

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIAS EN CONSERVACION DE
SUELOS Y AGUA



“EFECTO DE LA FERTILIZACION ORGANICA Y
MICROELEMENTOS EN EL RENDIMIENTO DE CACAO CCN51
(*Theobroma cacao* L.) EN JAEN”

Tesis

Para optar el Título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

Presentado por:

VICTOR LUDEÑA DÁVILA

PROMOCIÓN 2007 - I

Tingo María – PERU

2013

DEDICATORIA

A mis amados padres Nilda Dávila Pinedo y Jaime Ludeña Cárdenas, mis hermanos Ingrid, Elizabeth, Jaime, Jackeline y Jessica, por apoyarme siempre en el logro de mis metas y sueños.

A la gerencia y directivos de la Central Fronteriza del Norte de Cafetaleros (CENFROCAFE), por darme la oportunidad de desarrollarme y por el apoyo incondicional que me brindaron en el desarrollo de mi tesis.

AGRADECIMIENTO

- ADios, ser omnipotente por iluminar y guiar mi camino a cada paso que emprendo.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Alma Mater, en especial a los profesores y amigos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes me apoyaron en mi formación profesional.
- A la Central Fronteriza del Norte de Cafetaleros (CENFROCAFE) y a su representada el Ing. Teodomiro Melendrez Ojeda, como gerente general, y a los señores directivos por brindarme la confianza y facilidades para realizar mi tesis en su prestigiosa empresa, a todo el personal técnico administrativo y a las 2000 familias cafetaleras y cacaoteras que integran y conforman CENFROCAFE quienes han contribuido de una u otra manera durante la ejecución del presente trabajo de investigación.
- A la familia Guzmán Guerrero, por facilitarme la realización del presente trabajo de investigación brindándome su parcela productiva de cacao y apoyo hasta la culminación.
- Amis amigos Laura CotrinaLobón, Rosario Malpartida Rodríguez, Willy Daniel Ríos Vargas, Pool Lama Isminio, Katty G Natividad Barreto, quienes me brindaron su apoyo y afecto personal, puro y desinteresado fortificándome para el logro del presente trabajo.
- A todas las personas que en forma directa o indirecta hicieron posible el desarrollo del presente estudio, a todos ellos "MIL GRACIAS".

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades del cacao.....	3
2.2 Condiciones edafoclimáticas	4
2.2.1 Suelo.....	4
2.2.2 Clima.....	4
2.2.3 Temperatura	4
2.3 Producción de cacao.....	5
2.4 Ensayos en fertilización de cacao	5
2.4.1 La fertilización del cacao	5
2.4.2 Experimentos de fertilización en cacao	7
2.4.3 Fertilización orgánica	10
2.4.4 Nutrientes y deficiencias.....	11
2.4.5 Micronutrientes.....	16

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. Lugar de ejecución	19
3.2. Características edafoclimáticas de la zona.....	19
3.2.1. Clima.....	19
3.2.2. Suelo.....	19
3.2.3. Zona de Vida	20
3.2.4. Fisiografía	20
3.3. Material genético.....	21
3.4. Equipos y materiales	21
3.4.1. Equipos	21
3.4.2. Materiales	21
3.4.3. Insumos.....	21
3.5. Métodos de análisis.....	23
3.5.1. Determinación de rendimiento.....	23
3.6. Metodología experimental	23
3.6.1. Determinación del rendimiento de cacao grano seco en diferentes tipos de fertilización	23

IV. RESULTADOS	26
4.1 Determinación del rendimiento de producción en la parcela de cacao de la variedad CCN 51.....	26
4.1.1 Evaluación del primer trimestre	26
4.1.2 Evaluación del segundo trimestre	28
4.1.3 Evaluación del tercer trimestre	30
4.1.4 Evaluación del cuarto trimestre	32
4.2 Evaluación anual.....	34
V. DISCUSIÓN	36
5.1 De la determinación del rendimiento de producción en la parcela de cacao de la variedad CCN 51.....	36
5.1.1 Evaluación del primer trimestre	36
5.1.2 Evaluación del segundo trimestre	37
5.1.3 Evaluación del tercer trimestre	38
5.1.4 Evaluación del cuarto trimestre	39
5.1.5 Evaluación anual	40
VI. CONCLUSIONES	42

VII. RECOMENDACIONES.....	43
VIII. ABSTRACT	44
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	45
X. ANEXO.....	48

INDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Respuesta del cacao a la aplicación del nitrógeno, fósforo y potasio en la localidad de Lebrija.	8
2. Requerimientos nutricionales en diferentes estados de desarrollo del cacao Kg/ha.....	9
3. Nutrientes removidos por una cosecha de 1000 Kg/grano seco/año.....	9
4. Guía de recomendación de fertilización para el cultivo de clones de cacao.....	10
5. Análisis químico del suelo de la parcela de investigación	20
6. Dosificación por tratamiento, kg/ha	22
7. Fórmulas empleadas en el presente experimento, expresadas en Kg/ha/año.	24
8. Fraccionamiento de las diferentes fertilizaciones en la aplicación	24
9. Distribución de los bloques y tratamientos en campo.....	25
10. Determinación del rendimiento de producción de los granos de cacao de la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización con cuatro repeticiones.	26
11. Comparación múltiple mediante la prueba Duncan al 95 % de confianza en la producción promedio de los granos de cacao en la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización	27

12. Determinación del rendimiento de producción de los granos de cacao en la variedad CCN 51 con las diferentes fórmulas de fertilización en las cuatro repeticiones.....	28
13. Comparación múltiple mediante la prueba Duncan al 95 % de confianza en la producción promedio de los granos de cacao en la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización	29
14. Determinación del rendimiento de los granos de cacao en la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización en las cuatro repeticiones.....	30
15. Comparación múltiple mediante la prueba Duncan al 95 % de confianza en la producción promedio de los granos de cacao en la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización	31
16. Determinación del rendimiento de producción los granos de cacao en la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización con cuatro repeticiones.	32
17. Comparación múltiple mediante la prueba Duncan al 95 % de confianza en la producción promedio de los granos de cacao en la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización	33
18. Resultados en kilogramos de la producción de cacao variedad CCN51, del primer al cuarto trimestre de evaluación.	34
19. Comparación múltiple mediante la prueba Duncan al 95 % de confianza en la producción promedio de los granos de cacao en la variedad CCN 51 con las diferentes fórmulas de fertilización	34

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Representación del rendimiento promedio en la producción de cacao con las diferentes fórmulas de fertilización.	27
2. Representación del rendimiento promedio en la producción de cacao con las diferente fórmulas de fertilización.	29
3. Representación del rendimiento promedio en la producción de cacao con las diferentes fórmulas de fertilización.	31
4. Representación del rendimiento promedio en la producción de cacao con las diferentes fórmulas de fertilización.	33
5. Representación gráfica del rendimiento promedio por hectárea de cacao en los diferentes tratamientos, expresados en kg.	35
6. Demarcación de las parcelas experimentales	54
7. Parcelas instaladas según DBCR	54
8. Insumos utilizados en la fertilización	55
9. Homogenización de insumos para la fertilización	55
10. Labores de fertilización alrededor de la planta bajo la copa.	56
11. Cubriendo con mulch a la zona fertilizada.....	56
12. Tareas de recolección del cacao.....	57
13. Cacao recolectado, correspondiente al tratamiento T3	57
14. Evaluación del peso de las almendras del cacao.	58
15. Cálculo de la rentabilidad del producto.	58

RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de fertilización combinada orgánica y micro elementos en cuanto al rendimiento de cacao cv CCN51 (*Theobroma cacao* L.) de la parcela del señor Luis Guzmán Guerrero, ubicado en la localidad de San Lorenzo, distrito de Bellavista, provincia de Jaén, región de Cajamarca. La investigación se realizó de abril 2008 a abril 2009, los resultados del rendimiento del cacao cv CCN51 (*Theobroma cacao* L.) con las diferentes fórmulas de fertilización fueron evaluados mediante un Diseño en Bloque Completamente al Azar, con 4 tratamientos y 68 repeticiones, se realizó la prueba de Tuckey ($p > 0,05$), reportando en los cuatro trimestres el mejor resultado, para el tratamiento (T₃) con 1164.67, 1285.43, 1335.55 y 1408.51 kg de granos de cacao cv CCN51 (*Theobroma cacao* L.) seco al 8% de humedad aproximadamente y en cuanto a la evaluación anual se obtuvo 1298.30 kg para el tratamiento (T₃) y para (T₀) sin fertilización se obtuvo 697.34 kg de granos de cacao seco al 8% de humedad aproximadamente). Existiendo un 53.71% de incremento en la producción en referencia al tratamiento (T₀) sin fertilización en comparación al tratamiento (T₃).

