilidad de suelos. IRENAT, Mx. L. Disponible en [www.fertilidad.com](http://www.fertilidad.com), link, Fertilización foliar. Un respaldo importante en el Rendimiento de los Cultivos.
- Torrez, L. 2012. Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico. Consultado en línea (Julio 10 del 2019). Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec>
- Uribe, Méndez, y Mantilla. (2000). Efectos de niveles de Nitrógeno, Fosforo y Potasio en la producción de Cacao en Colombia. *Suelos Ecuatoriales. Actas Agronómicas*, 4-7
- Vikingos (Empresa importadora de Insumos Agrícolas). 2019. Seos Cacao. Ficha Técnica. Guayaquil, Ecuador
- Ruales, J.; Burbano, H. y Ballesteros, W. 2011. Efecto de la fertilización con diversas fuentes sobre el rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas* 28(2): 81 – 94.

# **ANEXOS**



**Foto 1. Fertilización Edáfica**



**Foto 2. Toma de datos**



**Foto 3. Corte de mazorcas**



**Foto 4. Peso de granos**



**Foto 5. Fumigación foliar**



**Foto 6. Resultados de la fertilización**



Foto 7. Resultados de fertilización



Foto 8. Novatec Premium



Foto 9. Ferticacao plus



Foto 10. Ecocacao plus



Foto 11. Seos cacao



Foto 12. Yaramilla integrador

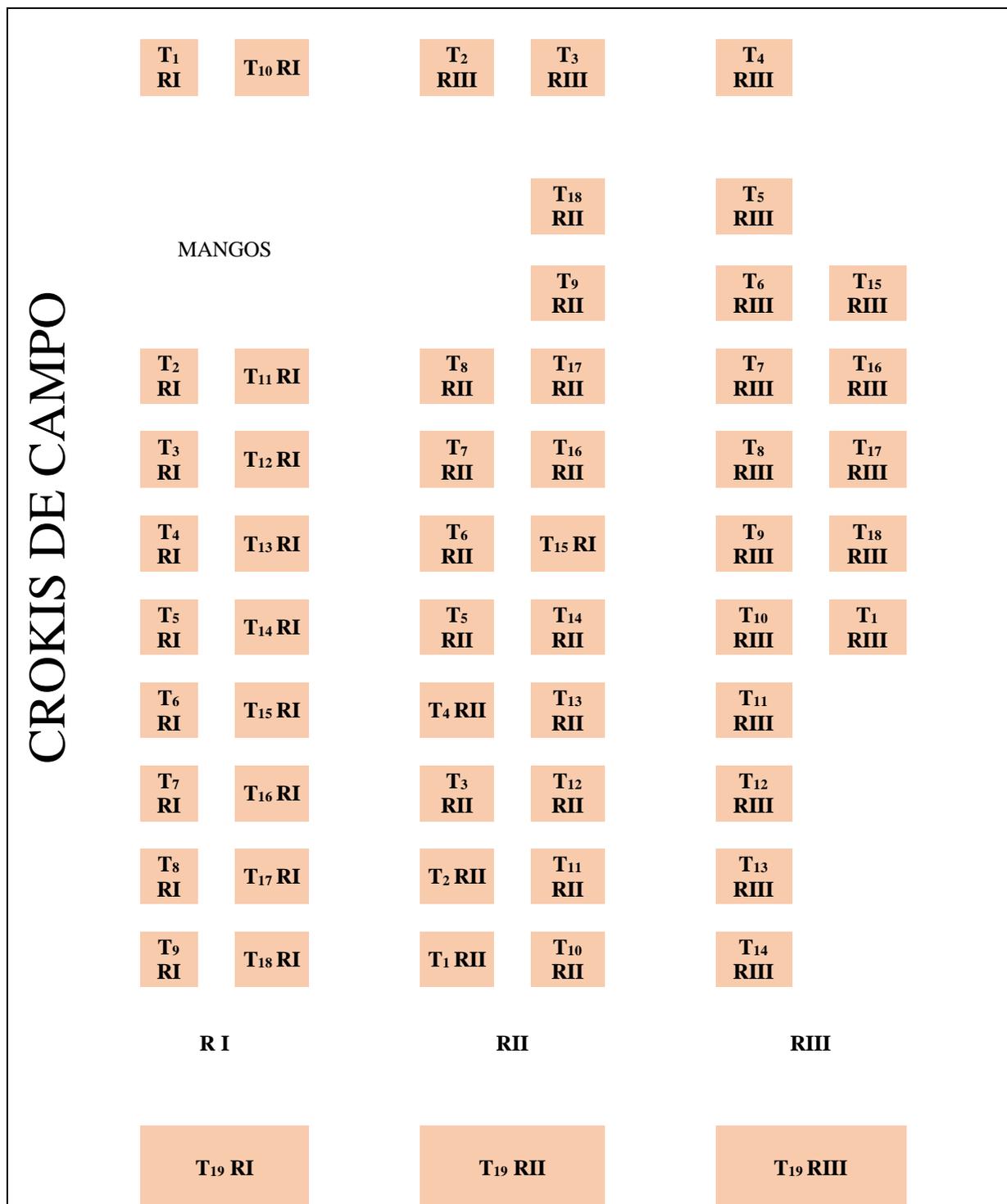


Foto 13. Croquis