



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

CARRERA AGRÍCOLA

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

TEMA:

**EFFECTIVIDAD DE VARIAS COMBINACIONES DE NITRÓGENO,
AZUFRE, ZINC, MANGANESO, BORO Y FITOHORMONAS
SOBRE EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CACAO
NACIONAL**

AUTORES:

**CEDEÑO LOOR DIÓGENES ALEJANDRO
VERA CALDERÓN EDWIN JAIR**

TUTOR:

ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA M.Sc.

CALCETA, NOVIEMBRE 2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Diógenes Alejandro Cedeño Loor y **Edwin Jair Vera Calderón**, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

.....
DIÓGENES A. CEDEÑO LOOR

.....
EDWIN J. VERA CALDERÓN

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Galo Alexander Cedeño García certifica haber tutelado la tesis **EFFECTIVIDAD DE VARIAS COMBINACIONES DE NITRÓGENO, AZUFRE, ZINC, MANGANESO, BORO Y FITOHORMONAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CACAO NACIONAL**, que ha sido desarrollada por Diógenes Alejandro Cedeño Loor y Edwin Jair Vera Calderón, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL**, de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **EFFECTIVIDAD DE VARIAS COMBINACIONES DE NITRÓGENO, AZUFRE, ZINC, MANGANESO, BORO Y FITOHORMONAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CACAO NACIONAL**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Diógenes Alejandro Cedeño Loor y Edwin Jair Vera Calderón, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....

ING. ÁNGEL F. CEDEÑO SACÓN, MG.

MIEMBRO

.....

ING. FABRICIO E. ALCÍVAR INTRIAGO, MG.

MIEMBRO

.....

ING. GONZALO B. CONSTANTE TUBAY, MG.

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día,

A Dios, por las bendiciones que nos brinda diariamente, permitiéndonos crecer personal y profesionalmente, y por sobre todo por continuar dándonos la oportunidad de compartir con nuestras familias y seres queridos.

A nuestros padres, que son el pilar fundamental de nuestras vidas, quienes constantemente nos han brindado su apoyo y estarán siempre a nuestro lado incondicionalmente.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Agrícola por confiar en nuestras habilidades y brindarnos sus conocimientos para enriquecer los nuestros, en especial agradecer al Ing. Galo Cedeño, por la ayuda incondicional, comprensión, amistad y amabilidad que siempre nos ofreció.

LOS AUTORES

DEDICATORIA

A mi esposa M. Isabel Matilla Blanco, por apoyarme constantemente durante mi formación profesional, a quien le dedico todo el esfuerzo que he puesto para la realización de este trabajo de tesis, ya que gracias a su esfuerzo y cariño pude culminar mi carrera profesional con éxito.

A mis hijas e hijo y demás familiares, vecinos, allegados y otras amistades que estuvieron presentes en este largo proceso.

DIÓGENES A. CEDEÑO LOOR

DEDICATORIA

A mi mamá Ángela Calderón Santos, hermanos y hermanas que desde Quito han apoyado permanentemente y apostado por mi formación profesional, a quienes les dedico todo el esfuerzo que he puesto para la realización de este trabajo de tesis.

A mis demás familiares, vecinos, allegados que de una u otra manera me impulsaron para alcanzar esta meta.

EDWIN J. VERA CALDERÓN

CONTENIDO GENERAL

CARÁTULA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA.....	vii
CONTENIDO GENERAL.....	viii
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS	x
RESUMEN.....	xi
PALABRAS CLAVE.....	xi
ABSTRACT	xii
KEY WORDS.....	xii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	4
1.3. OBJETIVOS.....	6
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.4. HIPÓTESIS.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO.....	7
2.1.1. ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO	8
2.1.2. ENFERMEDADES DEL CULTIVO	10
2.2. FERTILIZACIÓN BALANCEADA Y BALANCE DE NUTRIENTES EN CACAO	10
2.3. LOS NUTRIENTES EN LAS PLANTAS	12
2.3.1. EL NITRÓGENO (N).....	13
2.3.2. EL AZUFRE (S)	14
2.3.3. EL MANGANESO (Mn)	15
2.3.4. EL ZINC (Zn)	16
2.3.5. EL BORO (B)	16
2.4. LOS BIORREGULADORES EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	18
2.5. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	19
2.5.1. CUANTITATIVO Y CUALITATIVO	19
2.6. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EN FINCA.....	19
2.6.1. EL TRABAJO DE CAMPO	19
2.7. INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO	20
2.7.1. LAS FICHAS.....	20
2.8. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA INFOESTAT	21
2.8.1. PROCESO.....	21
2.9. DISEÑO ORTOGONAL DE TAGUCHI	22
2.10. EVALUACIÓN AGROECONÓMICA	23
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	24
3.1. LOCALIZACIÓN.....	24
3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS	24
3.3. DURACIÓN.....	25
3.4. MATERIAL VEGETAL	25
3.5. FACTORES EN ESTUDIO	25
3.6. VARIABLES RESPUESTA	27
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL	27
3.7.1. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	28
3.7.2. ANÁLISIS DE DATOS.....	28
3.7.3. DISEÑO DEL ÁREA:.....	30
3.8. ACTIVIDADES DEL CULTIVO	32
3.9. ANÁLISIS ECONÓMICO	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34

4.1.	DETERMINACIÓN LA COMBINACIÓN OPTIMA DE NITRÓGENO, AZUFRE, ZINC, MANGANESO, BORO Y FITOHORMONAS QUE INCREMENTAN EL RENDIMIENTO DEL CACAO NACIONAL.....	34
4.1.1.	VARIABLES FITOSANITARIAS.....	34
4.2.	MEDICIÓN EL EFECTO DE LAS COMBINACIONES DE NITRÓGENO, AZUFRE, ZINC, MANGANESO, BORO Y FITOHORMONAS SOBRE LA INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN CACAO NACIONAL.....	37
4.2.1.	VARIABLES DEL COMPONENTE RENDIMIENTO.....	37
4.3.	DISCUSIÓN.....	45
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		48
5.1.	CONCLUSIONES.....	49
5.2.	RECOMENDACIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....		51
ANEXOS.....		60
ANEXO 1.....		61
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL SUELO.....		61
ANEXO 2.....		63
PROCESO DE LA EVOLUCION DE LOS FERTILIZANTES APLICADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO (CACAO).....		63
ANEXO 2.1. ESTADO INICIAL DEL ÁREA EN ESTUDIO.....		64
ANEXO 2.2. DESMALEZADO DE LAS PLANTAS.....		64
ANEXO 2.3. PESAJE Y MESCLA DE FERTILIZANTES.....		65
ANEXO 2.4. PRODUCTOS UTILIZADOS EN LA FERTILIZACIÓN.....		65
ANEXO 2.5. DESCHUPONADO DE PLANTAS.....		66
ANEXO 2.5.1. DESCHUPONADO DE PLANTAS.....		66
ANEXO 2.6. LIMPIEZA DE LA CORONA DE LAS PLANTAS (PREVIO A LA FERTILIZACIÓN).....		67
ANEXO 2.7. PLANTA EN PRODUCCIÓN ÓPTIMA.....		67
ANEXO 2.8. FERTILIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....		68
ANEXO 2.9. TOMA DE DATOS DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO (PRODUCCIÓN).....		68
ANEXO 2.10. TOMA DE DATOS DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO (ESCOBA VEGETATIVAS).....		69

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 1. Exportaciones de cacao / Valor FOB. Por: Proecuador (2013).....	7
Figura 2. Influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitoreguladores sobre el número de frutos enfermos en cacao nacional.	34
Figura 3. Según Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 3 y 4 dándonos (A2B2C2D3) (combinación óptima de fertilización) sobre el número de frutos enfermos en cacao.	35
Figura 4. Influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitoreguladores sobre el número de escobas vegetativas en cacao nacional.....	36
Figura 5. Según Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 2 y 7 dándonos (A3B1C2D2) (combinación óptima de fertilización) sobre el número de escobas vegetativas en cacao nacional.	36
Figura 6. Influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitoreguladores sobre el número de frutos cherelles en cacao nacional.	37
Figura 7. Según Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 8 y 9 dándonos (A3B2C2D1) (combinación óptima de fertilización) sobre el número de frutos cherelles en cacao nacional.....	38
Figura 8. Influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitoreguladores sobre el número de frutos sanos en cacao nacional.	39
Figura 9. Según Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 8 y 9 dándonos (A3B2C2D1) (combinación óptima de fertilización) sobre el número de frutos sanos en cacao nacional.....	39
Figura 10. Influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitoreguladores sobre el peso fresco de granos/planta en cacao nacional.	40
Figura 11. Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 8 y 9 dándonos (A3B2C2D1) (combinación óptima de fertilización) sobre el peso fresco de granos/planta en cacao nacional.....	41
Figura 12. Influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitoreguladores sobre el rendimiento de granos seco/ha en cacao nacional.	42
Figura 13. Según Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 8 y 9 dándonos (A3B2C2D1) (combinación óptima de fertilización) sobre el rendimiento de granos seco/planta en cacao nacional.	42
Figura 14. Según Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 8 y 9 dándonos (A3B2C2D1) (combinación óptima de fertilización) sobre el rendimiento (qq/ha) en cacao nacional.	43
Figura 15. Beneficio neto de las diferentes combinaciones de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitoreguladores en cacao Nacional	45

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue comprobar la efectividad de varias combinaciones de nitrógeno, azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas en el rendimiento y la rentabilidad del cacao Nacional, en una finca de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM MFL), probando que la fertilización es uno de los parámetros fundamentales en el rendimiento del cultivo de cacao y que el uso de biorreguladores hormonales o fitohormonas permiten mayores densidades de siembra y aceleran la producción de cacao, lo que juntos, incrementan la rentabilidad obtenida por el campesinado manabita. En material vegetal utilizado en el ensayo fue un lote de cacao Nacional EET-103, EET-575 y EET-476, de cinco años, con densidad de 1.111 plantas/ha; realizándose un DBCA con 10 tratamientos y 3 repeticiones, es decir, 30 unidades experimentales. A través del diseño ortogonal de Taguchi, y la herramienta informático-estadística Infostat se obtuvieron resultados sobre el rendimiento en forma gráfica; posteriormente mediante la evaluación agroeconómica se determinó la rentabilidad. Los resultados de la investigación, menor cantidad de frutos enfermos y escobas vegetativas producidas por planta, reflejan la importancia de la nutrición balanceada con macro y micronutrientes en contraste a la fertilización convencional con dosis de NPK pre-establecidos. Además, el mayor rendimiento y beneficio económico se produjo con la combinación óptima: 450, 100, 5 y 5 kg/ha de nitrógeno, azufre, bórax y sulfato de Zn, respectivamente, más la aplicación foliar del fitorregulador a base de auxinas, giberelinas y citocininas en dosis de 0.5 L/ha.

PALABRAS CLAVE

Cacao fino de aroma, Combinaciones de macro-micro nutrientes, Fitohormonas, Taguchi, Evaluación agroeconómica

ABSTRACT

The objective of this research was to verify the effectiveness of several combinations of nitrogen, sulfur, zinc, manganese, boron and phytohormones in the benefit and cost effectiveness of the National Cocoa, in a farm of Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM MFL), proving that fertilization is one of the fundamental parameters in cocoa crops benefit and that the use of hormonal bioregulators or phytohormones allow higher planting densities and accelerate cocoa production, which together increase the cost effectiveness obtained by the farmers of Manabi. In plant material used in the trial was a portion of EET-103, EET-575 and EET-476 National cocoa, five years old, with a density of 1,111 plants / ha; realize a DBCA with 10 treatments and 3 replicates, that is, 30 experimental units. Through the orthogonal design of Taguchi, and the computer-statistical tool Infostat, results were obtained on the performance in graphical form; later, through the agro economic evaluation, the profitability was determined. The results of the research, lower number of diseased fruits and vegetative brooms produced per plant, reflect the importance of balanced nutrition with macro and micronutrients in contrast to conventional fertilization with pre-established doses of NPK. In addition, the highest yield and economic benefit was obtained with the optimum combination: 450, 100, 5 and 5 kg / ha of nitrogen, sulfur, borax and Zn sulfate, respectively, plus the foliar application of the auxin-based phytohormone, gibberellins and cytokinins at doses of 0.5 L / ha.

KEY WORDS

Fine scent cocoa, Combinations of macro-micro nutrients, Phytohormones, Taguchi, Agro-economic evaluation

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La ubicación geográfica en la que se encuentra Ecuador, -atravesado por la línea ecuatorial, la cordillera de los Andes y la selva amazónica- le permite tener más horas luz por año y disponer de fuentes de agua pura, lo que la hace apta para cultivar cacao de diferentes variedades. Entre estos se destaca el Cacao Fino y de Aroma, ingrediente indispensable en la elaboración de chocolates selectos y gourmets, a nivel internacional.

El cacao (*Theobroma cacao; L*), según Amores *et al.* (2010), posee características distintivas de aromas y sabores florales, frutales, nueces, almendras y especias que lo hacen único. Todos estos detalles de sabor y aroma están en función del origen genético del grano, que se logra con el adecuado manejo postcosecha, sumado a condiciones naturales de suelo, clima, temperatura y luminosidad que convergen en el territorio ecuatoriano (PRO ECUADOR, 2013).

En los diferentes Boletines situacionales que publica el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y pesca (MAGAP) (2013; 2014) sobre cacao, considera a Ecuador líder mundial en la producción y exportación de cacao fino y de aroma, puesto que más del 70% de la producción de esta variedad de cacao se encuentra establecida en el país. Según estos boletines, existen plantadas y cultivadas en la actualidad 508.885 has, de las cuales la mayor parte están establecidas en las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí y Esmeraldas, con 108.868, 105.462, 97.799 y 51.734 has, respectivamente.

El Gobierno Nacional reconoce la importancia de este rubro en la economía, por eso desde el 2012 y a través del MAGAP, impulsa su cultivo con criterios de calidad. Calidad que, convertida en política de Estado, es asumida por la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro

(AGROCALIDAD), con el propósito de fortalecer los nichos de mercados especiales, especialmente los de la exportación.

El reconocimiento de la calidad del cacao ecuatoriano a nivel internacional por su sabor y aroma, no se corresponde con el análisis de productividad dado que el país presenta los más bajos rendimientos de la región, junto con Brasil y Colombia, alcanzado tan solo un promedio de 0.44 Tm/ha, en comparación con Venezuela, Bolivia y Perú que registran rendimientos promedios de 0.52, 0.56 y 0.73 Tm/ha, respectivamente (MAGAP, 2013; FAOSTAT, 2015).

La provincia del Guayas, en concreto, registra el mayor rendimiento con 0.63 Tm/ha, seguida por Los Ríos con 0.49 Tm/ha, mientras que Esmeraldas y Manabí registran los menores rendimientos con 0.36 y 0.22 Tm/ha (MAGAP, 2013). Estas diferencias en rendimiento dentro del territorio ecuatoriano, se deben a que en Guayas y Los Ríos existe una mayor área cultivada de cacao de la variedad CCN-51, el mismo que presenta mayor potencial productivo que los tradicionales cacaos del complejo Nacional, mientras que en Manabí y Esmeraldas prevalecen estos últimos, además los bajos rendimientos registrados en Ecuador, se debe a una serie de factores tales como la escasa inversión en tecnología, inadecuado manejo agronómico del cultivo, uso inadecuado del material de siembra, etc. Sin embargo, al parecer uno de los factores que más limita la producción de cacao, es la incidencia constante de problemas fitosanitarios, puesto que, según estadísticas oficiales, en el año 2013 se reportó una pérdida de 16287 has, solo por causa de problemas fitosanitarios (INEC, 2015).