I. INTRODUCCIÓN

El cacao se produce en más de 50 países, con un estimado mundial de 2' 818 000 t/año y entre los países de mayor producción se encuentra Costa de Marfil con el 43.5%, los países de América destacando Brasil, Ecuador y República Dominicana.

En el Perú han sido relativamente escasos los trabajos de investigación sobre fertilización edáfica en el cultivo del cacao. Se dispone de poca información sobre requerimientos nutricionales, dosis y épocas de aplicación, de acuerdo con la edad y grado de sembrío de las plantaciones de las diferentes zonas productoras.

No obstante los resultados hallados en las plantaciones evaluadas registran respuestas relativamente contundentes a la aplicación de fertilizantes. Los cuales nos permiten determinar y difundir un análisis comparativo entre la cantidad y el costo de los fertilizantes utilizados en el cultivo y la relación que tiene con la producción (ICT, 2004).

La fertilidad del suelo es la base de la productividad y de la viabilidad de los ecosistemas terrestres. Esa fertilidad solo puede ser mantenida o mejorada si la salud del suelo ("SoilHealth") es garantizada (DORAN y ZEISS, 2000)

En la búsqueda de una producción sostenible, los insumos para la fertilización orgánica en dosis diferentes tienen un papel esencial, tanto para la evaluación de las prácticas agrícolas convencionales, como para el desenvolvimiento de indicadores confiables de la respuesta agronómica y económica del cultivo del cacao, haciendo posible una aplicación racional y eficiente del concepto de fertilización; para lo cual se planteó la siguiente hipótesis:

La aplicación de la mezcla de fertilizantes en tres fórmulas diferentes en el cacao influye en su comportamiento productivo y económico.

Para demostrar la hipótesis planteamos los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Evaluar el efecto de la fertilización orgánica y micro elementos en el rendimiento del cacao cvCCN 51 en Jaén.

Objetivo específicos

- Determinar el rendimiento del cacao con las diferentes fórmulas de fertilización haciendo uso de insumos orgánicos y micro elementos.
- Encontrar la fórmula adecuada de fertilizantes orgánicos y micro elementos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es una especie originaria de los bosques tropicales húmedos de América del Sur. Sus almendras constituyen el insumo básico para la industria del chocolate, cosmética, farmacéutica y otros derivados.

La domesticación, cultivo y consumo del cacao fue hecho por los indígenas Toltecas, Aztecas y Mayas más de un milenio antes del descubrimiento de América. Hacia 1810, Venezuela se convierte en el país más importante del mundo en la producción de cacao, alrededor de 1820, los portugueses introducen los primeros cultivos de cacao en África, donde rápidamente se extiende. En Brasil se comienza igualmente a extender el cultivo, llegando a constituirse en uno de los mayores productores a escala mundial (ICT, 2004).

El cacao se vuelve un cultivo de renta importante y promisor en el Perú a partir de los años 1930. Su cultivo se desarrolla en la Amazonía con el asentamiento en la selva alta de campesinos provenientes de la sierra.

2.2 Condiciones edafoclimáticas

2.2.1 Suelo

Al cacao se lo cultiva hasta los 1200m.s.n.m y los suelos recomendados para la siembra deben ser en lo posible planos (vegas) o ligeramente inclinados, porque en términos generales estos tipos de suelos son fértiles y la erosión es mínima, las vegas de los ríos por lo general son buenas para el cacao. Los suelos más apropiados para el cultivo de cacao son los aluviales, profundos y fértiles (ICT, 2004).

En general los suelos requeridos deben ser de buena fertilidad, sueltos y profundos, materia orgánica abundante pH entre 6 y 7 y bien drenados.

2.2.2 Clima

El cacao necesita para su desarrollo, una considerable cantidad de agua que oscila entre los 1800 –2500 mm de lluvia bien distribuidas durante el año.

2.2.3 Temperatura

El cacao necesita una temperatura moderada entre los 24y 26 °C, con una humedad relativa de 70 a 80% (CAMAREN, 2005).

2.3 Producción de cacao

En el Perú las principales zonas de producción son: Jaén, Bagua, Alto Huallaga, Huallaga Central, Satipo, Valle del Río Apurímac y La Convención. Entre las zonas potenciales se puede mencionar las zonas de Pichis y del Palcazú.

El cacao es un arbusto que genera ingresos permanentes para el campesino por muchos años consecutivos, cuyo manejo en chacra es muy sencillo y que puede cosecharse cada quince días.

Al quinto año, en plena producción, una hectárea de cacao puede llegar a rendir más de 2 mil kilogramos, en condiciones adecuadas de manejo, lo que significa para el productor un buen ingreso al año.

El Perú produce apenas el 1% del cacao que se negocia en el mundo, por ello, las oportunidades de crecimiento en este sector son importantes, más aun la expectativa es mayor desde que China ha empezado a consumir cacao.

Los territorios de clima tropical, desde San Martín hasta Puno, son ideales para el cultivo de cacao. En la actualidad, el Perú produce más de 30 mil toneladas de cacao(MINAG, 2004.).

2.4 Ensayos en fertilización de cacao

2.4.1 La fertilización del cacao

La fertilización es una práctica muy importante porque permite la recuperación rápida de plantaciones debilitadas, favorece de forma significativa el aspecto vegetativo (área foliar), permite la recuperación rápida de copa,

disminuye la pérdida de frutos por chereles/marchitez y consecuentemente aumenta la producción.

En los frutales perennes, las exigencias nutricionales para satisfacer sus procesos fisiológicos (crecimiento vegetativo, floración y fructificación), varían de acuerdo con la edad de la planta. El cacao es una planta que necesita “altos” requerimientos de nutrientes minerales para producir cosechas rentables en forma sostenida año tras año. Tal es así que la fertilización basada en criterios técnicos constituye, como tal, una de las labores culturales más efectivas para mejorar su productividad (ICT, 2004).

La absorción de nutrientes por el cultivo de cacao aumenta rápidamente en los primeros 5 años luego de la siembra, para más tarde estabilizarse manteniendo esa tasa de absorción por el resto de su vida útil. La cantidad exacta de nutrientes removidos por un cultivo dependen en particular del estado nutricional de la plantación.

Antes de realizar un programa de fertilización, debe hacerse un análisis de suelo, para determinar los requerimientos nutricionales del cultivo. Las aplicaciones de fertilizantes deben ser distribuidas en todo el año en un suelo húmedo, o en épocas de lluvias, las respuestas a estos tratamientos de fertilización significan un incremento de hasta el 100% frente a plantaciones sin fertilización, indicando un balance positivo a los gastos e ingresos.

El modo de aplicar los fertilizantes puede ser en media luna, circular o en hoyos, siempre bajo la copa del árbol, previa limpieza del área a fertilizar y luego cubrirla con material vegetal (ANECACAO, 2006).

La fertilización no tiene efecto deseable si es que el árbol de cacao no ha sido podado y no habrá efecto de la poda si no se realiza una adecuada fertilización. El exceso de árboles de sombra no favorece el efecto de la fertilización, porque las raíces de estos árboles compiten con el cacao para la extracción de agua y nutrientes (ICT, 2004).

2.4.2 Experimentos de fertilización en cacao

En Brasil, experimentos realizados han demostrado que la fertilización del cacao bajo sombra ocasionan pequeños incrementos en la producción, mientras que a plena exposición con abonamiento, han registrados incrementos considerables en la producción. La fotosíntesis es mucho más intensa en una plantación sin sombra y su respuesta a la fertilización es alta. El efecto de los abonos es reducido con sombra y mayor sin sombra (CADAVID, 1980).

Resultados de un experimento realizado durante 4 años en Marsella (Risaralda), en un cultivo de cacao, de 9 años de edad, constituida por una mezcla comercial de híbridos, se halló que los resultados de la fertilización en esta especie se obtienen a largo plazo y que el tratamiento 60-150-30 mostró seguridad en el promedio de producción, con 2,536 kg/ha/año, produjo mayor rentabilidad (PINTO, 1962; MURRAY, 1982).

En cacao la alta producción obtenida en ausencia de sombreamiento, se correlaciona inversamente a la longevidad de la planta, esta situación se atenúa con la fertilización. Con la cual se tienen incrementos hasta

llegar a su máximo con el 75% de luz. Para lograr el beneficio completo del fertilizante debe reducirse el número de árboles de sombra (CADAVID, 1980)

Experimentos realizados en Nigeria, confirman los resultados obtenidos en Trinidad, Ghana, Brasil y Colombia, ratificando incrementos en producción por la interacción de los fertilizantes y el raleototal o parcial de la sombra. (CADAVID, 1980). En el Cuadro 1 se presentan los rendimientos promedios obtenidos con la aplicación de los tres principales nutrientes en la localidad de Lebrija - Colombia.