Sumado a lo anteriormente descrito, se conoce que las enfermedades como la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y mazorca negra (*Phytophthora* sp.), son responsables de la pérdida del 50 al 60% del potencial productivo de una huerta de cacao (Amores *et al.*, 2010; Pico *et al.*, 2012). Por otra parte, los suelos cacaoteros de Manabí y especialmente los valles del río carrizal, 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 (Motato *et al.*, 2015). Por

los motivos anteriormente descritos, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Puede la combinación equilibrada de nitrógeno, azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas incrementar el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional que se produce en el valle del río Carrizal?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Amparados en la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES 2010) que en su Art. 125 menciona que, en los programas y cursos de vinculación con la sociedad, las Instituciones de Educación Superior (IES), realizarán programas y cursos de vinculación con la sociedad, guiados por el personal académico. Considerando también, el Art. 2 del Reglamento de Tesis que expresa que: “todo tema de tesis de grado estará relacionado con las líneas de investigación de la carrera del postulante, enmarcado en la áreas y prioridades de investigación establecidas por la ESPAM MFL en concordancia con el Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV 2013-2017); los autores justifican la presente investigación en su parte académica.

En su parte técnica, atendiendo a lo expresado por el MAGAP (2013), el sector cacaoero ecuatoriano es muy relevante ecológica, económica y socialmente. La importancia económica del cultivo de cacao radica en su aporte de divisas al Estado y en la generación de ingresos para las familias y otros actores de la cadena productiva. De ahí que en el Proyecto de Reactivación del Cacao Nacional Fino y de Aroma que se inició en julio del 2012 perseguía el objetivo de “reactivar al sector productivo de Cacao Nacional Fino y de Aroma, contribuyendo a reposicionar y consolidar el buen nombre del Ecuador como productor del mejor cacao del mundo, además de promover la productividad, rentabilidad, investigación, mejoramiento de la calidad e institucionalidad de la cadena de valor”.

En el ámbito productivo, el mismo MAGAP indica que hay que renovar 284 mil hectáreas y establecer 70 mil nuevas en reemplazo de cacaotales viejos y menos rentables. Entre las causas de baja rentabilidad, en el valle del río Carrizal, se encuentran los problemas fitosanitarios, pero en especial la falta de nutrientes del suelo, que presenta un balance claramente deficitario.

Los autores de la presente investigación mantienen que la fertilización es uno de los parámetros más importantes que determinan el rendimiento del cultivo

de cacao. Además, el uso de biorreguladores hormonales o fitohormonas va a permitir mayores densidades de siembra y acelerar la producción de cacao. Los dos elementos juntos, harán aumentar la rentabilidad de este producto para el campesinado manabita.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comprobar la efectividad de varias combinaciones de nitrógeno, azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas sobre el rendimiento y la rentabilidad del cacao Nacional.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la combinación óptima de nitrógeno, azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas que incrementan el rendimiento del cacao nacional
- Medir el efecto de las combinaciones de nitrógeno, azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas sobre la incidencia de enfermedades en cacao nacional
- Realizar un análisis económico en términos de rentabilidad, a los tratamientos propuestos

1.4. HIPÓTESIS

La combinación equilibrada de nitrógeno, azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas incrementará significativamente el rendimiento y la rentabilidad del cacao nacional en el valle del río Carrizal.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO

El cacao (*Theobroma cacao; L*) es una especie originaria de los bosques tropicales húmedos de América del sur, sus almendras constituyen el alimento básico para la industria del chocolate, cosmética, farmacéutica y otros derivados. Es originario de la cuenca alta del Amazonas y tradicionalmente cultivado en los países productores y vendidos a la exportación en forma de habas.

En un documento denominado: *Análisis Sectorial del Cacao y Elaborados*, publicado por Proecuador se indica que el cacao es uno de los principales productos ecuatorianos de exportación, siendo en el 2010 el quinto producto más exportado, dentro de las exportaciones no petroleras.

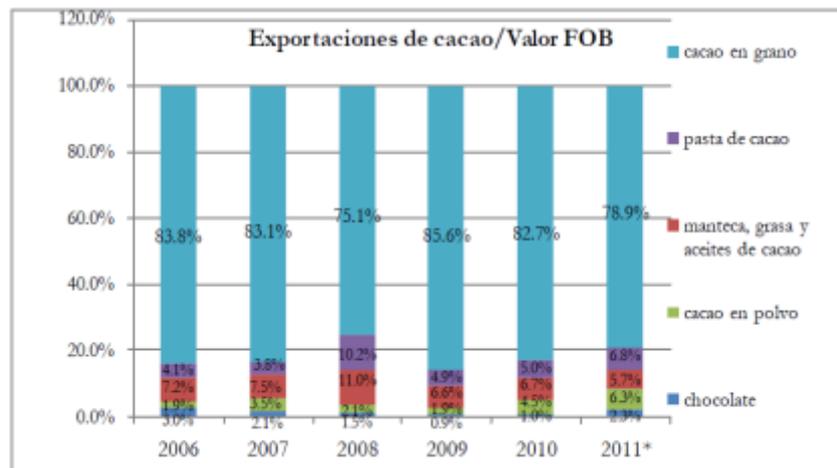


Figura 1. Exportaciones de cacao / Valor FOB. Por: Proecuador (2013).

Los principales productos derivados de la cadena productiva del cacao que se comercializan en el mercado interno y externo son: semilla del cacao, cacao en grano y los cuatro productos intermedios (el licor de cacao, manteca de cacao, pasta de cacao y cacao en polvo), y el chocolate como producto terminado. (PROECUADOR, 2013).

La transformación del cacao para la fabricación de productos terminados o semi acabados (manteca de cacao, licor de cacao, cacao en polvo, chocolate, entre otros) se efectúa, mayoritariamente, en los países importadores.

La mayoría de países donde se cultiva cacao, lo producen de forma tradicional y con rendimientos bajos. Algunos estudios efectuados en Colombia por Fedecacao (2008), considera que la baja productividad en los cultivos de cacao se debe, principalmente, a la falta de tecnificación, que se traduce en ausencia de labores culturales tales como fertilización, riego, drenaje y siembras (renovaciones), en un 99% de las fincas.

Esta misma situación puede asumirse en Ecuador, donde Leiva *et al.* (2012) considera que la principal estrategia para obtener estos rendimientos es ubicar el cultivo en óptimas condiciones agroecológicas y aplicar fertilización. De hecho, cuando el nivel tecnológico se eleva, la productividad puede duplicarse y hasta triplicarse. Entre las estrategias de mejoramiento tecnológico se destacan el uso de clones mejorados de cacao, de riego, podas sanitarias y abonamiento suficiente, acorde con la demanda del cultivar (Amores, 2008).

2.1.1. ECOFISIOLOGIA DEL CULTIVO

Los parámetros más importantes determinantes del rendimiento en cacao están relacionados con: (i) intercepción de luz, fotosíntesis y capacidad de distribución de fotoasimilados, (ii) respiración de mantenimiento y (iii) morfología de mazorcas y fermentación de semillas, eventos que pueden ser modificados por factores abióticos (Zuidema *et al.*, 2005). Entre los factores climáticos que más influyen los procesos fisiológicos, desarrollo y producción del cacao son la luz, temperatura y la lluvia, puesto que estos factores son considerados como críticos en procesos de fotosíntesis, respiración y relaciones hídricas de la planta de cacao (Enríquez, 2006).

El cacao se establece bajo sombra de árboles forestales o como monocultivo sin sombra. Las plántulas muestran inicialmente un crecimiento ortotrópico con emisión foliar relativamente independiente del clima. La fase de madurez comienza con la emisión de ramas plagiotrópicas que forman la copa del árbol. En esta etapa los factores ambientales ejercen una gran influencia en el desarrollo de la planta. El crecimiento y desarrollo del cacao son altamente dependientes de la temperatura, lo que afecta principalmente al crecimiento vegetativo, a la floración y al desarrollo de los frutos (De Almeida y Valle, 2007).

La inundación del suelo disminuye el área foliar, la conductancia estomática y las tasas fotosintéticas, además de inducir la formación de lenticelas y raíces adventicias. Para la mayoría de los genotipos, la resistencia a la sequía se asocia con el ajuste osmótico (de Almeida y Valle, 2007). El cacao produce flores caulescentes, que comienzan a abrirse a última hora de la tarde y están completamente abiertas al principio de la mañana siguiente, liberando el polen a un estigma receptivo. Flores no polinizadas 24-36 h después de la antesis, son abortadas. El porcentaje de flores que fructifican está en el rango 0.5 - el 5% (Aneja et al., 1999; Hasenstein y Zavada, 2001).

El cacao es una especie tolerante a la sombra, en la cual el sombreado apropiado conduce a tasas relativamente altas de fotosíntesis, crecimiento y rendimiento de granos. Sin embargo, la sombra excesiva reduce el rendimiento de grano y aumenta la incidencia de enfermedades. De hecho, los rendimientos de cacao y la interceptación de luz están estrechamente relacionados cuando la disponibilidad de nutrientes no es limitante. La alta producción del cacao a plena exposición solar requiere altos insumos en la protección y nutrición del cultivo. La radiación anual y las precipitaciones durante la estación seca explican el 70% de las variaciones en los rendimientos anuales de grano (Acheampong et al., 2012).

2.1.2. ENFERMEDADES DEL CULTIVO

Tal como hemos indicado, el cacao se considera una planta exigente en nutrientes afectando al nivel de los mismos: el material genético, grado de sombra, la edad de la planta, el drenaje y sobre todo el control de plagas y enfermedades. La presencia de enfermedades principales tales como la “escoba de bruja” *Crinipellis pernicioso*, *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora palmivora* distorsionan el crecimiento de flores, frutos y ramas, afectando la producción.

Según Batista (2009), las enfermedades del cacao se caracterizan por lo siguiente:

- **La Moniliasis** causada por el hongo *Moniliophthora roreri* se caracteriza por dañar frutos en cualquier estado de desarrollo. El síntoma inicial es la deformación de frutos jóvenes y al cabo de unos días manifiesta unas manchas marrones en el fruto. Afecta a todas las especies del género *Theobroma* y *Herrania*.
- **La Escoba de Bruja** (*Crinipellis pernicioso*) del cacao, afecta cojines florales, brotes, hojas, y frutos. El patógeno afecta todo el tejido meristemático activamente en crecimiento, resultando como consecuencia de ello una hipertrofia. (Arévalo, 2003).
- **La Pudrición parda o mazorca negra:** enfermedad causada por el hongo *Phytophthora palmivora* (Butl) y *P. capsici* (leoniam). Ambos producen pudrición en frutos; pudiendo también infectar otras partes de la planta, como hojas, chupones, cojines florales, tallo y raíces; pero el daño crítico es aquel que se producen en los frutos.

2.2. FERTILIZACIÓN BALANCEADA Y BALANCE DE NUTRIENTES EN CACAO

La fertilización balanceada comprende el desarrollo de la mejor práctica de manejo para la producción de cultivos económicamente rentables y de forma

sustentable para el sistema en el tiempo. Primeramente, se refiere al aporte necesario de nutrientes al sistema productivo, conforme a la demanda de los cultivos en la unidad de superficie, enmarcada en la oferta completa y balanceada de nutrientes, maximizando la interacción sinérgica entre ellos, permitiendo expresar al cultivo su máximo potencial genético, con un esquema rentable, sustentable, que proteja el medio ambiente (Petri y Toribio, 2009).

El balance de nutrientes es la diferencia entre las cantidades de nutrientes aplicadas y removidas de un sistema de producción. Se puede estimar en distintas escalas espaciales (lote, establecimiento, región, país) y temporales (cultivo anual, toda una secuencia de rotación, etc.). En general, los balances se estiman sobre la reserva total de nutrientes del suelo, bajo el concepto de "caja negra", es decir sin considerar las transformaciones de los nutrientes y sus fracciones dentro del suelo (García y González, 2013).

Entre los parámetros más importantes que determinan el rendimiento en este cultivo se pueden citar la intercepción de luz, la tasa de fotosíntesis, la respiración, la morfología del fruto, el proceso de fermentación de las semillas y la disponibilidad hídrica. La fertilización deficiente es uno de los factores limitantes en la producción de cacao. La disponibilidad, la absorción y la distribución de nutrientes esenciales en la planta, así como la absorción de estos están relacionados con su tasa de crecimiento y son los factores que ejercen mayor influencia sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de cacao (Puentes *et al.*, 2014).

En este sentido algunos experimentos han demostrado que la respuesta a la fertilización en cacao depende del sistema de producción. El cacao a plena exposición solar experimenta mayores tasas fotosintéticas, por lo que la demanda de nutrientes es mayor y por ende la respuesta a la fertilización (Uribe *et al.*, 2000). No obstante, el cacao como especie no tolera altas radiaciones, por lo que sugiere la necesidad de sombra en alrededor del 60%

más aún si no se maneja una adecuada fertilización y riego. Experimentos conducidos en Colombia demostraron que la fertilización adecuada del cacao a plena exposición es rentable y que los rendimientos se sostienen a través del tiempo (Uribe *et al.*, 2000).

2.3. LOS NUTRIENTES EN LAS PLANTAS

Amores *et al* (2009), reportan los nutrientes absorbidos en cultivos de cacao de Ecuador, por una tonelada métrica de almendras de cacao Nacional fermentado y seco Cuadro 1. La gran proporción de nutrientes presentes en la cáscara de la mazorca, obliga a asegurar su retorno al cultivo con el fin de que el cacao se beneficie de los nutrientes que contiene.

	Kg/ha						g/ha				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
Cáscara	9,1	2,5	39,4	8,7	4,3	1,5	28,8	35,9	8,8	32,5	58,7
Almendras	15,8	7,3	8,9	3,6	3,7	1,2	20,6	33,8	16,8	50,3	17,6
Maguey	0,4	0,1	0,7	0,2	0,1	0	0,9	0,7	0,4	3,5	0,4
TOTAL	25	9,9	49	13	8,1	2,7	50	70,4	26	86,3	76,7

Cuadro 1. Nutrientes absorbidos por una tonelada métrica de almendras de cacao seco y fermentado de la variedad Nacional (Ecuador). Fuente: Amores *et al.*, 2009

La práctica de fertilización, principalmente nitrogenada y fosfatada, debe ser evaluada integralmente, considerando no sólo el rendimiento del cultivo y la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, sino también la composición y comportamiento de la biota, a fin de no inhibir estos procesos biológicos ni estimular la dependencia de insumos externos en estos sistemas (Amores *et al.*, 2009).

En Manabí, según investigaciones se reportó que los suelos de los valles de los ríos Portoviejo, Carrizal y Chone, tienen bajos contenidos de nitrógeno, azufre,

boro, zinc y manganeso, razón por lo cual se deben direccionar las investigaciones a solucionar estos problemas puntuales (Motato y Pincay, 2015).

2.3.1. EL NITRÓGENO (N)

Últimamente se ha percibido la importancia de las interacciones “nitrógeno-carbono-clima” y se han planteado inquietudes acerca de los efectos de la disponibilidad del nitrógeno (N) en el secuestro de carbono (C) en la biósfera terrestre y las implicaciones de este proceso en la mitigación del cambio climático. Si se considera el vínculo entre el N y C en la materia orgánica del suelo y el vínculo entre el ciclo del N y del C, es claro en que los agrónomos y los científicos del suelo juegan un importante papel frente a los significativos desafíos provenientes de las presiones agronómicas y ambientales asociadas con el crecimiento de la población mundial, tanto desde la perspectiva económica de corto plazo, como de la perspectiva de sostenibilidad a largo plazo (Snyder, 2009).

Para las plantas la disponibilidad de nitrógeno (N) es el principal limitante en la productividad de los cultivos, que junto con otros nutrientes determinan el crecimiento vegetal. Para incrementar la disponibilidad de este nutriente y mejorar la productividad de los cultivos, se introducen al suelo fertilizantes químicos, aunque su utilización es crítica para la producción de alimentos, hoy en día se ha convertido en una práctica costosa y que acarrea serias consecuencias ambientales (Snyder, 2009).

Las plantas absorben la mayoría del N en forma de iones amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3). Algo de urea se absorbe directamente por las hojas y pequeñas cantidades de N se obtienen de materiales como aminoácidos disueltos en agua (IPNI, 1997). El nitrógeno cumple dos roles básicos en las plantas que son de estructuración y metabólico. Desde el punto de vista estructural el N

está implicado en la formación de órganos de la planta, al ser constituyente esencial de aminoácidos y proteínas que forman las paredes y membranas celulares, así como también la estructura básica de las clorofila y ácidos nucleicos. Desde el punto de vista metabólico el N forma parte de enzimas y hormonas, implicadas en procesos fisiológicos como fotosíntesis, respiración, crecimiento y desarrollo (Taíz y Zeiger, 2006).

2.3.2. EL AZUFRE (S)

El azufre (S) junto con el N, P, K, Ca y Mg, es un macronutriente, es decir un nutriente que los cultivos requieren en mayor proporción. Las necesidades de S son menores que las de N, K y Ca, pero son de la misma magnitud del P y Mg. Como sucede con cualquier nutriente esencial, la producción y calidad de los cultivos pueden afectarse por la falta de S, aun cuando los demás nutrientes estén en cantidades adecuadas en el suelo. Las plantas generalmente pueden absorber S en diversas formas: SO_2 , S-Cisteína y S elemental (S^0), sin embargo, los cultivos absorben mayormente el S del suelo en forma de ion SO_4^- (Carciochi *et al.*, 2015).

La deficiencia de S se caracteriza por una coloración amarillenta en las hojas nuevas. La materia orgánica del suelo es la principal fuente de S, razón por la cual las deficiencias de este nutriente son comunes en suelos pobres en MO, tales como los arenosos, ácidos y aluviales con lluvias excesivas. Desde el punto de vista nutricional, el S es tan importante como el N en los cultivos, debido a que forma aminoácidos, proteínas y enzimas, además de jugar un papel importante en la defensa de las plantas contra plagas y enfermedades (Carciochi *et al.*, 2015).

El S también está involucrado en procesos metabólicos como la fotosíntesis, donde forma parte de las proteínas ferrosulfuradas que participan en el transporte de electrones durante la fase luminosa. Recientemente, se ha demostrado el papel del S en el transporte y detoxificación de metales pesados

en las plantas tales como Cd y Pb, al formar parte de un grupo de proteínas denominadas fitokelatinas implicadas en esta función (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.3.3. EL MANGANESO (Mn)

El Mn está presente en las plantas principalmente en forma divalente Mn (II) y se considera inmóvil dentro de la planta (floema). Su disponibilidad para los cultivos está influenciada por los factores del suelo que intervienen en el proceso de óxido-reducción, generalmente pH, contenido de materia orgánica, estado hídrico del suelo y la actividad microbial (Gómez *et al.*, 2006).

Su disponibilidad es más alta en suelos ácidos debido a la solubilización de los compuestos que contienen Mn. A medida que aumenta el pH se reduce su disponibilidad, ya que por cada aumento en cada unidad de pH la concentración de Mn se reduce 100 veces, por lo tanto, en este tipo de suelos es más probable la deficiencia de este nutriente. El síntoma más significativo de la deficiencia de Mn es la clorosis intervenal asociada con el desarrollo de pequeñas manchas necróticas en las hojas (Azcon-Bieto y Talón, 2008).

La función fisiológica más documentada del Mn en las plantas es la reacción que oxida la molécula de agua durante la reacción luminosa de la fotosíntesis, denominada reacción de Hill o fotólisis. En esta reacción los electrones son liberados por la enzima que oxida el agua, la cual contiene cuatro átomos de Mn y luego son transferidos al fotosistema II (P680) insertado en la membrana tilacoidal del cloroplasto (Kirkby y Romheld, 2008a). Por ello, el Mn es de vital importancia para el proceso fotosintético, dado que esta directamente involucrado en el sistema transportador de electrones necesarios para la fotofosforilación y producción de NADPH₂ y ATP (Taíz y Zeiger, 2006).

El Mn también actúa como activador de la enzima Mn-superóxido dismutasa presente en las mitocondrias. Además, es un importante co-factor de varias enzimas fundamentales para la biosíntesis de metabolitos secundarios de las plantas asociados con la vía del ácido shiquímico, incluyendo aminoácidos aromáticos fenólicos, cumarinas, ligninas y flavonoides (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.3.4. EL ZINC (Zn)

El Zn a diferencia del Fe, Cu, Mn y Mo, es un elemento de transición que no está sujeto a cambios de valencia y está presente en las plantas solamente como ion Zn^{++} . El elemento funciona principalmente como ion divalente en metaloenzimas, algunas de las cuales ligan las enzimas y sus correspondientes sustratos, mientras que en otros casos, el Zn forma complejos tetrahídricos con el N y el O, y particularmente ligados de S en una variedad de compuestos orgánicos (Kirkby y Romheld, 2008b).

Muchas enzimas dependientes del Zn actúan en el metabolismo de los carbohidratos en especial de las hojas donde se desarrolla el proceso fotosintético. El Zn también está implicado en la biosíntesis de auxinas (AIA), dado que al parecer el aminoácido triptófano que participa en el metabolismo de las auxinas, requiere Zn para su formación. Se ha demostrado en cultivos como el maíz, que la aplicación de quelatos de Zn a las semillas puede incrementar el potencial germinativo y vigor de las plántulas (Miguez, 2006). También existe evidencia de que el Zn desempeña un papel importante en la defensa contra patógenos al mantener la estructura e integridad de la membrana y el control de la permeabilidad (Kirkby y Romheld, 2008).

2.3.5. EL BORO (B)

A pesar de haber sido definido como esencial hace más de 80 años, el boro es probablemente el microelemento cuyo papel fisiológico y bioquímico en las plantas es aún poco conocido (Azcón-Bieto y Talón, 2008). Actualmente se

conoce que el B es móvil en el floema de todas las especies que utilizan polioles (azúcares simples) como un metabolito fotosintético primario. En estas especies, un complejo poliol-B-poliol se forma en los tejidos fotosintéticos y es transportado en el floema hacia zonas de acumulación activa, como los meristemas vegetativos o reproductivos (Brown y Hu, 1999). En especies que no producen cantidades significativas de polioles, el B, una vez transportado hasta la hoja a través del flujo transpiratorio, no puede reentrar en el floema, dando como resultado una completa inmovilidad de este elemento en la hoja (Brown y Hu, 1999).

La deficiencia de B afecta muchos procesos fisiológicos de la planta como el transporte de azúcares, síntesis y estructura de la pared celular, lignificación, metabolismo de carbohidratos, metabolismo del RNA, AIA, fenoles y ascorbatos, respiración e integridad de la membrana plasmática. Entre las diversas funciones atribuidas al B en las plantas dos están claramente definidas. La primera es la síntesis de la pared celular, puesto que se ha estimado que el 95% del B en las plantas se encuentra en la pared celular (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

La segunda función importante del B es integridad de la membrana plasmática, dado que, en tejidos deficientes en B, la actividad de la ATPasa, ligada a la membrana plasmática y la tasa de absorción de iones, disminuyen. Las membranas presentan fugas, pero pueden ser rápidamente restauradas por el abastecimiento de este nutriente. Finalmente, otra importante función que desempeña el B en las plantas, es que interviene en la germinación del polen y el alargamiento del tubo polínico, por lo que es de vital importancia para el cuajado del fruto (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.4. LOS BIORREGULADORES EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Actualmente, las hormonas vegetales o biorreguladores ofrecen una magnífica oportunidad para mejorar los sistemas de producción agrícola. Estas sustancias son únicas en su característica de ser absorbidas por el tejido vegetal y transportadas a un sitio de reacción antes de inducir un efecto deseado (Yáñez, 2002). En la agricultura moderna, los bioreguladores son considerados como modificadores de la acción de genes; características de gran valor ya que permiten realizar, avances que tomarían décadas usando las técnicas tradicionales (Ramírez, 2003, Intagri, 2015).

Las hormonas juegan un papel muy importante en la expresión fenotípica de los cultivos ya que estas actúan como mensajeros entre el genómico y el ambiente, por ejemplo, cuando la planta está expuesta a condiciones de sequía o bajos niveles de humedad, se estimula la síntesis del ácido abscísico, el cual actúa sobre la activación de los genes específicos de resistencia a dichas condiciones en el interior de la planta (Yáñez, 2002). El conocimiento generado sobre las hormonas en las plantas es lo que ha orientado a la industria agroquímica a desarrollar formulaciones a base de compuestos hormonales naturales o sintéticos, para aplicarlos a las plantas y manipular sus eventos fisiológicos. De ahí surge el concepto de los biorreguladores hormonales también conocidos como reguladores de crecimiento o fitohormonas (Camargo *et al.*, 2009).

Un biorregulador es un compuesto orgánico que promueve, inhibe o modifica procesos morfológicos y fisiológicos de las plantas cuando son aplicados en pequeñas concentraciones. Las formulaciones de los productos biorreguladores contienen uno o dos compuestos hormonales, cuya acción fisiológica está muy definida para cada evento o proceso fisiológico. Pero lo más importante desde el punto de vista económico, es incrementar la productividad y rentabilidad de los cultivos (Cuesta y Moncada, 2014).

Ya se ha eliminado la era de árboles grandes con poca densidad de plantación y con una gama de cultivares en el mismo huerto en donde el productor, conforme esperaba varios años para obtener su primera producción (Ramírez, 2003). Esta situación ha sido substituida por árboles más compactos, permitiendo aumentar la densidad de plantación por hectárea, misma que con un buen manejo, puede producir considerablemente el tercer o cuarto año de establecida utilizando solo un cultivar por huerto o quizás, dos como máximo cuando se trate de donadores de polen. Lógicamente estas modificaciones también han producido algunos problemas agronómicos, mismos que pueden ser solucionados con el uso biorreguladores (Cuesta y Moncada, 2014).

2.5. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

2.5.1. CUANTITATIVO Y CUALITATIVO

Suárez et al. (2016) argumenta que el método cuantitativo se distingue por medir valores cuantificables, que pueden ser frecuencias, porcentajes, costos, tasas y magnitudes. Permiten examinar los datos de manera numérica, especialmente en el campo de la Estadística.

Con respecto al método cualitativo, es un método de investigación que utiliza descripciones interpretativas (palabras) más que estadísticas (números) para analizar los significados subyacentes y patrones de relaciones sociales (Howen, 2010)

2.6. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EN FINCA

2.6.1. EL TRABAJO DE CAMPO

Tradicionalmente las investigaciones agrícolas eran realizadas en las condiciones de una estación experimental, es decir, en una extensión

delimitada y creada al efecto de estudio, en la que se evaluaban la influencia de factores técnicos, agronómicos y biológicos sobre la productividad agrícola.

En las últimas décadas, según Fano et al (1992), la experimentación en finca de innovaciones supone realizar la investigación en fincas establecidas y en producción, a ser posible, en las que se agregue la opinión de los agricultores. Para él, toda investigación de este tipo, ha de partir del conocimiento de los factores limitantes y la elección de las soluciones técnicamente efectivas, porque cuando en un sistema se cambia un elemento, se está alterando, en menor o mayor intensidad todo el sistema.

2.7. INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Robledo (2010) da a conocer que, en el proceso de la investigación científica, es imprescindible la sustentación documental, independientemente del tipo de investigación de que se trate, por lo tanto, para el acopio y manejo de la información pertinente, se hace necesario la utilización de distintos instrumentos.

2.7.1. LAS FICHAS

En este tema, Castro (2015) define a la ficha como un instrumento en el cual se plasma por escrito información importante que ha encontrado en un proceso de búsqueda de información y que se desea tener al alcance en cualquier momento.

Empleando las palabras de Robledo (2010), alude que las fichas son los instrumentos que permiten el registro e identificación de las fuentes de información, así como el acopio de datos o evidencias, sus funciones son:

- Facilita el registro de información
- Facilita la organización y la clasificación de la información de manera eficiente a través de los ficheros.

- Permite el procesamiento de la información.
- Es un medio adecuado para el registro técnico de las fuentes de información, la elaboración de la bibliografía y las citas de pie de página.
- Sirve para registrar la información destinada a la construcción del marco teórico, para la fundamentación de la hipótesis y también para redactar el informe o reporte final de la investigación.

2.8. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA INFOESTAT

InfoStat es un software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. Cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado. Una de sus fortalezas es la sencillez de su interfaz combinada con capacidades profesionales para el análisis estadístico y el manejo de datos.

Ofrece la posibilidad de implementar de manera casi automática (a través de ventanas de diálogo) una amplia serie de análisis estadísticos. El usuario podrá realizar estadística descriptiva, calcular probabilidades, estimar características poblacionales bajo distintos planes de muestreo, estadística inferencial para una y dos muestras mediante diversos tipos de intervalos de confianza y pruebas de hipótesis (paramétrica y no paramétrica), utilizar modelos de regresión y análisis de varianza para distintos tipos de experimentos diseñados y estudios observacionales, estadística inferencial para datos categorizados, estadística multivariada, análisis de series de tiempo suavizados y ajustes (Infostat, 2017)

2.8.1. PROCESO

InfoStat trabaja con tres tipos de ventanas: la ventana donde se encuentran los datos (Datos), aquella donde se muestran y acumulan los resultados de los

procedimientos solicitados (Resultados) y la ventana donde se muestran y acumulan los gráficos realizados por el usuario (Gráficos). Varias ventanas de datos pueden mantenerse abiertas simultáneamente. En tal caso la ventana activa es aquella que presenta el marco superior coloreado (no gris). Todas las acciones serán ejecutadas sobre la ventana de datos activa.

Las ventanas Resultados y Gráficos contienen una hoja para cada resultado y/o gráfico producido. El usuario puede moverse a través de las distintas hojas haciendo un click sobre las solapas que se encuentran al pie de la ventana y que indexan las salidas (Infostat, 2017).

2.9. DISEÑO ORTOGONAL DE TAGUCHI

El Diseño experimental tiene sus orígenes en los trabajos de Ronald Fisher (1890-1962), desarrollados en la Estación Agrícola Experimental de Rothamsted, en el Reino Unido, donde introdujo el concepto de aleatorización y el análisis de varianza. A lo largo de varias décadas, la teoría del diseño de experimentos y sus aplicaciones se consolidaron y expandieron, y, en años recientes, recibieron un fuerte impulso por las contribuciones de Gen'ichi Taguchi, un estadístico japonés ampliamente conocido en Occidente.

El diseño experimental estudia procesos donde se ingresan diversas variables que interactúan para producir un resultado. Las variables que ingresan al proceso se denominan variables de entrada, y el resultado, variable de salida. La búsqueda de combinaciones óptimas de las variables de entrada da lugar al diseño experimental, que es una prueba (o un conjunto de pruebas) durante la cual se realizan cambios sistemáticos y controlados a las variables de entrada para medir el efecto sobre la variable de salida. El diseño experimental utiliza técnicas como la regresión múltiple, la respuesta superficial y varias extensiones del análisis de varianza (Yakuzzi *et al.*, 2004)

2.10. EVALUACIÓN AGROECONÓMICA

En la mayoría de las investigaciones agrícolas, la utilidad de una técnica se mide únicamente en términos físicos, incremento de rendimientos (toneladas por ha, ...) y es suficiente como justificación para proponer cambios.