Cuadro 1. Respuesta del cacao a la aplicación del nitrógeno, fósforo y potasio en la localidad de Lebrija.

Nutrientes (Kg/ha)			Rendimiento (Kg/ha)
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
80	150	160	721
120	90	160	667
120	150	160	604
Testigo0	0	0	425

Fuente: Mejía F. L., O Arguello C. 1997.

Es necesario conocer la absorción y dinámica de nutrientes en los diferentes estados de la planta (Cuadro 2), con el propósito de equilibrar las cantidades aplicadas y extraídas y el reciclaje de nutrientes aportado al suelo por la remoción de material vegetativo en las podas. El Cuadro 3 muestra los

principales nutrientes removidos por una cosecha de 1000 Kg de grano seco de cacao durante un año.

Cuadro 2. Requerimientos nutricionales en diferentes estados de desarrollo del cacao Kg/ha.

Estado – plantación	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Semillero	2.4	0.6	2.4	2.3	1.1
Crecimiento	139	14	151	113	47
Año 1 de producción	212	23	321	140	71
Producción	438	48	633	375	129

Fuente: Mejía F. L., O Arguello C. 1997.

Cuadro 3. Nutrientes removidos por una cosecha de 1000 Kg/grano seco/año.

Elemento Nutricional	kilogramos
Nitrógeno	31 – 40
Fósforo	5 – 6
Potasio	54 – 86
Calcio	5 – 8

Fuente: Mejía F. L., O Arguello C. 1997.

Cuadro 4. Guía de recomendación de fertilización para el cultivo de clones de cacao.

Disponibilidad de Nutrientes	edad (años)	Gramos por planta				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
Baja	2- 3	80	34	94	26	43
	3- 4	100	43	126	34	57
	> 4	120	51	154	43	71
Media	2- 3	57	17	43	14	21
	3- 4	71	23	47	18	27
	> 4	86	29	71	23	34
Alta	2- 3	34	10	31	9	9
	3- 4	46	14	40	10	17
	> 4	57	17	49	11	23

Fuente: (ANECACAO, 2006).

2.4.3 Fertilización orgánica

En cada una de las cosechas del cacao, las plantas extraen de los suelos más nutrientes de los que el mismo sistema aporta en materia orgánica. Por eso, para mantener la fertilidad del terreno, debemos utilizar abonos orgánicos. Dentro de los abonos orgánicos existen varios tipos, entre los más recomendados por su alto contenido de nutrientes están: lombrihumus, biofertilizantes, y bocashi. Una planta de cacao necesita libras de lombrihumus por cada año. La aplicación se realiza alrededor de la planta. (MEJIA, 2005)

2.4.4 Nutrientes y deficiencias

Para un adecuado desarrollo de las plantas se han estudiado 16 elementos esenciales, de estos, los más importantes para las plantas frutales perennes son: el nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre, boro, cobre, zinc y manganeso.

a. Nitrógeno

Es un elemento primario de las plantas, las formas iónicas que una raíz puede absorber son el nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+).

La deficiencia de N en las plantas disminuye el crecimiento, las hojas son pequeñas y tampoco se puede sintetizar la clorofila, de este modo aparece clorosis (hojas de color amarillo). La clorosis empieza en las hojas de mayor edad o inferiores, estas pueden llegar a caerse y si la carencia es severa puede aparecer clorosis en las hojas más jóvenes. Disminuye el tamaño de los frutos y su cuajado.

La carencia de nitrógeno se manifiesta en la reducción de la velocidad de crecimiento de las plantas. Si no existe suficiente N para ser traslocado de las hojas maduras a las hojas nuevas, las hojas viejas toman una tonalidad uniforme verde pálida o amarillenta. Cuando la deficiencia es severa este color se manifiesta incluso en las nervaduras (GARCÍA, 1993).

b. Fósforo

El fósforo es el principal elemento limitante de la producción de cacao bajo sombra. Además, se estableció que es baja la respuesta de cacao a fertilizantes fosfatados, cuando el fósforo disponible es mayor a 5 ppm, desapareciendo a partir de 15 ppm (CADAVID, 1980).

Su función está en la fotosíntesis, forma parte de la molécula de ATP permitiendo el almacenamiento y transferencia de energía. Acelera la madurez y se relaciona con la formación de semillas. Su deficiencia se caracteriza por una reducción del crecimiento, hojas pequeñas, marchitas y necróticas, finalmente se produce una caída prematura de éstas (RODRIGUEZ, 1982).

En experimentos de campo, describió la deficiencia de fósforo como una reducción del tamaño de la hoja y aparición de manchas necróticas distribuidas a través de toda la lámina. Al incrementar la dosis de P_2O_5 , aumenta la capacidad de las plantas para utilizar eficientemente el N y K_2O (TRACY, 1985).

c. Potasio

Es una sal blanca y soluble en agua y poco higroscópica. En forma natural puede ser obtenido de minas ubicadas en muchos lugares del mundo (PADILLA W, 1979).

Favorece la formación de carbohidratos, sacarosa, almidón, proteínas y lípidos. Contribuye a la mejor utilización de la reserva de agua al acelerar el crecimiento de las raíces. El potasio ejerce una función muy importante como osmo regulador disuelto en el jugo celular. En la raíz permite el movimiento del agua en la planta. Abre y cierra estomas en las hojas (economía del agua). El potasio cumple función reguladora con el nitrógeno, actúa en la resistencia al frío, heladas, resistencia a sequías, exceso de lluvia, salinidad, etc. La deficiencia del potasio en la planta tiene repercusión en el crecimiento y por lo tanto en la cosecha, frutos y granos pequeños y sin peso, cuando es notoria esta deficiencia (a la maduración del fruto), es difícil la corrección para la presente campaña. Los síntomas de deficiencia de K aparecen inicialmente en las hojas más viejas con parches intervenales de color verde amarillento pálido ubicados cerca de los márgenes de las hojas, luego se necrosan. Generalmente en una plantación deficiente en K se observan pocas hojas con los síntomas debido a que las hojas afectadas se caen fácilmente, después de volverse completamente amarillo naranja (GARCÍA, A. 1993).

El potasio se toma del suelo en forma iónica (K^+). A diferencia del N y P, el K no forma compuestos orgánicos, su función está relacionada con diversos procesos metabólicos. Es vital en la fotosíntesis; cuando hay deficiencias, ésta se reduce e incrementa la respiración, por lo que disminuye la acumulación de carbohidratos, como consecuencia adversa en el crecimiento y producción de la planta. El potasio está presente en todo el tejido vegetal; es un componente importante de los suelos fértiles. Es absorbido en

grandes cantidades por las plantas, más que cualquier otro, a excepción del nitrógeno y en algunos casos del calcio (TISDALE y NELSON, 1987).

d. Azufre

Estudios preliminares sugieren una respuesta positiva del cultivo frente a la fertilización azufrada en aquellos suelos que presentan bajos contenidos de materia orgánica, menos de 6 ppm de S-SO₄ antes de la siembra, suelos de textura arenosa y en lotes que han sido sometidos a agricultura permanente (IRIARTE, 2007). La insuficiente disponibilidad de S en la solución del suelo es causante de una alta tasa de aborto floral y la formación de frutos pequeños con malformaciones (TOMM, 2007).

El azufre es esencial para que la fotosíntesis y la respiración sean óptimas, aumenta la calidad y la cantidad de las semillas

La presencia de azufre en suelos con altos contenidos de sodio, de manera especial el carbonato sódico, puede ser muy bien aprovechada, para lixiviar como sales de sodio y bajar los contenidos de este elemento en el suelo y disminuir su alcalinidad. Cuando el azufre es añadido al suelo, microorganismos como el *Thiobacillus oxidans* convierte el azufre en ácido sulfúrico (H₂SO₄). Esta reacción de oxidación produce energía, la cual es utilizada por los organismos. El ácido sulfúrico producido en la reacción se ioniza y produce iones H⁺, los cuales causan una reducción en el pH.

El azufre aumenta la resistencia de la planta frente a infecciones, estimula la producción de semillas, procura el crecimiento más vigoroso de las plantas.