La evaluación agronómica de cualquier cambio tecnológico, según Fano *et al* (1992), en base a experimentos en finca, requiere utilizar el método del presupuesto parcial, que es sencillo para cambios que no suponen excesiva asignación de recursos en finca. Tradicionalmente se aplica el concepto económico-financiero denominado tasa marginal de retorno, que se define como:

$$tmr = \frac{IN}{CV} = \frac{\text{cambio en ingresos netos}}{\text{cambio en costos variables}}$$

Lo que significa que una nueva tecnología tendrá mayor potencial económico, cuando el aumento en los ingresos netos sea mayor que el aumento que se produce en los costos variables.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. LOCALIZACIÓN

La investigación se desarrolló en la unidad de docencia, investigación y vinculación de cacao ubicada en del Campus Politécnico de la ESPAM MFL, sitio el Limón, parroquia Calceta y cantón Bolívar, Manabí. El lugar está posicionado geográficamente en las coordenadas: latitud 0° 49' 10" sur; longitud 80° 10' 40" oeste; altitud de 18 msnm. Esta institución cuenta con un área total de 210 ha, de las cuales 17 ha pertenecen a la carrera de Ingeniería Agrícola, y de estas 0,91 ha están sembradas con cacao. Es aquí donde se va a evaluar la efectividad de la fertilización con micro y macro nutrientes (ESPAM – MFL, 2016).

3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS

Cuadro 2. Características edafoclimáticas del campo experimental

DATOS	VALORES MEDIOS
Precipitación medio anual	838,7 mm
Humedad relativa media	78%
Temperatura media anual	25,6 ° C
Heliofanía	1158 horas al año
Velocidad del viento	0.77 m/s
Topografía	Plana
Textura	Franco
pH	5.6 (ligeramente acido)
Materia Orgánica	3,8 (Medio)
N	26 ppm (Medio)
P	28 ppm (Alto)
K	0,61 meq/1000ml (Alto)
Mg	1,1 meq/1000ml

3.3. DURACIÓN

La investigación se desarrolló desde agosto de 2016 a Julio de 2017, con una duración de 12 meses.

3.4. MATERIAL VEGETAL

Se utilizó un lote comercial de cacao de cinco años de edad establecido con un policlon compuesto por los clones de cacao tipo Nacional EET-103, EET-575 y EET-476. Las plantas están sembradas a una densidad de 1.111 plantas/ha.

3.5. FACTORES EN ESTUDIO

Se evaluó el efecto de combinaciones y niveles de N, S, Zn, Mn, B y Fitohormonas, siguiendo la metodología del Diseño Ortogonal $L_9(3)^4$ de Taguchi.

Ficha metodológica se ilustra en los siguientes cuadros:

Cuadro 3. Diseño ortogonal $L_9(3)^4$ según Nutrientes a evaluarse

Factores en estudio		Niveles en estudio		
Nombre	Código	1	2	3
Nitrógeno (Urea)	A	250 kg/ha (543 kg urea)	350 kg/ha (760 kg urea)	450 kg/ha (978 kg urea)
Azufre (Yeso)	B	50 kg/ha (278 kg yeso)	100 kg/ha (556 kg yeso)	150 kg/ha (833 kg yeso)
Micro-nutrientes (B, Zn y Mn)	C	5 kg de Bórax	5 kg de Bórax 5 kg de Sulfato Zn	5 kg de Bórax 5 kg de Sulfato Zn 5 kg de Sulfato Mn
Dosis de Stimulate (Auxina, giberelinas y citocininas)	D	0.5 L/ha	1.0 L/ha	1.5 L/ha

Cuadro 4. Diseño de los tratamientos según los principios matemáticos de la ortogonalidad

Tratamientos	Factores			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Cuadro 5. Tratamientos codificados con sus respectivas combinaciones de factores y niveles

Tratamientos	Código	Combinaciones
1	A1B1C1D1	250 kg/ha de N + 50 kg/ha de S + 550 g/ha de B + 0.5 L/ha de Stimulate
2	A1B2C2D2	250 kg/ha de N + 100 kg/ha de S + 550 g/ha de B + 1100 g/ha de Zn + 1 L/ha de Stimulate
3	A1B3C3D3	250 kg/ha de N + 150 kg/ha de S + 550 g/ha de B + 1100 g/ha de Zn + 1600 g/ha de Mn + 1.5 L/ha de Stimulate
4	A2B1C2D3	350 kg/ha de N + 50 kg/ha de S + 550 g/ha de B + 1100 g/ha de Zn + 1.5 L/ha de Stimulate
5	A2B2C3D1	350 kg/ha de N + 100 kg/ha de S + 550 g/ha de B + 1100 g/ha de Zn + 1600 g/ha de Mn + 0.5 L/ha de Stimulate
6	A2B3C1D2	350 kg/ha de N + 150 kg/ha de S + 550 g/ha de B + 1 L/ha de Stimulate
7	A3B1C3D2	450 kg/ha de N + 50 kg/ha de S + 550 g/ha de B + 1100 g/ha de Zn + 1600 g/ha de Mn + 1 L/ha de Stimulate
8	A3B2C1D3	450 kg/ha de N + 100 kg/ha de S + 550 g/ha de B + 1.5 L/ha de Stimulate
9	A3B3C2D1	450 kg/ha de N + 150 kg/ha de S + 550 g/ha de B + 1100 g/ha de Zn + 0.5 L/ha de Stimulate
10	Testigo	Con fertilización NPK (250, 50 y 200 kg/ha) sin aplicación de micronutrientes y fitohormonas

más un tratamiento control

3.6. VARIABLES RESPUESTA

Número de escobas de bruja vegetativas. - Se registró contabilizando el número de escobas vegetativas por planta en cada unidad experimental, este dato se lo evaluó mensualmente.

Número de frutos enfermos. - Se registró contabilizando el número de frutos enfermos por planta en cada unidad experimental, este dato se lo evaluó mensualmente.

Número de frutos chereles. - Se registró contabilizando el número de frutos chereles o marchitos por planta en cada unidad experimental, este dato se lo evaluó mensualmente.

Número de frutos sanos. - Se registró contabilizando el número de frutos sanos por planta en cada unidad experimental, este dato se lo evaluó mensualmente.

Rendimiento de cacao seco. - Esta variable se la registró mensualmente mediante la recolección de frutos sanos en cada tratamiento, luego el peso fresco del cacao fue transformado mediante constante $(100 - 40)$ con 7% de humedad. Este resultado por regla de tres simple fue llevado a hectárea para obtener el rendimiento de cacao seco/ha/año.

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el ensayo se utilizó un diseño de Bloques completos al azar con 10 tratamientos y 3 repeticiones, con un total de 30 unidades experimentales. A continuación, se ilustra el modelo matemático del experimento y el esquema del ANOVA.

$$Y_{ij} = \mu + T + \beta + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = es la j ésima parcela dentro del i ésimo tratamiento.

μ = es la media general.

T_i = efecto debido al i ésimo tratamiento.

B_j = efecto del j ésimo bloque

E_{ij} = error experimental asociado al j ésimo bloque del i ésimo tratamiento.

ESQUEMA DEL ANOVA

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Bloques	$r-1 = 2$
Tratamientos	$t-1 = 9$
Error	$(r-1)(t-1) = 18$
Total	$t*r-1 = 29$

3.7.1. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo conformada por cuatro hileras de seis plantas, donde la información se registró en las ocho plantas centrales.

3.7.2. ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos se realizará en dos fases:

En la primera fase se realizó análisis de varianza (ANOVA) donde se incluyeron los 9 tratamientos en estudio más el testigo. Además, se realizó contraste ortogonal de medias entre los 9 tratamiento vs el testigo.

En la segunda fase se realizó el análisis regular de medias de Taguchi del tratamiento 1 al 9 con la finalidad de predecir y establecer la combinación optima de Nitrógeno, Azufre, Micronutrientes y Fitorreguladores. En análisis de Taguchi consta de los siguientes pasos:

- 1) **Elaboración de la tabla de respuestas.**- se elaboró usando las medias y separando los efectos factoriales por cada factor y nivel.
- 2) **Gráficas factoriales.**- es la representación de los efectos individuales de cada factor usando una gráfica de barras.
- 3) **Combinación optima.**- la combinación óptima de los factores y niveles se derivó de la tabla de respuestas. Si se tratara de variables experimentales como: rendimiento, beneficio neto o producción de biomasa la respuesta “*mayor es mejor*”, es lo deseable. Si se tratara de variables experimentales como: porcentaje de grano vano, número de plantas enfermas, etc., la respuesta “*menor es mejor*”, es lo deseable.
- 4) **Predicción de la máxima respuesta.**- la predicción de la respuesta máxima se estimó asumiendo que los efectos son aditivos a partir de la “*media de medias*”, adicionando los efectos parciales de cada nivel en estudio por factor, según la tabla de respuesta y la combinación optima definida. La predicción se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Predicción} = \bar{Y} + \sum (A_i - \bar{Y}) + (B_j - \bar{Y}) + (C_k - \bar{Y}) + (D_z - \bar{Y})$$

Donde:

\bar{Y} = Media de factores

A_i = Media del i nivel del factor A

B_j = Media del j nivel del factor B

C_k = Media del k nivel del factor C

D_z = Media del z nivel del factor D

3.7.3. DISEÑO DEL ÁREA:

Área Total del ensayo: 4.050 m²

Área de unidad experimental: 135 m²

Área útil: 18 m²

CROQUIS DE CAMPO

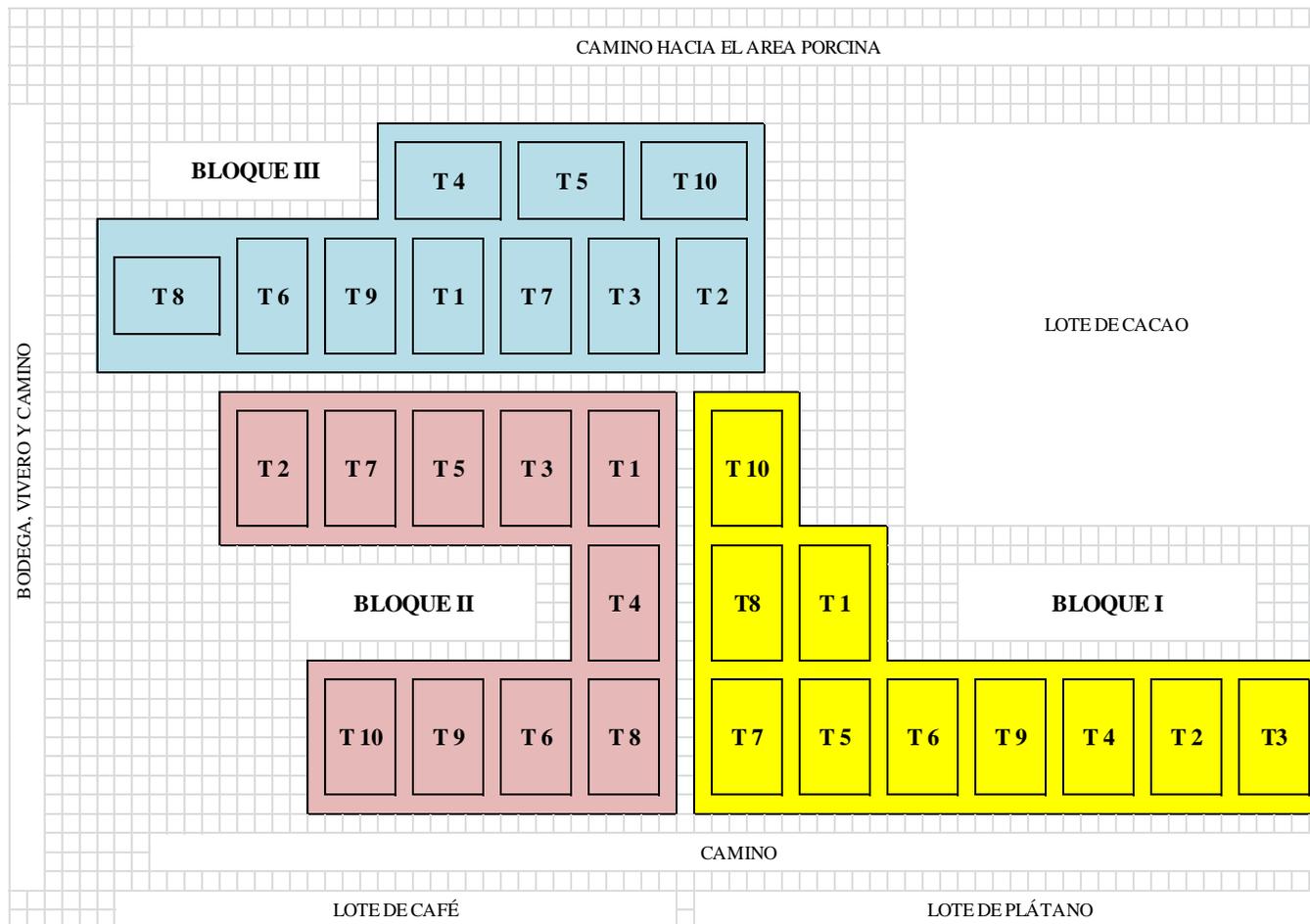


Imagen 1. Croquis de Campo Área Porcina. Fuente: Los Autores

3.8. ACTIVIDADES DEL CULTIVO

3.8.1. APLICACIÓN DE FERTILIZANTES Y FITORREGULADORES

Los fertilizantes fueron aplicados en la superficie del suelo a capacidad de campo, en forma de corona o luna completa. En total se hicieron 10 fracciones o aplicaciones en el año. Los fitorreguladores fueron aplicados en seis ocasiones al follaje de las plantas, tres aplicaciones de forma mensual se aplicaron en los picos de producción de octubre, noviembre y diciembre del 2016, y las otras tres aplicaciones se realizaron en los picos de floración y fructificación de Mayo, Junio y Julio del 2017. Todos los tratamientos recibieron 50 kg/ha de P_2O_5 y 200 kg/ha de K_2O , debido a que el análisis de suelos reportó concentraciones altas de estos nutrientes. El tratamiento testigo recibió una fertilización de 250, 50 y 200 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O .

3.8.2. CONTROL DE MALEZAS

Se realizaron cinco desmalezados de forma manual con machete y un control químico con el herbicida Paraquat.

3.8.3. RIEGO

El riego se realizó con frecuencia semanal mediante riego por aspersión, según la demanda hídrica del cultivo.

3.9. ANALISIS ECONÓMICO

El análisis económico se realizó a través de la estimación del beneficio neto, para lo cual se utilizaron los costos que varían y sus incrementos en relación al testigo por tratamiento (CqV), los que estuvieron en función de la cantidad de los fertilizantes ($kg\ ha^{-1}$), y fitorreguladores ($L\ ha^{-1}$), número de aplicaciones, costo unitario de los fertilizantes y fitorreguladores (US\$ kg^{-1}) y costo de la mano de obra. En el Testigo, el costo que varía estuvo en función de las aplicaciones de NPK (CqV=n). Con los datos de incremento del rendimiento (qq

ha⁻¹) en relación al testigo y precio unitario del cacao (US\$ qq⁻¹) se calcularon los ingresos brutos. Con base en la diferencia entre los incrementos del rendimiento en relación al testigo se estimó el efecto de la aplicación de los fertilizantes. Con los datos de incrementos de los costos que varían e ingresos en relación al testigo se calcularon los beneficios netos. Una vez obtenidos los beneficios netos, se procedió a realizar el análisis regular de medias de Taguchi para estimar la combinación óptima económica de los tratamientos.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN LA COMBINACIÓN OPTIMA DE NITRÓGENO, AZUFRE, ZINC, MANGANESO, BORO Y FITOHORMONAS QUE INCREMENTAN EL RENDIMIENTO DEL CACAO NACIONAL.