Los síntomas de deficiencia de azufre (S) se presentan inicialmente en las hojas nuevas que desarrollan un color amarillento brillante incluyendo las nervaduras, en las hojas viejas se presentan parches amarillentos de tono pálido, posteriormente el brillo desaparece y la tonalidad es pálida y el síntoma aparece en todas las hojas (PADILLA W, 1979).

e. Magnesio

El síntoma típico de deficiencia de Magnesio (Mg) aparece como una clorosis que comienza en áreas cercanas a la nervadura central de las hojas más viejas, en casos severos de deficiencia presentan áreas necróticas aisladas (GARCÍA, 1993).

f. Calcio

El Calcio se considera un nutriente secundario de las plantas. La absorción del calcio por la planta es pasiva y no requiere una fuente de energía. El calcio se transporta por la planta principalmente a través del xilema, junto con el agua. Por lo tanto, la absorción del calcio, está directamente relacionada con la proporción de transpiración de la planta. Las condiciones de humedad alta, frío y un bajo nivel de transpiración pueden causar deficiencia del calcio. El aumento de la salinidad del suelo también

podría causar deficiencia de calcio, ya que disminuye la absorción de agua por la planta.

Dado que la movilidad del calcio en las plantas es limitada, la deficiencia de calcio aparece en las hojas más jóvenes y en la fruta, porque tienen una tasa de transpiración muy baja. Por lo tanto, es necesario tener un suministro constante de calcio para un crecimiento continuo.

La deficiencia del calcio es generalmente causada debido a una baja disponibilidad del calcio o debido a un estrés hídrico que tiene como resultado bajas tasas de transpiración. Estas deficiencias pueden ocurrir aun cuando el suelo aparenta tener una presencia de calcio adecuado (TOMM, 2007).

2.4.5 Micronutrientes

Los micronutrientes son esenciales para el crecimiento y producción de las plantas. En suelos con carencias de micronutrientes, la aplicación de pequeñas cantidades de estos micronutrientes puede mejorar enormemente la cosecha, los principales micronutrientes son: boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), y zinc (Zn). El término de micronutrientes no implica que estos elementos se presenten en "micro" cantidades de rocas y suelos. Micronutrientes como el Fe y Mn, están entre los elementos más abundantes en la corteza terrestre. Los demás microelementos se producen en concentraciones menores al 0,1%, por lo que son considerados "elementos

traza". El término micronutrientes tiene relación con las pequeñas cantidades requeridas por las plantas.

a. Boro

La deficiencia de B afecta la viabilidad del polen y el crecimiento de los tubos polínicos, afectando de esta manera la formación de las semillas, así mismo, se pueden observar quebraduras en el tallo y las ramas de estos tejidos tienden a exudar. Uno de los primeros síntomas en aparecer es una reducción en el tamaño de los entrenudos, acompañado de la formación profusa de chupones y de hojas encrespadas en las cuales se curva la lámina hacia el exterior y el ápice se enrosca (GARCÍA, 1993).

b. Manganeso natural

El manganeso natural es una roca sedimentaria con 99 % de riqueza de Mn^{++} su molienda es por trituración. Este elemento esencial participa en procesos metabólicos importantes de la planta como la fotosíntesis y el metabolismo de los hidratos de carbono estando asociado a la producción de la clorofila. La deficiencia presenta síntomas parecidos a la deficiencia de magnesio y hierro (CROWLEY, D, SMITH, W., FABER, B., and MANTHEY, J. 1996).

c. Zinc

El zinc actúa como enlace de muchos sistemas enzimáticos, síntesis y degradación de proteínas de modo similar al magnesio y manganeso.

Los síntomas de deficiencia de zinc (Zn) más útiles para diagnóstico visual son las venas prominentes en las hojas muy jóvenes, la reducción en el ancho de la lámina foliar, el enrollamiento en espiral, la presencia de clorosis en las nervaduras principales. En casos de deficiencia intermedia, la hoja puede presentar una proporción anormal entre el largo y el ancho y áreas cloróticas bien definidas a cada lado de la nervadura central (GARCÍA, 1993).

El sulfato de zinc es el fertilizante inorgánico más eficiente para corregir las deficiencias de zinc, ya sea aplicado directo al suelo bajo el dosel del árbol justo bajo el micro chorro, o bien mediante la disolución en el agua de riego. (CROWLEY. D, SMITH, W., FABER, B., and MANTHEY, J. 1996).

d. Cobre

La actividad principal del cobre se desarrolla en el campo de las enzimas, también está en los cloroplastos que actúan en la fotosíntesis. La deficiencia se muestra como reducción de entrenudos, deformación de puntas y bordes de hojas que se tuercen. Como toxicidad reduce rápidamente el desarrollo de la raíz y la clorosis similar a la falta de hierro, no abusar de los productos cúpricos para el control de enfermedades fungosas (CROWLEY. D, SMITH, W., FABER, B., and MANTHEY, J. 1996).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo se realizó en una hectárea de cacao en producción de la variedad CCN 51 de abril 2008 a abril de 2009, en la parcela del señor Luis Guzmán Guerrero, ubicado en la localidad de San Lorenzo, distrito de Bellavista, provincia de Jaén, región de Cajamarca. En las coordenadas geográficas de 05° 42' 15" latitud sur, 78° 48' 29" longitud oeste, con una altitud de 750 m.s.n.m.

3.2. Características edafoclimáticas de la zona

3.2.1. Clima

Las condiciones climáticas pertenecen a una zona ecuatorial seca, presentando una temperatura mínima de 21 °C y una máxima de 30 °C, con precipitación anual promedio de 750 – 1000 mm y humedad relativa promedio de 64%.

3.2.2. Suelo

El Cuadro 5 muestra un resumen del análisis químico del suelo de la parcela en investigación realizado en el ICT de Tarapoto donde presenta una clase textural arcillosa con pH 7.8, teniendo una capacidad de intercambio catiónico de 25.8 meq/100g, sin presencia de sales, perteneciente a una

mezcla de órdenes entre entisol y vertisol, considerándose apto para el cultivo de cacao con algunas limitaciones de fuente de agua y disponibilidad de nutrientes por el elevado pH.

Cuadro 5. Análisis químico del suelo de la parcela de investigación

Características	Cantidad
Ph	7.8
Materia Orgánica (%)	2.8
N (%)	0.13
P (ppm)	5.76
K (ppm)	86.00
CIC (meq/100g)	25.8

Fuente: I.C.T – Tarapoto.

3.2.3. Zona de Vida

HOLDRIDGE (2000) tipifica al lugar como una zona de vida de bosque seco Tropical (Bst) con régimen climático cambiante. En las plantaciones de cacao se cuenta con árboles de cerezo de 6 años de vida aproximadamente.

3.2.4. Fisiografía

Es una área aproximadamente 1.0 Ha con un relieve de pendiente ligera 2%.

3.3. Material genético

Plantas de cacao de la variedad CCN 51 en estado de producción(6 años) en la parcela del señor Luís Guzmán Guerrero.

3.4. Equipos y materiales

3.4.1. Equipos

- Tijera de poda marca Bahco modelo P 110 – 23
- Serrucho de podar marca Bahco modelo PG – 72
- Tijera de poda marca Bahco media luna modelo P 34 – 27A

3.4.2. Materiales

- Carretilla
- Palana
- Machete corto (40 cm, aproximadamente)marca gavián sin filo.
- Wincha de marca Stanley de 50m.
- Costales de polietileno
- Balanza marca CAMRY de 5 kg de capacidad
- Letreros de madera

3.4.3. Insumos

- Guano de Isla con 13% de nitrógeno, 11% de fósforo y 2% de potasio.
- Sulfato de potasio con 50% de potasioy 18% de azufre.

- Kieresita con 12% de magnesio y azufre 28%.
- Yeso agrícola con 26%calcio 50% de azufre
- Ulexitacon 2% de potasio, 14% de calcio, 2% de magnesio, 6% de azufre y 12.5% de boro 40 kg.
- Sulfato de cobre con 25% de cobre
- Sulfato de zinc con 18% de azufre y 36% de zinc
- Sulfato de manganeso99% de manganeso.

El Cuadro 6 muestra la cantidad de nutrientes aplicados por tratamiento expresados en kg/ha

Cuadro 6. Dosificación por tratamiento, kg/ha

Tratamientos				
Fertilizantes	T3	T2	T1	T0
Guano de Isla	923.1	769.2	615.4	0.0
Sulfato de Potasio	320.0	240.0	180.0	0.0
Kieresita	208.0	125.0	50.0	0.0
Ulexita	40.0	40.0	40.0	0.0
Yeso Agrícola	300.0	100.0	50.0	0.0
Sulfato de cobre	1.00	1.00	1.00	0.0
Sulfato de Zinc	1.40	1.40	1.40	0.0
Manganeso Natural	1.00	0.50	0.50	0.0

Fuente: Elaboración propia

3.5. Métodos de análisis

3.5.1. Determinación de rendimiento

Se determinó en Kilogramos para los cuatro trimestres, para luego ser expresado en Kg por hectárea.

3.6. Metodología experimental

3.6.1. Determinación del rendimiento de cacao grano seco en diferentes tipos de fertilización

Para la determinación del rendimiento de producción del cacao con las diferentes fórmulas de fertilización se procedió a realizar una segmentación del área en estudio en 16 partes iguales de 51 x 12 m cada una, con un distanciamiento de siembra del cultivo de 3 x 3 m, obteniéndose 272 plantas por tratamiento, 68 plantas por unidad experimental haciendo un total de 1088 plantas. Cada unidad experimental fue cosechada por separado, la cosecha cada quince días durante un año. Se efectuó el quiebre de las mazorcas para la extracción de las almendras, se realizó el secado durante 7 días en promedio hasta obtener un porcentaje de humedad del 8% aproximadamente, se trabajó 4 tratamientos de fertilización con diferentes fórmulas tal como se observa en el cuadro 7, para la fertilización (T_3) 120g de nitrógeno, 100g de P_2O_5 , 160g de K_2O , 25g de MgO , 150g de azufre, 5g de boro, 0.5g de zinc, 0.25g de cobre y 1g de manganeso, fertilización (T_2) 100g de nitrógeno, 80g de P_2O_5 , 120g de K_2O , 15g de MgO , 50g de azufre, 5g de boro, 0.5g de zinc, 0.25g de cobre y 0.5g de manganeso, fertilización (T_1) 80g de nitrógeno, 65g de P_2O_5 , 90g de K_2O , 6g de MgO , 25g de azufre, 5g de boro, 0.5g de zinc, 0.25g de cobre y

0.5g de manganeso y un tratamiento sinfertilización (T_0) que sirvió como un testigo.

Cuadro 7. Fórmulas empleadas en el presente experimento, expresadas en Kg/ha/año.

Tratamientos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	B	Zn	Cu	Mn
T ₃	120	100	160	25	150	5	0.5	0.25	1.0
T ₂	100	80	120	15	50	5	0.5	0.25	0.5
T ₁	80	65	90	6	25	5	0.5	0.25	0.5
T ₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Se realizó 3 aplicaciones con un intervalo de tiempo de 4 meses, para el guano de isla y el sulfato de potasio se ha fraccionado, los demás insumos se aplicaron en un solo momento. El experimento se inició en abril del 2008 finalizando en abril del 2009.

Cuadro 8. Fraccionamiento de las diferentes fertilizaciones en la aplicación

Aplicaciones	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Demás elementos
1	1/3 Total	1/3	Total	
2	1/3	-	1/3	-
3	1/3	-	1/3	-

Se realizó poda a las plantas y los restos vegetales obtenidos se usaron como cobertura muerta sobre el suelo fertilizado.

Los resultados fueron analizados mediante un diseño en bloque completamente al azar, en los 4 tratamientos incluido T0, donde existe diferencia estadística se procedió a determinar la prueba de Tuckey ($p > 0,05$) tal como se presenta en el diseño experimental.

Modelo estadístico lineal:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + E_j + \xi_{ij}$$

Y_{ij} : La observación en el i – ésimo bloque, en el j – ésimo tratamiento

B_i : Efecto en el i – ésimo bloque (4cuatro bloques)

E_j : Efecto en el j – ésimo tratamiento (cuatro tratamientos)

ξ_{ij} : Error experimental de la observación en el i – ésimo bloque y en el j – ésimo tratamiento.

Cuadro 9. Distribución de los bloques y tratamientos en campo.

BLOQUE I	T1	T3	T0	T2
BLOQUE II	T0	T2	T1	T3
BLOQUE III	T3	T1	T2	T0
BLOQUE IV	T2	T0	T3	T1

El rendimiento de cada cosecha se obtuvo con el peso del grano seco (8% de humedad).

IV. RESULTADOS

4.1 Determinación del rendimiento de producción en la parcela de cacao de la variedad CCN 51

4.1.1 Evaluación del primer trimestre

En el Cuadro 10 se muestran los resultados del rendimiento en la producción de los granos de cacao de la variedad CCN 51 y en el Cuadro 11 la comparación múltiple mediante la prueba Duncan al 95% de confianza obtenido con las fórmulas de fertilización:

Cuadro 10. Determinación del rendimiento de producción de los granos de cacao de la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización con cuatro repeticiones.

T	Rendimiento (Kg/ha)*			
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
T ₀	646.27 ± 0.199	636.67 ± 0.199	653.18 ± 0.199	659.33 ± 0.199
T ₁	790.66 ± 0.519	805.25 ± 0.519	788.35 ± 0.519	820.61 ± 0.519
T ₂	914.30 ± 0.735	912.77 ± 0.735	889.73 ± 0.735	917.76 ± 0.735
T ₃	1150.8 ± 1.316	1171.97 ± 1.316	1160.45 ± 1.316	1176.58 ± 1.316

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=4) valores de una misma columna.

* El rendimiento está expresado en Kg/ ha de cacao al 8% de humedad aproximadamente.

T₀ = Sin Fertilización, T₁= Tratamiento 1, T₂= Tratamiento 2 y T₃=Tratamiento 3.

Cuadro 11. Comparación múltiple mediante la prueba Duncan al 95% de confianza en la producción promedio de los granos de cacao en la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización

Tratamientos	Rendimiento (Kg/ha)*
Sin fertilización (T ₀)	648.96 ± ^a
Fertilización 1 (T ₁)	801.02 ± ^b
Fertilización 2 (T ₂)	908.54 ± ^c
Fertilización 3 (T ₃)	1164.67 ± ^d

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=24) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. (p<0.05).

* El rendimiento está expresado en Kg/ha de cacao al 8% de humedad aproximadamente.

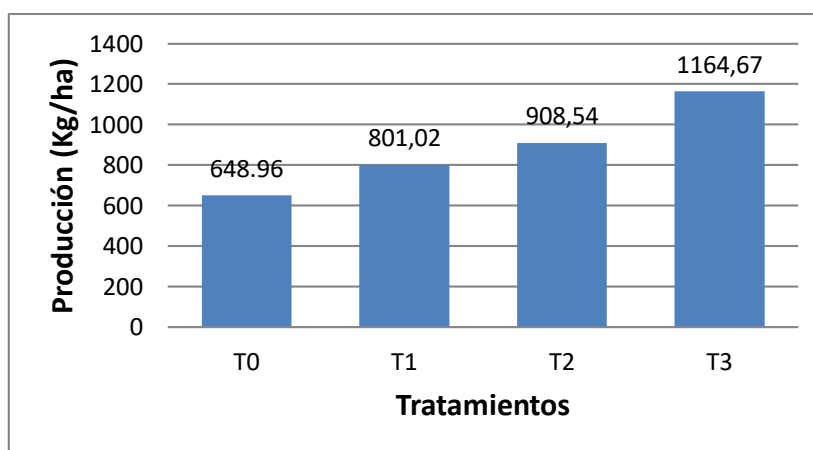


Figura 1. Representación del rendimiento promedio en la producción de cacao con las diferentes fórmulas de fertilización.

4.1.2 Evaluación del segundotrimestre

Los resultados de rendimiento en la producción de cacao variedad CCN 51 en los cuatro tratamientos con las dosis de fertilización se presentan en el Cuadro 12 y el Cuadro 13 la prueba Duncan al 95%:

Cuadro 12. Determinación del rendimiento de producción de los granos de cacao en la variedad CCN 51 con las diferentes fórmulas de fertilización en las cuatro repeticiones.

T	Rendimiento (Kg/ha)*			
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
T ₀	682.75 ± 0.069	673.15 ± 0.069	689.66 ± 0.069	685.44 ± 0.069
T ₁	680.83 ± 0.273	695.42 ± 0.273	678.53 ± 0.273	710.78 ± 0.273
T ₂	1009.92 ± 0.192	1008.38 ± 0.192	985.34 ± 0.192	1013.38 ± 0.192
T ₃	1271.04 ± 0.416	1292.16 ± 0.416	1280.64 ± 0.416	1296.77 ± 0.416

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=4) valores de una misma columna.

* El rendimiento está expresado en Kg/ ha de cacao al 8% de humedad aproximadamente.

T₀ = Sin Fertilización, T₁= Tratamiento 1, T₂= Tratamiento 2 y T₃=Tratamiento 3.

Cuadro 13. Comparación múltiple mediante la prueba Duncan al 95% de confianza en la producción promedio de los granos de cacao en la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización

Tratamientos	Rendimiento (Kg/ha)*
Sin fertilización (T0)	685.44 $\pm$ a
Fertilización 1 (T1)	691.20 $\pm$ a
Fertilización 2 (T2)	1044.16 $\pm$ b
Fertilización 3 (T3)	1285.43 $\pm$ c

Los valores representan (promedio $\pm$ SEM) los datos provienen del experimento (n=24) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. ($p < 0.05$).