4.1.1. VARIABLES FITOSANITARIAS

En la (figura 2) se muestra los resultados el número de frutos enfermos, el análisis de varianza determinó diferencia significativa entre tratamientos ($p=0.2278$), además la comparación ortogonal de medias de los tratamientos vs el tratamiento testigo (fertilización convencional NPK), mostró diferencia significativa ($p=0.0072$) de frutos enfermos en el tratamiento testigo, lo cual demuestra que la nutrición balanceada reduce la severidad de enfermedades del fruto.

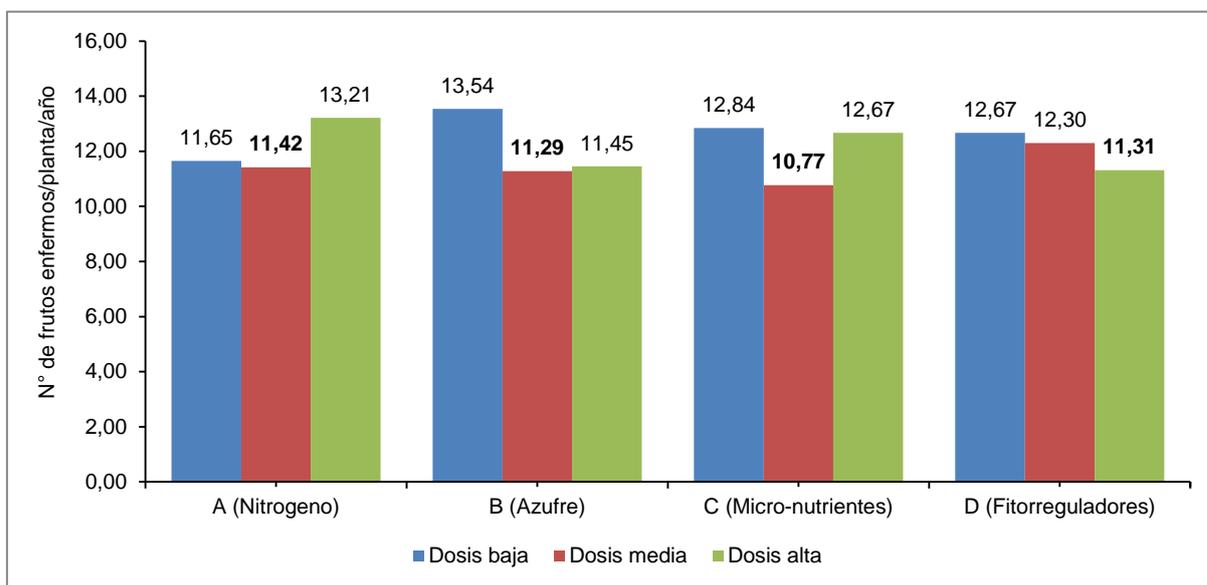


Figura 2. Influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitorreguladores sobre el número de frutos enfermos en cacao nacional.

En la (figura 3) la ecuación de respuesta máxima de Taguchi, muestra la combinación óptima de factores de nutrientes que produjo 8.5 frutos

enfermos/planta/año, en comparación al tratamiento testigo con 20.09 frutos enfermos/planta/año, lo cual significa un 136% más de frutos enfermos.

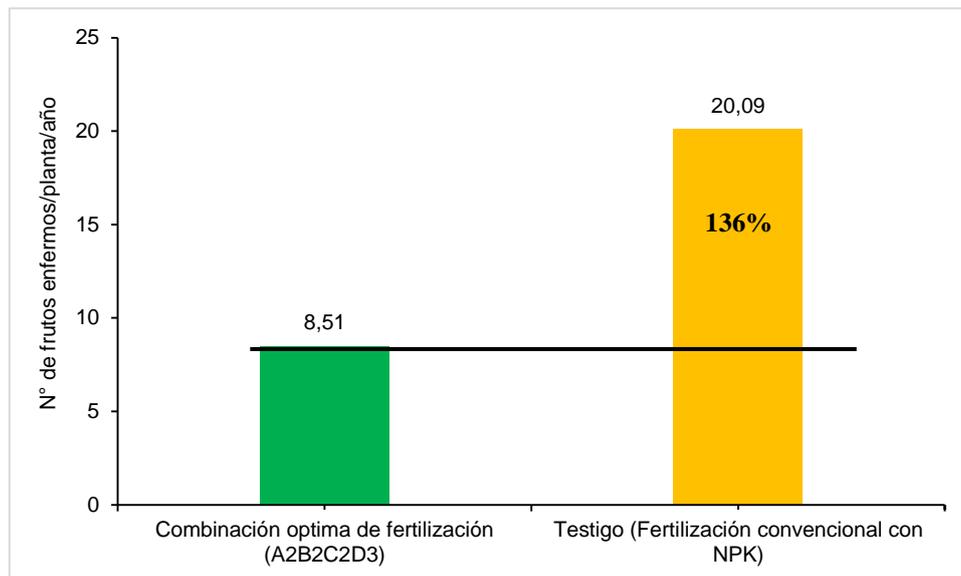


Figura 3. Según Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 3 y 4 dándonos (A2B2C2D3) (combinación óptima de fertilización) sobre el número de frutos enfermos en cacao.

En la **(figura 4)** se muestra los resultados el número de escobas vegetativas por planta no mostro diferencias estadísticas significativas ($p=0.5726$), Por otra parte, la comparación ortogonal de medias de los tratamientos vs el tratamiento testigo (fertilización convencional NPK) mostró cantidades significativamente mayores ($p=0.0392$) de escobas vegetativas en el tratamiento testigo. Esto demuestra la efectividad de la nutrición balanceada sobre el mejor aspecto sanitario de las plantas.

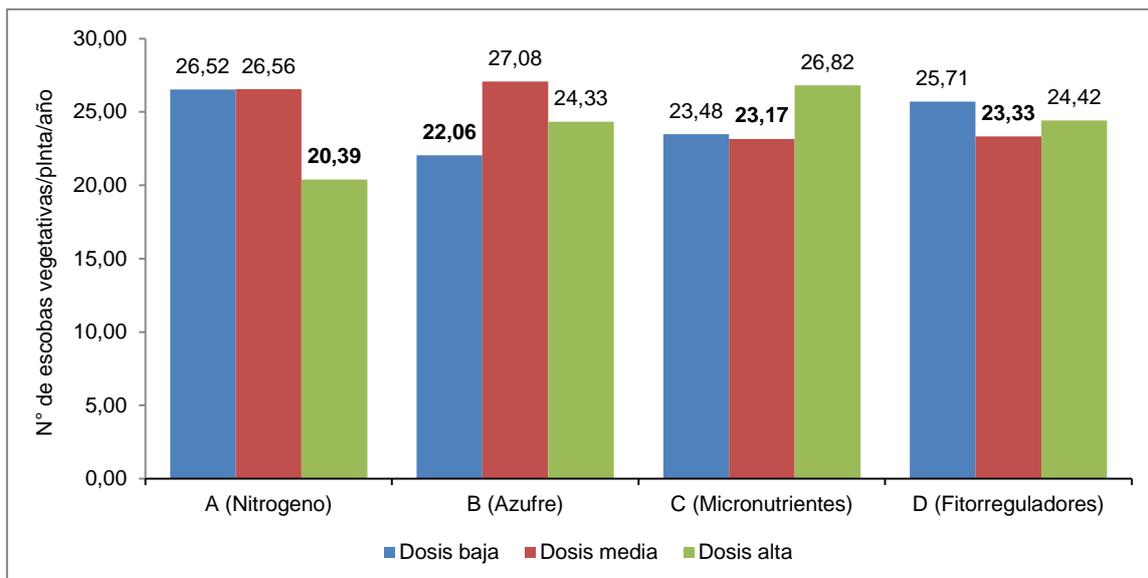


Figura 4. Influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitorreguladores sobre el número de escobas vegetativas en cacao nacional.

En la figura (**figura 5**) la ecuación de respuesta máxima de Taguchi, muestra la combinación óptima de factores de nutrientes que produjo una cantidad de escobas vegetativas/planta/año de 15.48 en contraste al tratamiento testigo con 41.4 escobas/planta/año, que representa un 167% más infección por escobas.

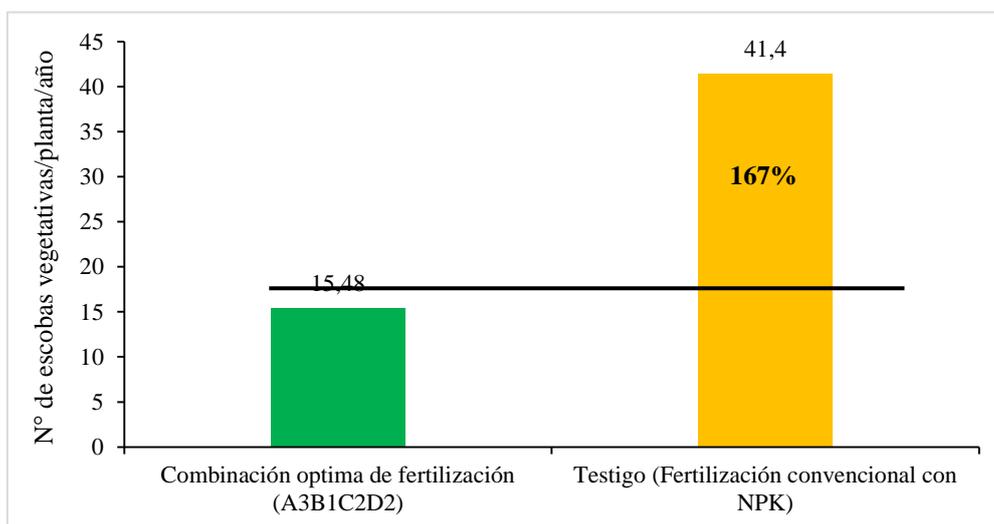


Figura 5. Según Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 2 y 7 dándonos (A3B1C2D2) (combinación óptima de fertilización) sobre el número de escobas vegetativas en cacao nacional.

4.2. MEDICIÓN EL EFECTO DE LAS COMBINACIONES DE NITRÓGENO, AZUFRE, ZINC, MANGANESO, BORO Y FITOHORMONAS SOBRE LA INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN CACAO NACIONAL

4.2.1. VARIABLES DEL COMPONENTE RENDIMIENTO

En la (figura 6) se muestra los resultados obtenido al número de frutos cherelles por planta, el análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p=0.0060$), lo cual indica que los tratamientos evaluados influyeron en esta variable, la prueba de significancia determinó que el mayor valor se obtuvo en los tratamientos 8 y 9 y el menor en el tratamiento testigo, además la comparación ortogonal de medias de los tratamientos vs el tratamiento testigo (fertilización convencional NPK) mostró cantidades significativamente mayores ($p=0.0192$) de frutos cherelles en el tratamiento testigo.

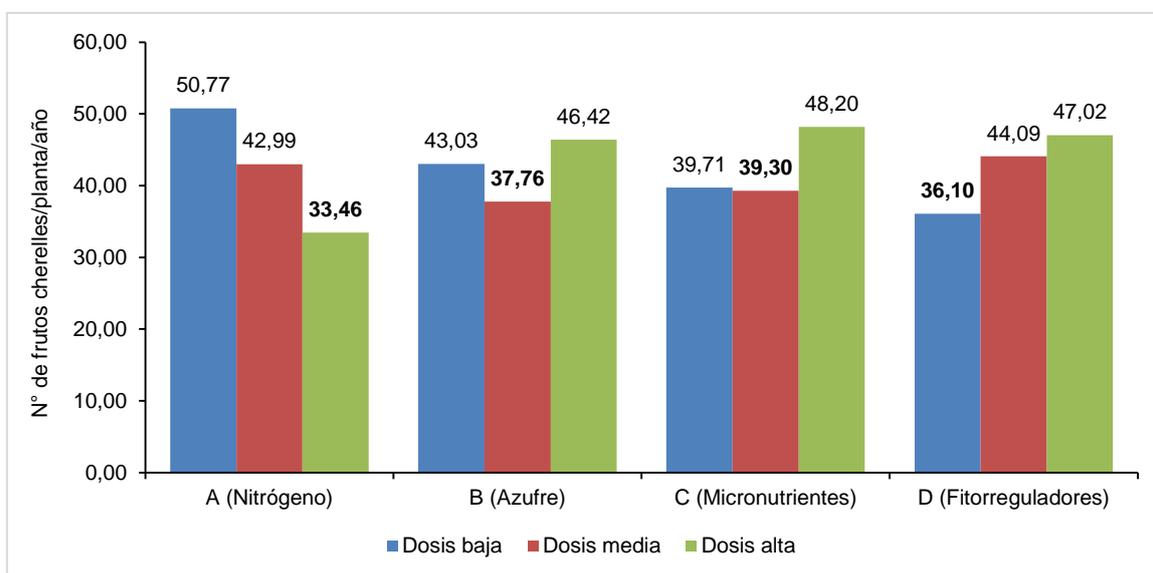


Figura 6. Influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitorreguladores sobre el número de frutos cherelles en cacao nacional.

En la (figura 7) la ecuación de respuesta máxima de Taguchi, muestra la combinación óptima de factores de nutrientes que produjo una cantidad de

frutos cherelles/planta/año de 19.41 en contraste al tratamiento testigo con 57.5 frutos cherelles/planta/año, que representa un 196% más de frutos cherelles.

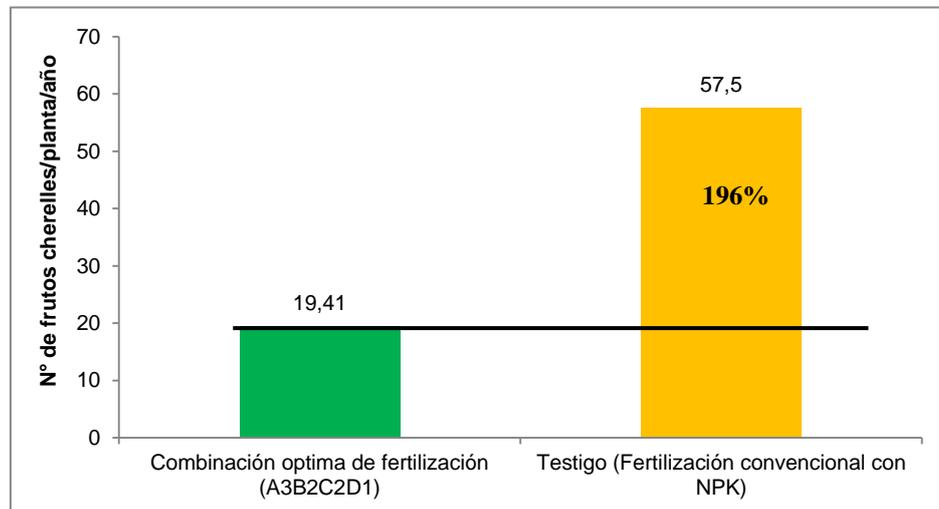


Figura 7. Según Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 8 y 9 dándonos (A3B2C2D1) (combinación óptima de fertilización) sobre el número de frutos cherelles en cacao nacional.