* El rendimiento está expresado en Kg de cacao al 8% de Humedad aproximadamente

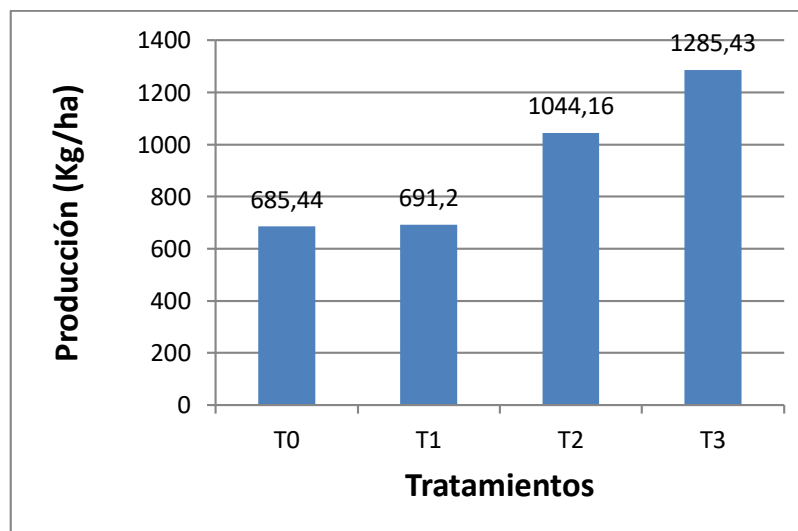


Figura 2. Representación del rendimiento promedio en la producción de cacao con las diferentes fórmulas de fertilización.

4.1.3 Evaluación del tercer trimestre

Los resultados de la determinación del rendimiento en la producción de cacao de la variedad CCN 51 se presentan en el Cuadro 14, mientras que en el Cuadro 15 se muestra la prueba Duncan al 95% de confianza, con las 4 fórmulas de fertilización.

Cuadro 14. Determinación del rendimiento de los granos de cacao en la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización en las cuatro repeticiones.

T	Rendimiento (Kg/ha)*							
	Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3		Bloque 4	
T ₀	675.46	± 0.054	665.86	± 0.054	682.37	± 0.054	688.51	± 0.054
T ₁	863.23	± 0.247	877.82	± 0.247	893.18	± 0.247	893.18	± 0.247
T ₂	1038.34	± 0.245	1036.8	± 0.245	1013.76	± 0.245	1041.79	± 0.245
T ₃	1321.34	± 0.207	1342.46	± 0.207	1330.94	± 0.207	1347.07	± 0.207

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=4) valores de una misma columna.

* El rendimiento está expresado en Kg/ ha de cacao al 8% de humedad aproximadamente.

T₀ = Sin Fertilización, T₁= Tratamiento 1, T₂= Tratamiento 2 y T₃=Tratamiento 3.

Cuadro15.Comparación múltiple mediante la prueba Duncan al 95% de confianza en la producción promedio de los granos de cacao en la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización

Tratamientos	Rendimiento		
	(Kg/ha)*		
Sin fertilización (T0)	678.14	±	a
Fertilización 1 (T1)	873.60	±	b
Fertilización 2 (T2)	1032.58	±	c
Fertilización 3 (T3)	1335.55	±	d

Los valores representan (promedio $\pm$ SEM) los datos provienen del experimento (n=24) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. ($p < 0.05$).

* El rendimiento está expresado en Kg/ha de cacao al 8% de humedad aproximadamente.

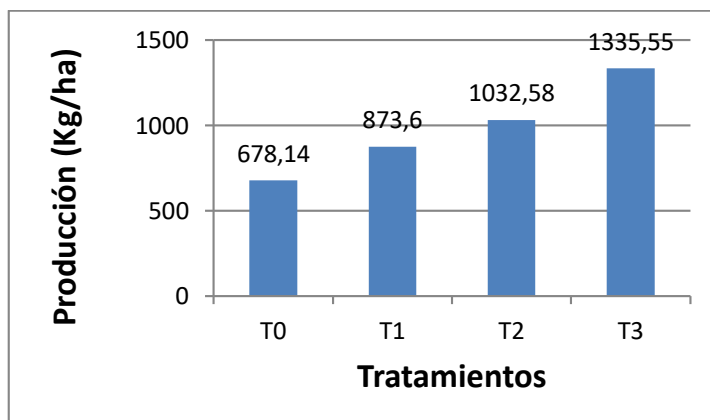


Figura 3. Representación del rendimiento promedio en la producción de cacao con las diferentes fórmulas de fertilización.

4.1.4 Evaluación del cuatrimestre

Los resultados de rendimiento en la producción de cacao de la variedad CCN 51 en las cuatro fórmulas de fertilización se muestran en el Cuadro 16:

Cuadro 16. Determinación del rendimiento de producción los granos de cacao en la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización con cuatro repeticiones.

T	Rendimiento (Kg/ha)*			
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
T ₀	775.30 ± 0.130	765.70 ± 0.130	782.21 ± 0.130	788.35 ± 0.130
T ₁	895.87 ± 0.083	910.46 ± 0.083	911.23 ± 0.083	9258.82 ± 0.083
T ₂	1061.38 ± 0.116	1059.84 ± 0.116	1092.86 ± 0.116	1064.83 ± 0.116
T ₃	1394.30 ± 0.236	1415.42 ± 0.236	1537.92 ± 0.236	1420.03 ± 0.236

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=4) valores de una misma columna.

* El rendimiento está expresado en Kg/ ha de cacao al 8% de humedad aproximadamente.

T₀ = Sin Fertilización, T₁= Tratamiento 1, T₂= Tratamiento 2 y T₃=Tratamiento 3.

Cuadro 17. Comparación múltiple mediante la prueba Duncan al 95% de confianza en la producción promedio de los granos de cacao en la variedad CCN 51 en las diferentes fórmulas de fertilización.

Tratamientos	Rendimiento (Kg/ha)*
Sin fertilización (T0)	777.60 ± a
Fertilización 1 (T1)	906.24 ± b
Fertilización 2 (T2)	1055.62 ± c
Fertilización 3 (T3)	1408.51 ± d

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=24) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. (p<0.05).

* El rendimiento está expresado en Kg/ha de cacao al 8% de humedad aproximadamente

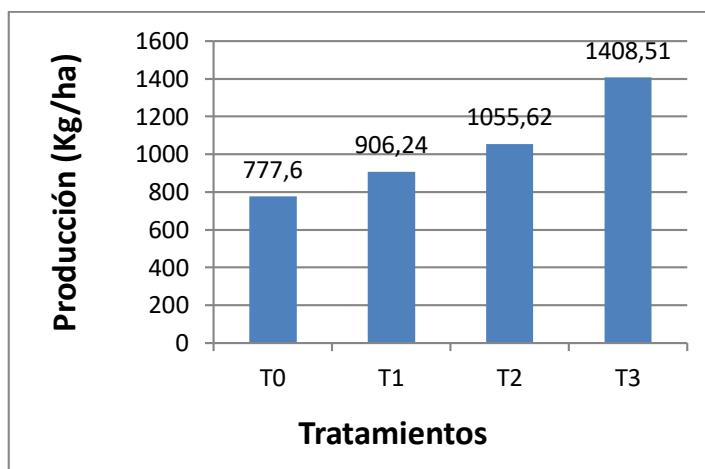


Figura 4. Representación del rendimiento promedio en la producción de cacao con las diferentes fórmulas de fertilización.

4.2 Evaluación anual

Los resultados de rendimiento en la producción de cacao de la variedad CCN 51 en las cuatro fórmulas de fertilización se presentan en el Cuadro 18:

Cuadro 18. Resultados en kilogramos de la producción de cacao variedad CCN51, del primer al cuarto trimestre de evaluación.

T	Rendimiento (Kg/ha)*			
	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
T ₀	695.04 ± 0.174	685.44 ± 0.174	701.95 ± 0.174	708.09 ± 0.174
T ₁	807.55 ± 0.371	822.14 ± 0.371	805.25 ± 0.371	837.50 ± 0.371
T ₂	1006.08 ± 0.404	1004.54 ± 0.404	981.50 ± 0.404	1009.54 ± 0.404
T ₃	1284.48 ± 0.701	1305.6 ± 0.701	1294.08 ± 0.701	1310.21 ± 0.701

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=4) valores de una misma columna.

* El rendimiento está expresado en Kg/ ha de cacao al 8% de humedad aproximadamente
T₀ = Sin Fertilización, T₁= Tratamiento 1, T₂= Tratamiento 2 y T₃=Tratamiento 3.

Cuadro 19. Comparación múltiple mediante la prueba Duncan al 95% de confianza en la producción promedio de los granos de cacao en la variedad CCN 51 con las diferentes fórmulas de fertilización.

Tratamientos	Rendimiento (Kg/ha)
Sin fertilización (T0)	697.34 ± ^a
Fertilización 1 (T1)	818.304 ± ^b
Fertilización 2 (T2)	1000.32 ± ^c
Fertilización 3 (T3)	1298.30 ± ^d

Los valores representan (promedio $\pm$ SEM) los datos provienen del experimento (n=24) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. ($p < 0.05$).

* El rendimiento está expresado en Kg/ha de cacao al 8% de humedad aproximadamente.

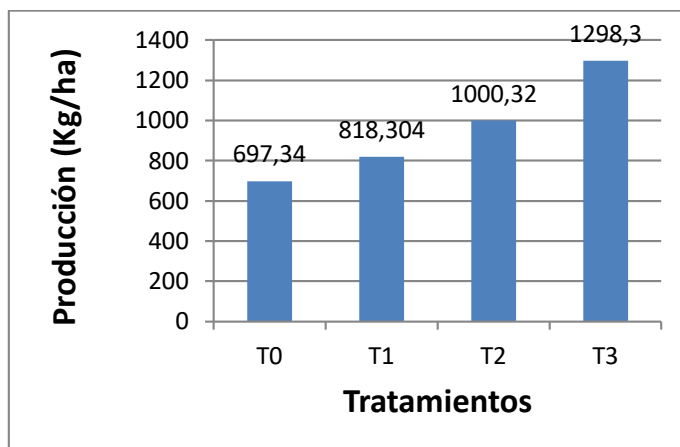


Figura 5. Representación gráfica del rendimiento promedio por hectárea de cacao en los diferentes tratamientos, expresados en kg.

V. DISCUSIÓN

5.1 De la determinación del rendimiento de producción en la parcela de cacao de la variedad CCN 51

5.1.1 Evaluación del primer trimestre

De acuerdo a los resultados presentados en el Cuadro 10, 11 y la Figura 1, se puede apreciar que el rendimiento de producción promedio (Kg) de la parcela varía en función a la dosis de fertilización que se aplicó.

En el Cuadro 11 según la comparación de bloques no existe diferencia significativa (A – I) esto quiere decir, que el orden como se tomó no influye en la producción ya que la parcela es homogénea y para los tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa (A-I) y comparando los promedios mediante la prueba de Tuckey ($p \leq 0,05$) el mayor rendimiento de producción lo presenta el tratamiento 3 (1164.67 kg de granos de cacao seco al 8% de humedad aproximadamente) y el menor rendimiento se cuantificó en la parcela sin fertilización (648.96 kg de granos de cacao seco al 8% de humedad aproximadamente). Existiendo un 55.72% de incremento en la producción en referencia al tratamiento que no tiene fertilización en comparación a la dosis de fertilización 3. Comparando estos resultados

en cuanto a la fertilización se observa en general que el rendimiento aumenta, según ABREU (2006) reportan que el rendimiento en una producción se incrementa realizando la fertilización adecuada y con mayores dosis, al igual que GARCÍA (1993), menciona que los micronutrientes ayudan al mejoramiento de un cultivo, mejorando el incremento de la producción.

5.1.2 Evaluación del segundo trimestre

De acuerdo a los resultados presentados en el Cuadro 12, 13 y la Figura 2, se puede apreciar que el rendimiento de producción promedio (Kg) de la parcela varía en función a la dosis de fertilización que se efectúa.

Para la comparación de bloques en el Cuadro 13 no existe diferencia significativa (A – II) esto quiere decir, que el orden como se tomó no influye en la producción ya que la parcela es homogénea y para los tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa (A-II) y comparando los promedios mediante la prueba de Tuckey ($p \leq 0,05$) el mayor rendimiento de producción lo presenta la fertilización 3 (1285.43 kg de granos de cacao seco al 8% de humedad aproximadamente) y el menor rendimiento se cuantificó en la evaluación que no se lleva a cabo la fertilización (685.44 kg de granos de cacao seco al 8% de humedad aproximadamente). Existiendo un 53.32% de incremento en la producción en referencia al tratamiento que no tiene fertilización en comparación a la fórmula de fertilización 3. Comparando estos resultados en cuanto a la fertilización se observa en general que el rendimiento aumenta, según ABREU (2006) reportan que el rendimiento en una

producción se incrementa realizando la fertilización adecuada y con mayores dosis, al igual que GARCÍA(1993), menciona que los micronutrientes ayudan al mejoramiento de un cultivo, mejorando el incremento de la producción.

5.1.3 Evaluación del tercertrimestre

De acuerdo a los resultados presentados en el Cuadro 14, 15 y la Figura 3, se puede apreciar que el rendimiento de producción promedio (Kg) de la parcela varía en función a la dosis de fertilización que se efectúa.

El Cuadro 15 muestra la comparación entre bloques, no existe diferencia significativa (A – III) esto quiere decir, que el orden como se tomó no influye en la producción ya que la parcela es homogénea y para los tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa (A – III) y comparando los promedios mediante la prueba de Tuckey ($p \leq 0,05$) el mayor rendimiento de producción lo presenta la fertilización 3 (1335.55kg de granos de cacao seco al 8% de humedad aproximadamente) y el menor contenido se cuantificó en la evaluación que no se lleva a cabo la fertilización (678.14kg de granos de cacao seco al 8% de humedad aproximadamente). Existiendo un 50.77% de incremento en la producción en referencia al tratamiento que no tiene fertilización en comparación a la dosis de fertilización 3. Comparando estos resultados en cuanto a la fertilización se observa en general que el rendimiento aumenta, según ABREU (2006) reportan que el rendimiento en una producción se incrementa realizando la fertilización adecuada y con mayores

dosis, al igual que GARCÍA (1993), menciona que los micronutrientes ayudan al mejoramiento de un cultivo, mejorando el incremento de la producción.

5.1.4 Evaluación del cuatrimestre

De acuerdo a los resultados presentados en el Cuadro 16, 17y la Figura 4, se puede apreciar que el rendimiento de producción promedio (Kg) de la parcela varía en función a la dosis de fertilización que se efectúa.

En la comparación de bloques no existe diferencia significativa (A – IV) esto quiere decir, que el orden como se tomó no influye en la producción ya que la parcela es homogénea y para los tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa (A – IV) y comparando los promedios mediante la prueba de Tuckey ($p \leq 0,05$) el mayor rendimiento de producción lo presenta la fertilización 3 (1408.51kg de granos de cacao seco al 8% de humedad aproximadamente) y el menor contenido se cuantificó en la evaluación que no se lleva a cabo la fertilización (777.6 kg de granos de cacao seco al 8% de humedad aproximadamente). Existiendo un 55.20% de incremento en la producción en referencia al tratamiento que no tiene fertilización en comparación a la dosis de fertilización 3. Comparando estos resultados en cuanto a la fertilización se observa en general que el rendimiento aumenta considerablemente, según ABREU (2006) reportan que el rendimiento en una producción se incrementa realizando la fertilización adecuada y con mayores dosis, al igual que GARCÍA (1993), menciona que los micronutrientes

ayudan al mejoramiento de un cultivo, mejorando el incremento de la producción.

5.1.5 Evaluación anual

De acuerdo a los resultados presentados en el Cuadro 18, 19 y la Figura 5, se puede apreciar que el rendimiento de producción promedio (Kg) de la parcela varía en función a la dosis de fertilización que se efectúa y la calidad física del suelo.

Para la comparación de bloques no existe diferencia significativa (A – V) esto quiere decir, que el orden como se tomó no influye en la producción ya que la parcela es homogénea y para los tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa (A – V) y comparando los promedios mediante la prueba de Tuckey ($p \leq 0,05$) el mayor rendimiento de producción lo presenta el tratamiento 3 (1298.30 kg de granos de cacao seco al 8% de humedad aproximadamente) y el menor contenido se cuantificó en la evaluación que no se lleva a cabo la fertilización (697.34 kg de granos de cacao seco al 8% de humedad aproximadamente). Existiendo un 53.71% de incremento en la producción en referencia al tratamiento que no tiene fertilización en comparación al tratamiento 3. Comparando estos resultados en cuanto a la fertilización se observa en general que el rendimiento aumenta considerablemente, según ABREU (2006) reporta que el rendimiento en una producción se incrementa realizando la fertilización adecuada y con mayores dosis, al igual que GARCÍA (1993), menciona que los micronutrientes ayudan al

mejoramiento de un cultivo, mejorando el incremento de la producción. Con las fórmulas de fertilización en especial del tratamiento tres ayuda a incrementar la producción en cuanto al rendimiento y al incrementar la producción también mejora los costos de producción. Al igual que ORMEÑO (2007) realizó una investigación en parcelas de cacao que en la época de marzo - abril del año 2007, una vez finalizada la primera cosecha de ese año. Para la segunda cosecha, la producción fue superior (1,200 kg/ha) donde se incrementó por el abonamiento orgánico conjuntamente con los micro elementos.