En la (**figura 8**) se muestra los resultados el número de frutos sanos por planta no mostró diferencias estadísticas significativas ($p=0.2083$), además la comparación ortogonal de medias de los tratamientos vs el tratamiento testigo (fertilización convencional NPK) mostró cantidades significativamente mayores ($p=0.0162$) de frutos sanos/planta en los tratamientos evaluados en comparación al testigo con menor cantidad de frutos.

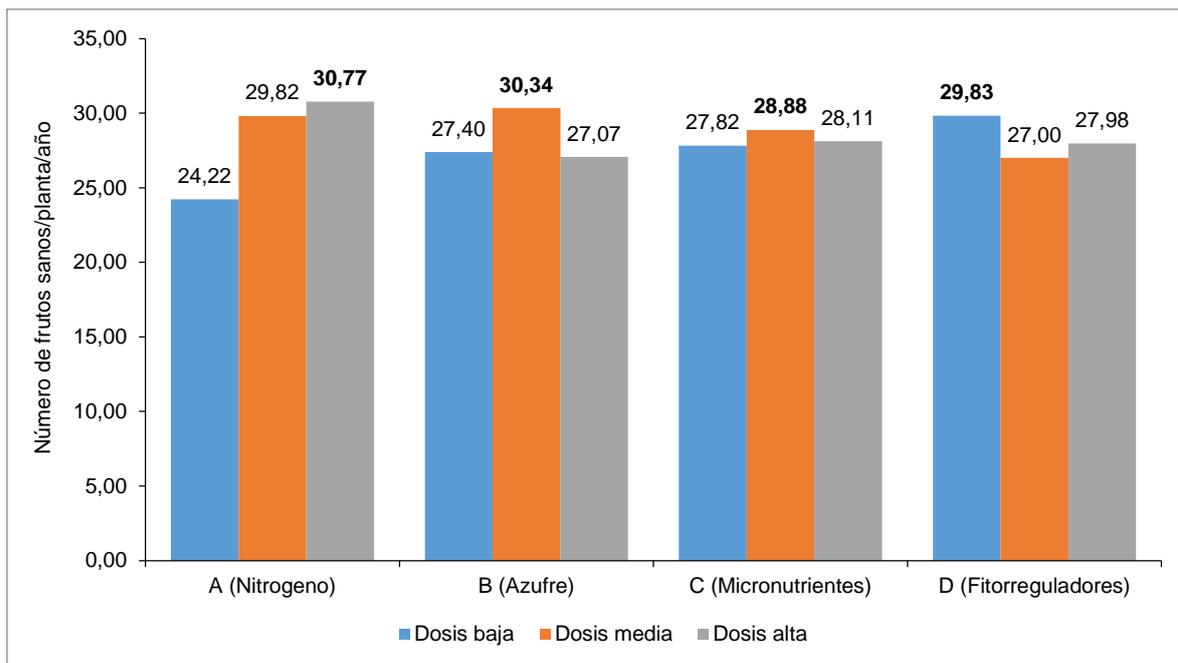


Figura 8. Influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitorreguladores sobre el número de frutos sanos en cacao nacional.

En la **(figura 9)** la ecuación de respuesta máxima de Taguchi, muestra la combinación óptima de factores de nutrientes que produjo 34.94 frutos sanos/planta/año en contraste al tratamiento testigo con 17.1, que representa un 104% más de frutos sanos/planta/año.

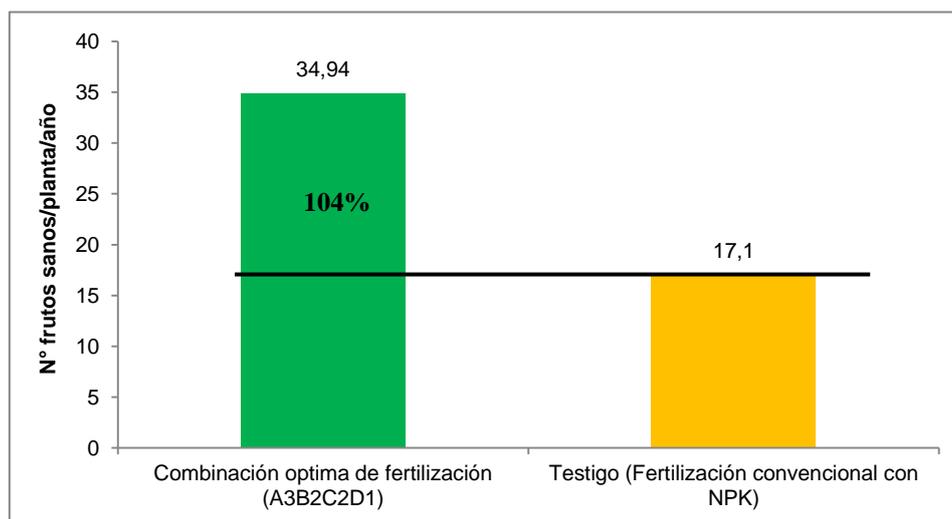


Figura 9. Según Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 8 y 9 dándonos (A3B2C2D1) (combinación óptima de fertilización) sobre el número de frutos sanos en cacao nacional.

En la **(figura 10)** se muestra los resultados a peso fresco de granos por planta mostró diferencias significativas ($p=0.0082$), lo cual indica que los tratamientos evaluados influyeron de forma significativa en esta variable la prueba de significancia determinó que el mayor valor se obtuvo en los tratamientos 8 y 9 y el menor en el tratamiento testigo, por otra parte la comparación ortogonal de medias de los tratamientos vs el tratamiento testigo (fertilización convencional NPK) mostró un peso fresco de granos/planta significativamente mayor ($p=0.0063$) en los tratamientos evaluados en comparación al testigo con menor peso fresco de granos/planta.

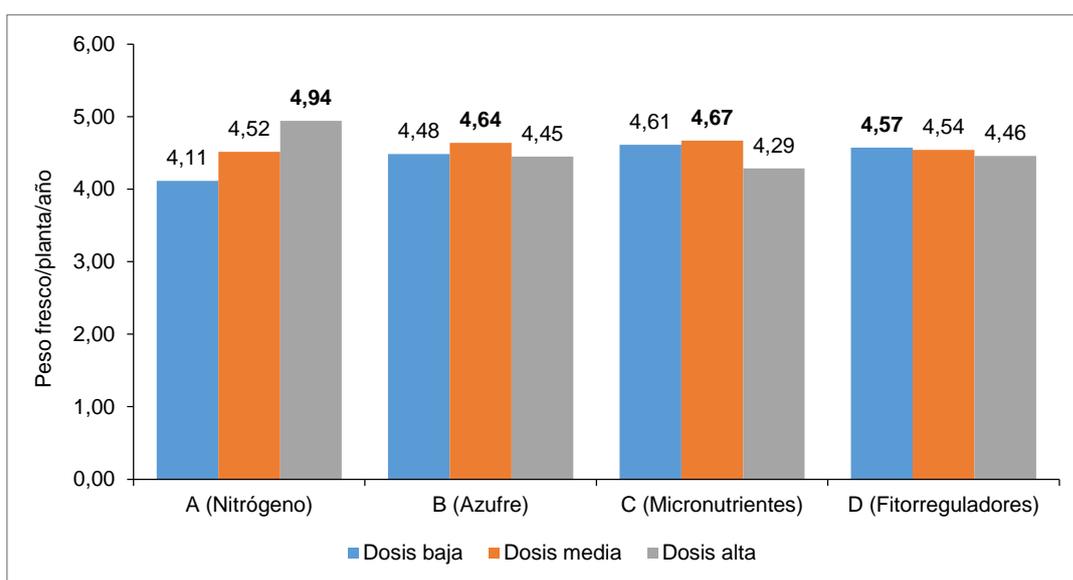


Figura 10. Influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitorreguladores sobre el peso fresco de granos/planta en cacao nacional.

En la **(figura 11)** la ecuación de respuesta máxima de Taguchi, muestra la combinación óptima de factores de nutrientes que produjo un peso fresco de granos/planta de 5.25 en contraste al tratamiento testigo con 3.75. Esto representa un incremento del 40% en peso fresco de granos/planta en el tratamiento de fertilización óptima en comparación al testigo.

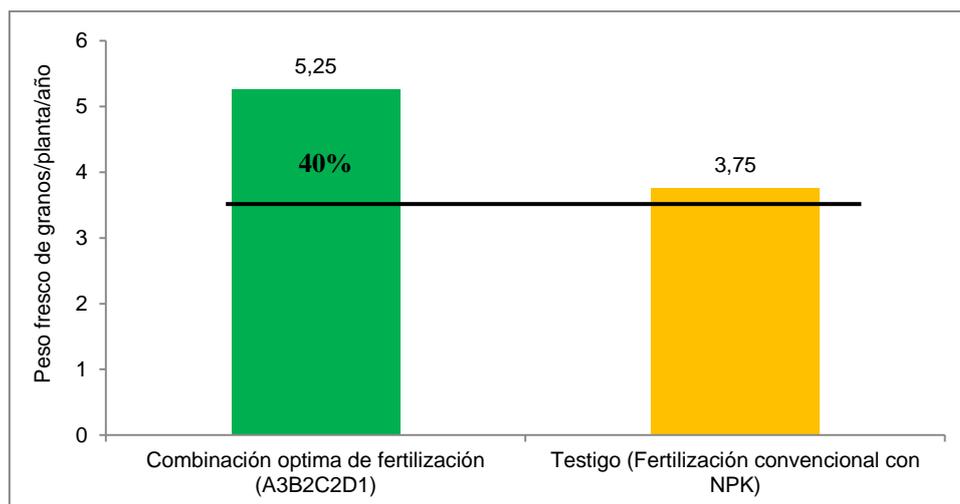


Figura 11. Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 8 y 9 dándonos (A3B2C2D1) (combinación óptima de fertilización) sobre el peso fresco de granos/planta en cacao nacional.

En la **(figura 12)** se muestra los resultados al rendimiento en kg de cacao seco/ha mostró diferencias significativas ($p=0.0082$), lo cual indica que los tratamientos evaluados influyeron de forma positiva en esta variable, la prueba de significancia determinó que el mayor valor se obtuvo en los tratamientos 8 y 9 y el menor en el tratamiento testigo, además la comparación ortogonal de medias de los tratamientos 1 – 9 vs el tratamiento testigo (fertilización convencional NPK) mostró un rendimiento significativamente mayor ($p=0.0063$) en los tratamientos evaluados en comparación al testigo con menor productividad.

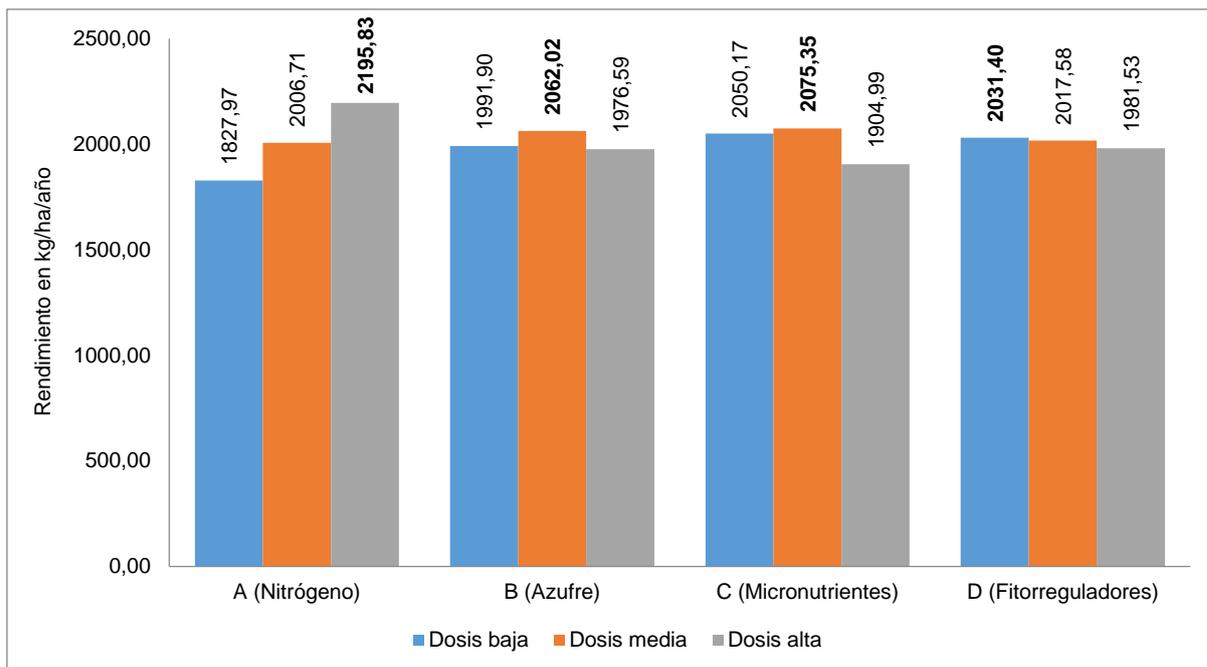


Figura 12. Influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitorreguladores sobre el rendimiento de granos seco/ha en cacao nacional.

En la **(figura 13)** la ecuación de respuesta máxima de Taguchi, muestra la combinación óptima de factores de nutrientes que produjo un rendimiento de cacao seco ha/año de 2334.09 kg en contraste al tratamiento testigo con 1666.50 kg. Esto representa un incremento del 40% en peso fresco de granos/planta en el tratamiento de fertilización óptima en comparación al testigo.

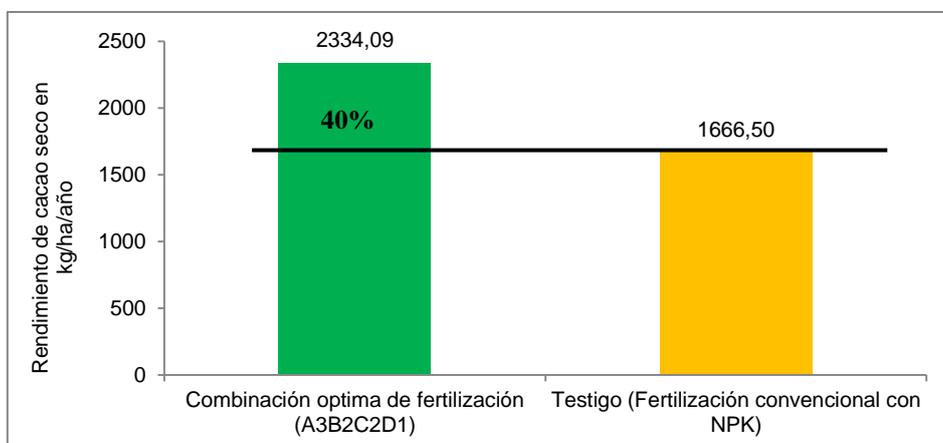


Figura 13. Según Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 8 y 9 dándonos (A3B2C2D1) (combinación óptima de fertilización) sobre el rendimiento de granos seco/planta en cacao nacional.

En la **figura 14** muestra el rendimiento expresado en quintales de grano seco/ha/año al 7% de humedad. Se observa que el tratamiento de combinación óptima de fertilización (450 kg N + 100 kg S + 5 kg Bórax + 5 kg Sulfato de Zn + 0.5 litros del fitorregulador) produjo 51.35 qq/ha en comparación al testigo con fertilización convencional (NPK) con 34.38 qq/ha. Esto representa un aumento en rendimiento del 49%.

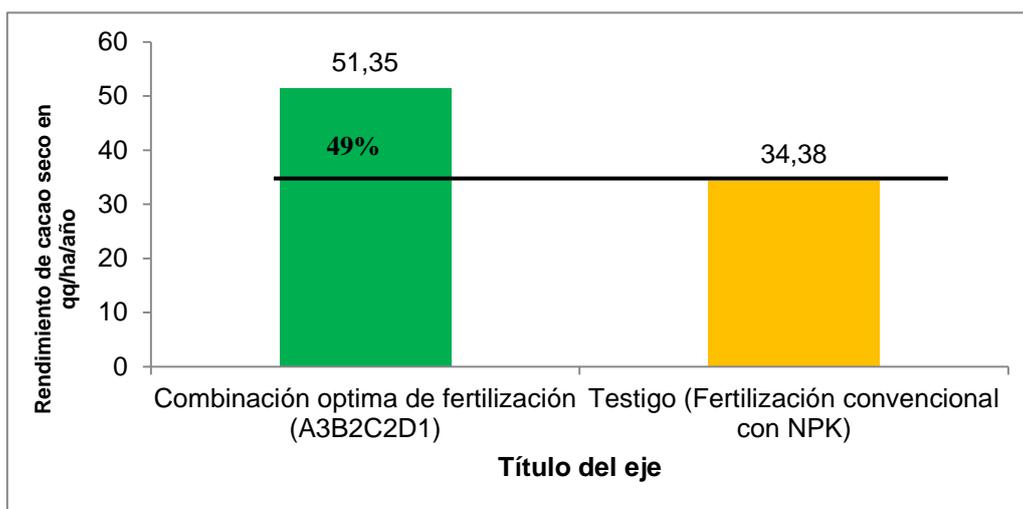


Figura 14. Según Taguchi nos predice la combinación con los tratamientos 8 y 9 dándonos (A3B2C2D1) (combinación óptima de fertilización) sobre el rendimiento (qq/ha) en cacao nacional.

En el (**cuadro 6**) se muestra los resultados del análisis económico realizado en base a beneficios netos (*diferencia entre los incrementos de los costos que varían y el incremento de los rendimientos de los tratamientos en relación al tratamiento testigo*) mostró que el tratamiento 9 (450 kg de N, 150 kg de S, 5 kg de bórax, 5 kg de Sulfato de Zn y 0,5 L del fitorregulador) obtuvo el mejor beneficio neto con 709 USD/ha/año, puesto que obtuvo el mayor incremento de rendimiento (15.09 qq) en relación al testigo.

Cuadro 6. Análisis económico de las combinaciones de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitorreguladores comparadas con un testigo fertilizado a base de NPK

Tratamientos	Costos totales	Costos que no varían en los tratamientos. Cf = Prácticas culturales, fertilizantes P y K, apelación de fertilizantes, control de malezas y cosecha	Costo que varía por fertilización (US\$ ha ⁻¹). Cqv = costo de fertilizantes N, S y Micronutrientes, fitorregulador y aplicación de fitorregulador.	Incremento de los costos que varían con respecto al testigo (US \$ ha ⁻¹): Icqvn = Cqvn - Cqv 10	Rendimiento (qq ha ⁻¹). RTn	Incrementos de los rendimientos respecto al testigo (qq ha ⁻¹). IR = RTn - RT4	Precio unitario de venta (US \$ qq ⁻¹): Pc	Incremento de los ingresos en relación al testigo (US \$ ha ⁻¹). Iing = IR * Pc	Ingresos totales (US \$ ha ⁻¹). IT = RTn * Pc	Beneficio neto de las combinaciones de fertilización (US \$ ha ⁻¹). BNT n = Iing - Icqvn
Cacao Nacional establecido a 1111 plantas/ha										
T1	1585	1160	398	200	41,16	6,78	80	542	3293	342
T2	1736	1160	576	378	42,94	8,56	80	685	3435	307
T3	1887	1160	727	529	36,54	2,16	80	173	2923	-356
T4	1843	1160	683	485	44,55	10,17	80	814	3564	329
T5	1729	1160	569	371	43,45	9,07	80	726	3476	355
T6	1857	1160	697	499	44,46	10,08	80	806	3557	307
T7	1843	1160	683	485	45,76	11,38	80	910	3661	425
T8	1973	1160	813	615	49,69	15,31	80	1225	3975	610
T9	1856	1160	696	498	49,47	15,09	80	1207	3958	709
T10	1358	1160	198	0	34,38	0	80	0	2750	0

En la (figura 15) se observa que las dosis altas de nitrógeno, media de azufre, media de micronutrientes y baja de fitorreguladores mostraron los mayores beneficios netos/ha/año. Por lo tanto, la combinación óptima de factores de nutrientes fue la aplicación de 450 kg de N ha⁻¹, 100 kg de S ha⁻¹, 5 kg ha⁻¹ de bórax + 5 kg ha⁻¹ de sulfato de Zn, y 0.5 L ha⁻¹ del fitorregulador a base de auxinas giberelinas y citocininas.

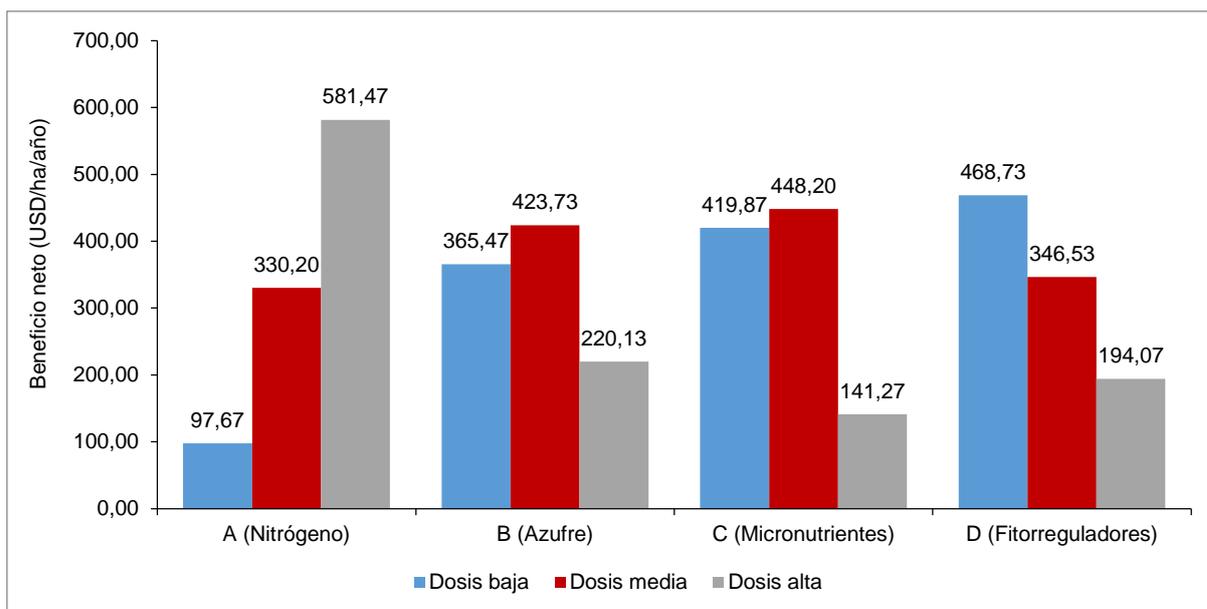


Figura 15. Beneficio neto de las diferentes combinaciones de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitorreguladores en cacao Nacional

De acuerdo a la ecuación de respuesta máxima de Taguchi, muestra la combinación óptima de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitorreguladores ($A_3B_2C_2D_1$) produciría un beneficio neto económico de 912,80 USD/ha/año.

4.3. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en cuanto a la menor cantidad de frutos enfermos y escobas vegetativas producidas por planta, reflejan la importancia de la nutrición balanceada con macro y micronutrientes en contraste a la fertilización convencional con dosis de NPK pre-establecidos. Estos resultados coinciden a los señalados por Morais (1998) y Ávila (2014) quienes reportaron menores cantidades de escoba vegetativa con fertilización equilibrada a base de macro y micronutrientes, en contraste a los tratamientos que solo recibieron fertilización con macro elementos. Sin embargo, autores como Ofori-Frimpong *et al.* (2007) mencionan que una nutrición adecuada, puede incrementar la resistencia de las plantas de cacao hacia problemas sanitarios.

En este sentido, de acuerdo a varios autores, se ha determinado el papel de algunos nutrientes en la tolerancia de las plantas a patógenos. En caso del

potasio se menciona puede incrementar la resistencia a patógenos, debido a que activa complejos enzimáticos que participan en reacciones de defensa (Amtmann *et al.*, 2008). Está demostrado que el manejo conjunto y equilibrado de N y S juega un rol importante en el manejo de enfermedades. La deficiencia de S y exceso de N incrementan el contenido de hidratos de carbono, reduce la concentración de azúcares y la biosíntesis proteica, lo cual provoca acumulación de aminoácidos que favorecen la proliferación de plagas y patógenos. Por estas razones hay que mantener un balance adecuado de N y S, pues este último en cantidades adecuadas posee un efecto fungicida (Williams y Cooper, 2004; Sabino *et al.*, 2007; Bhaduri *et al.*, 2014). Entre los micronutrientes, el Mn puede controlar una serie de enfermedades, dado que tiene un papel importante en la biosíntesis de lignina, la biosíntesis de fenoles, la fotosíntesis y varias otras funciones. En el caso del B se ha encontrado efectos positivos para reducir la severidad de muchas enfermedades debido a la función que tiene sobre la estructura de la pared celular, las membranas de las plantas y el metabolismo de las plantas (Dordas, 2008).

Las variables del componente de rendimiento como: frutos cherelles, frutos sanos, peso fresco de granos y quintales/ha, alcanzaron los mejores resultados con las dosis de 450, 100, 5 y 5 kg/ha de nitrógeno, azufre, bórax y sulfato de zinc, respectivamente, más la aplicación de 0,5 litros/ha de fitoregulador a base de auxinas, giberelinas y citocininas. Estos resultados coinciden a los obtenidos por Ruales *et al.* (2010) quienes evaluaron dosis bajas (400 g/planta), medias (575 g/ha) y altas (1150 g/planta) de varios fertilizantes comerciales a base de macro y micro nutrientes en cinco clones de cacao. Sus resultados mostraron rendimientos mayores a 2000 kg/ha/año con las dosis altas, lo cual es muy similar a los rendimientos hallados en este estudio, donde las dosis mayores de fertilizantes superaron los 2000 kg/ha/año, en contraste al testigo que alcanzó 1666 kg/ha/año.

Así mismo los resultados hallados en cuanto a número de mazorcas sanas/planta también se asemejan a los reportados por Ruales *et al.* (2010)

quienes alcanzaron una cantidad superior a 30 frutos/planta. Los resultados también se asemejan a los reportados por Morais (1998) y Puentes *et al.* (2015) quienes obtuvieron mejores respuestas de los componentes de rendimiento del cacao con la fertilización NPK complementada con micronutrientes.

El tratamiento testigo que solo recibió fertilización NPK sin la inclusión de micronutrientes y fitoreguladores, presentó el menor rendimiento con 1666 kg de granos secos/ha, lo cual es muy coincidente a los resultados hallados por Uribe *et al.* (2001) quienes evaluaron varios niveles de NPK en Colombia y obtuvieron en el mejor de los casos rendimientos promedios de 1160 kg/ha.

En cuanto al efecto del fitoregulador, la dosis que más contribuyó al incremento del rendimiento fue la de 0,5 L/ha. En este sentido, existe escasa información relacionada a esta temática, que no permite contrastar los resultados de manera eficiente. Sin embargo, en experimentos desarrollados por Pinto *et al.* (2012) y Carchi (2016) encontraron que aplicaciones de bioestimulantes y fitoreguladores como Silicato de potasio y Pacrobutrazol, respectivamente, tuvieron efectos positivos en el incremento de la fructificación y variables fisiológicas como tasa fotosintética y conductancia estomática, lo cual refleja las bondades de la aplicación de estos productos.

El efecto significativo hallado sobre el rendimiento del cacao con la aplicación combinada de macro y micronutrientes más la aplicación foliar de un fitoregulador, puede deberse a las funciones metabólicas desempeñadas por estos nutrientes.

El nitrógeno forma aminoácidos y proteínas necesarias para la construcción del cuerpo de la planta. Además, el N forma parte de las enzimas y hormonas involucradas en los procesos metabólicos y en desarrollo vegetal (Barker y Pilbeam, 2007). El azufre forma parte de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, necesarios para la formación de proteínas y enzimas específicas.

Además, actúa a nivel celular como mecanismo de defensa de plagas y patógenos, al formar parte de metabolitos involucrados en reacciones de defensa (Barker y Pilbeam, 2007; Sabino *et al.*, 2007).

Es conocida la función que cumple el Mn en la transferencia de electrones y sistemas REDOX en la fotofosforilación, además de formar parte de complejos enzimáticos necesarios en la síntesis de metabolitos (Kirkby y Romheld, 2008a). El Zn es de vital importancia para el desarrollo de órganos, puesto que es precursor de la síntesis del aminoácido triptófano que se desempeña como precursor de la biosíntesis reguladores de crecimiento como las auxinas (Kirkby y Romheld, 2008b). El B tiene una relación directa con germinación de tubo polínico, fecundación gamética y fructificación, además de ser un transportador de carbohidratos desde las fuentes hacia los sumideros (Kirkby y Romheld, 2008c). Por las funciones fisiológicas desempeñadas por los nutrientes en el metabolismo vegetal, pueden incrementar y hacer más eficiente proceso fisiológico involucrado en la producción agrícola (Rakshit *et al.*, 2015). Así mismo los diferentes fitoreguladores empleados en agricultura incrementan la producción mediante la modificación de procesos que involucran crecimiento, desarrollo y tolerancia a estreses abióticos (Brown y Saa, 2015; du Jardín, 2015).

Los resultados económicos, se asemejan a los reportados por Uribe *et al.* (2001) y Ruales *et al.* (2011) quienes alcanzaron mayores beneficios netos con dosis altas de fertilización balanceada.

Finalmente, los resultados indican la necesidad de implementar la fertilización balanceada en suelos cacaoteros con bajos contenidos en N, S y micronutrientes, para incrementar rendimiento y rentabilidad del cultivo de cacao.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los autores del presente trabajo concluyen que:

- La combinación óptima de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitorreguladores son decisivos para incrementar el rendimiento y rentabilidad del cultivo de cacao Nacional establecido en suelos con bajos contenidos de estos nutrientes y a plena exposición solar.
- El efecto de las combinaciones de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitorreguladores no incidió sobre las enfermedades del cacao nacional.
- El mayor rendimiento y beneficio económico se produjo con la combinación óptima de dosis de 450, 100, 5 y 5 kg/ha de nitrógeno, azufre, bórax y sulfato de Zn, respectivamente, más la aplicación foliar del fitorregulador a base de auxinas, giberelinas y citocininas en dosis de 0.5 L/ha.

5.2. RECOMENDACIONES

Con base en las experiencias y los resultados obtenidos en la elaboración del presente trabajo, los autores recomiendan que:

- Explorar dosis más elevadas de Boro, Zinc y Manganeso con la finalidad de ajustar dosis óptimas.
- Utilizar la combinación óptima de los resultados obtenidos.
- Incluir otros nutrientes en nuevos estudios de fertilización, con la finalidad de establecer relaciones óptimas entre balance de nutrientes, productividad y rentabilidad.
- Repetir el experimento en el tiempo y en varias localidades con la finalidad de ajustar resultados y desarrollar dominios de recomendaciones de fertilización en cacao Nacional en Manabí.

BIBLIOGRAFÍA

Amores, F. 2008. Diferencias entre el cacao nacional y CCN-51 desde el punto de vista agronómico, físico, químico y organoléptico. En Seminario Internacional de cacao. Avances de Investigación. Floridablanca Santander. CO.

_____ 2009. La investigación en cacao y el desarrollo económico de su cadena de valor. Conferencia presentada en Taller: Investigaciones del INIAP y el sector privado. Abril 2009. INIAP, Estación Experimental Boliche. EC.

Amores, F.; Suárez, C. y Garzón, I. 2010. Producción intensiva de cacao nacional con sabor “arriba”: Tecnología, presupuesto y rentabilidad. Estación Experimental Tropical Pichilingue – INIAP. Quevedo, EC. Manual Técnico N° 82 p 170.

Acheampong, K.; Hadley, P. and Daymond, A. 2012. Photosynthetic activity and early growth of four cacao genotypes as influenced by different shade regimes under west african dry and wet season conditions. *Expl Agric.* 49 (1): 31–42.

Amtmann, A.; Troufflard, S. and Armengaud, P. 2008. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Physiol Plant.* 133(4):682-691.

Aneja, M.; Gianfagna, T. and Ng, E. 1999. The roles of abscisic acid and ethylene in the abscission and senescence of cocoa flowers. *Plant Growth Regul.* 27:149-155.

Arévalo G. 2003. Modelos de precipitación de la Escoba de Bruja (*Crinipellis perniciososa* (Stahel Singer) en cacao en Tingo Maria. Perú p 65.

- Ávila, D. 2014. Estudio de la fertilización del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional en suelos volcánicos de Quevedo. Tesis de Ing. Agrónomo. Universidad Técnica de Manabí. Santa Ana, Manabí, Ecuador. 72 p.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal, 2 ed. McGraw-Hill Interamericana. Madrid, ES p 651.
- Batista, L. 2009. El Cultivo de cacao. Guía Técnica. CEDAF. Santo Domingo. REP DOM. (En línea) EC. Consultado, 09 de ago 2016. Formato PDF. Disponible en <http://infocafes.com/portal/biblioteca/guia-tecnica-el-cultivo-de-cacao/>.
- Barker, A. and Pilbeam, D. (Eds). 2007. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL, USA. 662 p.
- Bhaduri, D.; Rakshit, R. and Chakraborty, K. 2014. Primary and Secondary Nutrients-a Boon to Defense System against Plant Diseases. International Journal of Bio-resource and Stress Management 5(3):461-46.
- Brown, P. y Hu, H. 1999. Manejo del boro de acuerdo a su movilidad en la planta. Informaciones Agronómicas 36 p 6–8.
- Brown, P. and Saa, S. 2015. Biostimulants in agriculture. Frontiers in Plant Science 6(671): 1 – 3.
- Camargo, R.; Melinsky, C.; Andrade, M.; Mazza, L. y Rossi, G. 2009. Agroquímicos de Controle Hormonal, Fosfitos e Potencial de Aplicação dos Aminoácidos na Agricultura Tropical. Piracicaba. Serie Produtor Rural. Universidad de São Paulo-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-Divisão de Biblioteca e Documentação. São Paulo, BRA. p 83.

- Carchi, M. 2016. Efecto de biorreguladores y anillado sobre el rendimiento y calidad del fruto del cacao (*Theobroma cacao* L.). Guayaquil, EC. Tesis de Ing. Agronomo. Universidad de Guayaquil. 78 p.
- Carciochi, W.; Divito, G.; Reussi, N. y Echeverría, H. 2015. Las mejores prácticas de manejo de la fertilización azufrada en cultivos extensivos. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* 20 p 2–6.
- Castro, A. 2015. Recolección de datos: Fichas. Guatemala.
- Cuesta, G. y Moncada, E. 2014. Efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate. *Revista Chapingo Serie Hortícola* 20 (2) p 215–222.
- De Almeida, A. and Valle, R. 2007. Ecophysiology of the cacao tree. *Braz. J. Plant Physiol.*, 19(4):425-448.
- Du Jardín, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196: 3–14.
- Dordas, C. 2008. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 28(1): 33 – 46.
- Enríquez, G. 2006. Fenología y fisiología del cultivo del cacao. En: Seminario-Taller Internacional, Producción, Calidad y Mercadeo de cacaos especiales (2006, Quevedo, Ecuador). 3 p.
- Fano, H. y Achata, A. 1992. Métodos y Técnicas de la investigación en finca: la experiencia de las Ciencias Sociales en el CIP. Guía de Investigación CIP nº 20. (En línea). Consultado el 25 de ago 2017. Formato PDF. Disponible en cipotato.org/library/pdfdocs/ResGuide39987.pdf

FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2015. Dirección Estadística, Producción de Cultivos. (En línea) EC. Consultado, 29 de abr 2016. Formato PDF. Disponible en <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S>

Fedecacao, 2008. Guía Técnica para el cultivo del cacao. Tercera edición. p 189 Fondo nacional del cacao. CO.

García, F. y González, M. 2013. La nutrición de suelos y cultivos y el balance de nutrientes. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* 9 p 1–7.

Gómez, M.; López, M. y Cifuentes, Y. 2006. El manganeso como factor positivo en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) y arveja (*Pisum sativum* L.) en suelos del altiplano Cundiboyacense. *Agronomía Colombiana* 24 (2) p 340–347.

Hasenstein, K. y Zavada, M. 2001. Auxin modification of the incompatibility response in *Theobroma cacao*. *Physiol. Plant.* 112:113-118.

Howen, G. 2010. Introducción a la metodología de investigación social: Métodos Cualitativos. (En línea). EC. Consultado, 04 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.uv.es/>

Infostat, J. 2017. Metodología estadística Infostat: Definición. (En línea). EC. Consultado, 04 de jun. 2016. Formato HTML. Disponible en <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=eventos&month=3&year=2017>

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo). 2015. Procesador de Estadísticas Agropecuarias, Cacao almendra seca, superficie plantada pro variedad. (En línea). EC. Consultado, 29 de abr 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/procesador-de-estadisticas-agropecuarias-3/>

- INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura). 2015. Bioestimulantes en nutrición, fisiología y estrés vegetal. p 4.
- IPNI (International Plant Nutrition Institute). 1997. Manual internacional de fertilidad de suelos. Quito, EC. p 108.
- Kirkby, E. y Romheld, V. 2008a. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad (Primera parte). *Informaciones Agronómicas* 68: p.1 – 6.
- Kirkby, E. y Romheld, V. 2008b. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad (Segunda parte). *Informaciones Agronómicas* 69: p.9 – 13.
- Kirkby, E. y Romheld, V. 2008c. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad (Tercera parte). *Informaciones Agronómicas* 70: p.10 – 13.
- Leiva, I. 2012. Aspectos para la nutrición del cacao *Theobroma cacao* L. p 33. Facultad de ciencias agrarias. (En línea). Consultado el 28 de jul 2016. Formato PDF. Disponible en
- Leiva, I.; Ramírez, R. 2012. Captura de Carbono en Agroecosistemas Con Cacao *Theobroma Cacao* L. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, ARG.
- LOES (Ley Orgánica de Educación Superior). 2010. Ley de educación superior del Ecuador. Quito, EC. p 20.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2013. Cacao, Boletín Situacional Cacao. Quito, EC. p 4.

- _____. 2014. Boletín Situacional Cacao. Quito, EC. (En línea). Consultado el 25 de jul 2016. Formato PDF. Disponible en <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2014/dboletin-situacional-de-cacao-2014-actualizado.pdf>
- Motato, N. y Pincay, J. 2015. Calidad de los suelos y aguas para riego en áreas cacaoteras de Manabí. *La técnica* 14: 6 – 23.
- Morais, F. 1998. Efeitos do fracionamento da adubação mineral, da adubação orgânica e da calagem na produtividade e incidência de vassoura-de-bruxa em cacauzeiros da amazônia. *R. Bras. Ci. Solo.* 22:71-75.
- Miguez, F. 2006. Efecto de la aplicación de promotores de crecimiento sobre la velocidad de germinación y el vigor en semillas de maíz. Informe presentado a Fertiva Latinoamericana S.A.
- Ofori-Frimpong, K., Asase, A., Mason, J. & Danku, L. 2007. Shaded versus unshaded cocoa: implications on litter fall, decomposition, soil fertility and cocoa pod development. Symposium on multistrata agroforestry systems with perennial crops, CATIE Turrialba, pp. 17-21. Costa Rica.
- Petri, J. y Toribio, M. 2009. Fertilización balanceada. *Investigación y Desarrollo* 17 p 1–12.
- Pico, J.; Calderón, D.; Fernández, F.; Díaz, A. 2012. Guía del manejo integrado de enfermedades del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en la Amazonía. Estación Experimental Central de la Amazonía – INIAP, Joya de los Sachas, EC. p 19.
- Plan Nacional del Buen Vivir. 2013. Matriz de políticas y lineamientos estratégicos. Quito, EC. p 602.

- PRO ECUADOR (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones). 2013. Análisis del sector cacao y elaborados. Quito, EC. p 40.
- Puentes, Y.; Menjivar, J.; Gómez, A. y Aranzazu, F. 2014. Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento. *Acta Agronómica* 63 (2) p 145–152.
- Puentes, Y.; Gómez, A. and Menjivar, J. 2015. Influence of the relationship among nutrients on yield of cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones. *Acta Agron.* 65 (2): 176-182.
- Pinto, D.; Galeas, M.; Spaggiari, C.; Silva, D.; Siqueira, P.; Cao, J y Zanetti, L. 2012. Alterações fisiológicas após aplicação de silício em cacau e sua influência na preferência por pulgões. *Rev. Ceres, Viçosa* 59(3): 360-367.
- Ramírez, H. 2003. El uso de hormonas en la producción de cultivos hortícolas para exportación. p 22. En: *Memorias del III Simposio Nacional de Horticultura*. Saltillo, MEX.
- Rakshit, A.; Bahadur, H. and Sen, A. (Eds.). 2015. *Nutrient Use Efficiency: from Basics to Advances*. Springer New Delhi Heidelberg New York Dordrecht London. 417 p.
- Robledo, C. 2010. *Técnicas y Proceso de Investigación: Instrumentos de la Investigación Documental*.
- 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.
- Snyder, C. 2009. Eficiencia del uso de nitrógeno: Desafíos mundiales y tendencias futuras. *Informaciones Agronómicas* 75 p 1–5.

- Sabino, H.; Lavres, J. and Ferreira, M. 2007. Azufre como nutriente y agente de defensa contra plagas y enfermedades. *Informaciones Agronómicas* 65: 1 – 4.
- Suárez, A; Perez, A; Cruz, I. 2016. Propuesta de Técnicas para la evaluación de los Servicios del Centro de Recurso para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. Vol 3.
- Taíz, L. y Zeiger, E. 2006. *Fisiología vegetal*, 3 ed. Universitat de Jaume I. Castelló de la Plana, ES. p 1338.
- Uribe, A., Méndez, H. y Mantilla, J. 2000. Efecto de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en la producción de cacao en Colombia. *Informaciones Agronómicas* 41 p 4–7.
- Uribe, A.; Méndez, H. and Mantilla, J. 2001. *Better Crops International* 15(2): 3 – 5.
- Van Vliet, J.; Slingerland, M. and Giller, K. 2015. Mineral nutrition of cocoa: a review. 57 pp. Wageningen University and Research Centre, Wageningen.
- Williams, J. and Cooper, R. The oldest fungicide and newest phytoalexin – reappraisal of the fungicity of elemental sulphur. *Plant Pathology* 53: 263 – 279.
- Yakuzzi, E.; Martín, F.; Quiñones, H. y Popovsky, M. 2004. El Diseño Experimental y los Métodos de Taguchi: conceptos y aplicaciones en la industria farmacéutica. (En línea). Consultado el 25 de ago 2017. Formato PDF. Disponible en aotsargentina.org.ar/.

Yáñez, J. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. p 22. En: Memorias del II Simposio Nacional de Horticultura. Saltillo, MEX.

Zuidema, P.; Leffelaar, P.; Gerritsma, W.; Mommer, L. and Anten, N. 2005. A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): model presentation, validation and application. *Agric. Syst.* 84:195-225.

ANEXOS

ANEXO 1
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL SUELO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: Cedeño García Galo Sr.	Nombre	: ESPAM-MFL	Cultivo Actual	:
Dirección	: Chone	Provincia	: Manabí	Nº Reporte	: 502
Ciudad	: Chone	Cantón	: Calceta	Fecha de Muestreo	: 26/05/2016
Teléfono	: 0988547429	Parroquia	:	Fecha de Ingreso	: 30/05/2016
Fax	:	Ubicación	: Sitio El Limón	Fecha de Salida	: 10/06/2016

Nº Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm																
	Identificación	Area		NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B												
78889	M1 Barbecho		6,7	PN	5	B	45	A	1,09	A	21	A	4,7	A	5	B	0,9	B	2,1	M	25	M	5,1	M	0,23	B



INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES		
pH	MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAAl = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	pH	= Suelo: agua (1:2,5)	Olsen Modificado
MeAc = Media. Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino	AI = Alcalino	M = Medio	A = Alto	N,P,B	= Colorimetría	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
	N = Neutro					S	= Turbidimetría	Fosfato de Calcio Monobásico
						K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Absorción atómica	B,S

x. w. J. J. J.
LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

La muestra será guardada en el Laboratorio,
por tres meses, tiempo en el que se aceptarán
reclamos en los resultados

+ J. J. J.
RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: Cedeño García Galo Sr.	Nombre	: ESPAM-MFL	Cultivo Actual	:
Dirección	: Chone	Provincia	: Manabí	Nº de Reporte	: 502
Ciudad	: Chone	Cantón	: Calceta	Fecha de Muestreo	: 26/05/2016
Teléfono	: 0988547429	Parroquia	:	Fecha de Ingreso	: 30/05/2016
Fax	:	Ubicación	: Sitio El Limón	Fecha de Salida	: 10/06/2016

Nº Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	g/cm3	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na									C.E.	M.O.	Mg	
502						4,4	4,31	23,58	26,79	1,20		44	31	25	Franco



INTERPRETACION		
Al+H, Al y Na	C.E.	M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino
T = Tóxico		

ABREVIATURAS
C.E. = Conductividad Eléctrica
M.O. = Materia Orgánica
RAS = Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA
C.E. = Conductímetro
M.O. = Titulación de Winkley Black
Al+H = Titulación con NaOH

x. w. J. J. J.
LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

La muestra será guardada en el Laboratorio,
por tres meses, tiempo en el que se aceptarán
reclamos en los resultados

+ J. J. J.
RESPONSABLE LABORATORIO

ANEXO 2

PROCESO DE LA EVOLUCION DE LOS FERTILIZANTES APLICADOS EN EL
ÁREA DE ESTUDIO (CACAO)



ANEXO 2.1. ESTADO INICIAL DEL ÁREA EN ESTUDIO



ANEXO 2.2. DESMALEZADO DE LAS PLANTAS



ANEXO 2.3. PESAJE Y MESCLA DE FERTILIZANTES



ANEXO 2.4. PRODUCTOS UTILIZADOS EN LA FERTILIZACIÓN



ANEXO 2.5. DESCHUPONADO DE PLANTAS



ANEXO 2.5.1. DESCHUPONADO DE PLANTAS



ANEXO 2.6. LIMPIEZA DE LA CORONA DE LAS PLANTAS (PREVIO A LA FERTILIZACIÓN)



ANEXO 2.7. PLANTA EN PRODUCCIÓN ÓPTIMA



ANEXO 2.8. FERTILIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



**ANEXO 2.9. TOMA DE DATOS DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO
(PRODUCCIÓN)**



**ANEXO 2.10. TOMA DE DATOS DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO
(ESCOBA VEGETATIVAS)**