VI. CONCLUSIONES

1. El efecto del uso de fertilizantes en diferentes tratamientos, se traduce en el incremento de la producción del cacao, donde el tratamiento 3 (T3) que contiene 120g de nitrógeno, 100g de P_2O_5 , 160g de K_2O , 25g de MgO , 150g de azufre, 5gde boro, 0.5g de zinc, 0.25g de cobre y 1gde manganeso, presentó 1298.3Kg de cacao seco en una hectárea y en el tratamiento sin fertilización (T0) se obtuvo 697.34 Kg por Hectárea en un año, reflejándose un incremento de 53.71%, manteniendo estadísticamente diferencia significativa entre los tratamientos, influenciado por la cantidad de unidades de fertilizantes y por las labores culturales realizados en las unidades experimentales.
2. El experimento documentó claramente la necesidad de realizar fertilizaciones combinadas de macro y micro nutrientes en plantaciones de cacao, debido a las funciones que cada uno de ellos cumple en el crecimiento y desarrollo de la planta, el cual se manifiesta en altos rendimientos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Es preciso aplicar fuentes de nitrógeno y potasio de forma fraccionada, para aprovechar mejor la eficacia de los fertilizantes y evitar pérdidas por lixiviación, ya que estos elementos son móviles en el suelo.
2. Para una fertilización adecuada con similares condiciones de clima, tipo de suelo y variedad del cultivo se recomienda la siguiente fórmula de fertilización, 120-100-160-25-150-5-0.5-0.25-1.0, lo que significa el uso de 923 kg de guano de isla, 320 kg de sulfato de potasio, 208 kg de kieserita, 300 kg de yeso agrícola (insumo con la mayor fuente de azufre), 40 kg de urexita, 1 kg de sulfato de cobre, 1.4 kg de sulfato de zinc y 1 kg de sulfato de manganeso, sugiriendo el uso de fuentes que en su composición contengan azufre.
3. Se sugiere continuar evaluando los niveles de respuesta agronómica del cacao con las diferentes fórmulas de fertilización, complementando con un análisis foliar.

**EFFECT OF COMBINED FERTILIZATION (ORGANIC AND
MICROELEMENTS) ON YIELD OF CACAO cv CCN 51 (*Theobroma cacao*
L.) IN JAEN**

ABSTRACT

The study aimed to determine the effect of combined organic fertilization and micro elements in performance of cacao cv CCN51 (*Theobroma cacao* L.) plot of Mr. Luis Guzman Guerrero, located in the town of San Lorenzo, in the district of Bellavista, province of Jaén, in the region of Cajamarca. The research was conducted from April 2008 to April 2009, the results of the performance with different fertilizer formulas were evaluated through a block design in completely randomized with four treatments and sixty eight repetitions, the test was Tukey ($p > 0.05$) reporting in the four quarters the best result for the treatment (T_3) with 1164.67, 1285.43, 1335.55 and 1408.51 kg of dry cacao cv CCN51 (*Theobroma cacao* L.) beans with 8% approximately of moisture and as for the annual evaluation was obtained 1298.30 kg to the treatment (T_3) and (T_0) without fertilization was obtained 697.34 kg of the dried cacao cv CCN51 (*Theobroma cacao* L.) beans with 8% approximately of moisture. Existing a 53.71% of increase in production in reference to the treatment (T_0) without fertilization compared to treatment (T_3).

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANECACAO. 2006. "Origen del cacao en el Ecuador". Ecuador

ABREU, E. 2006. Rendimiento de una plantación comercial de cacao ante diferentes dosis de fertilización con NPK en el sur este del estado Tachira, Venezuela. Bioagro 17 (2): 119 al 122. 2006. Nota técnica. p4.

CABALA, R, P. 1975. Exigências nutricionais e fertilização do cacaueiro. Centro de Pesquisas Do cacau. Itabuna, Brasil. pp 1-10.

CADAVID, V, S. 1980. Suelos y fertilización del cacao en el departamento de Antioquia. Rev. El cacaotero Colombiano. Medellín (Col).pp 7-17.

CAMAREN. 2005. Poscosecha del cacao. Ecuador. 39 p.

CROWLEY. D., SMITH, W., FABER, B., MANTHEY, J. 1996. Zinc fertilization of avocado trees. Hort Science 31(2):224-229.

DORAN, J., ZEISS, E. 2000. Soil health and sustainability: Managin the biotic component of soil quality. Appl. SoilEcol.pp 3-11.

GARCÍA, A. 1993. Sintomatología de las deficiencias nutricionales en cacao. ICA, Colombia.

- ICT. 2004. Manejo y transferencia de tecnología del cacao en el Perú. 1ra Edición. Chiclayo, Perú. 387 p.
- IRIARTE, L. B. 2007. Colza: Cultivares, Fechas de Siembra, Fertilización. INTA. Buenos Aires, Argentina.
- LEÓN, J. 1987. Páginas 337 —343 in Botánica de los cultivos tropicales. IICA, San José, Costa Rica.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA (MINAG). 2004. Manual de cultivo de cacao. Editorial ministerio de agricultura; lima, 2004. RODRIGUEZ, F. 1982. Fertilizantes; nutrición vegetal. México, AGT. 157p.
- MEJIA, F. L. 2005. Abono orgánico manejo y uso en el cultivo del cacao, Edit. Turipana. Colombia. p16.
- MURRAY, D. B. 1982. Sombra y Nutrición. Cacao. 3ª edic. México. Edit. Continental. pp 13-159.
- ORMEÑO, D. 2007. Recuperación de plantaciones improductivas de cacao con prácticas orgánicas en el occidente del país. INIA. pp 17-22.
- PADILLA W. 1979. E.E. Sta. Catalina INIAP. Boletín Técnico #32. Quito. p 36.
- PINTO, C. M. D. 1962. Requerimiento nutricional del Cacaotero durante un ciclo anual. Rev. Instituto Internacional de Ciencia Agrícolas.

- PRIEGO, C. G. A. 2009. Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción de cacao: estudios de caso en unidades de producción rural en Comalcalco, Tabasco. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo
- TISDALE, L. S. Y NELSON, L. W. 1987. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Traducido por Jorge Balash. Ed. Hispano Americana. México, D. F.
- TOMM, G. O, 2007. Indicativos Tecnológicos para Produção de Canola no Río Grande do Sul.
- TRACY, J. 1985. A preliminary report on phosphorus deficiency of tropical farming. California Farming Society. 69:145-1154.

IX. ANEXO

ANEXO 1

A – I. Análisis de varianza del rendimiento de producción (kg.) de granos de cacao seco de la variedad CCN 51 y la aplicación de las diferentes dosis de fertilización en efecto al primer trimestre de cosecha.

Fuente de Variación	Gl	SC	CM	FC	Sig.
Bloque	3	1014.47	338.157	3.66	NS
Tratamiento	3	566607.0	188869.0	2043.22	**
Error	9	831.932	92.4369		
Total	15	568453,40			
CV =22.099 SEM = 0.506953 Promedio = 2.29406					

A – II. Análisis de varianza del rendimiento de producción (kg.) de granos de cacao seco de la variedad CCN 51 y la aplicación de las diferentes dosis de fertilización en efecto al segundo trimestre de cosecha.

Fuente de Variación	Gl	SC	CM	FC	Sig.
Bloque	3	772.258	257.419	2.47	NS
Tratamiento	3	995671.0	331890.0	3185.33	**
Error	9	937.74	104.193		
Total	15	997381.0			
CV =27.380 SEM = 0.658399 Promedio = 2.40469					

A – III. Análisis de varianza del rendimiento de producción (kg.) de granos de cacao seco de la variedad CCN 51 y la aplicación de las diferentes dosis de fertilización en efecto al tercer trimestre de cosecha.

Fuente de Variación	Gl	SC	CM	FC	Sig.
Bloque	3	693.526	231.175	1.89	NS
Tratamiento	3	919646.0	306549.0	2501.08	**
Error	9	1103.1	122.567		
Total	15	921442,63			
CV =25.383 SEM = 0.647791 Promedio = 2.55206					

A – IV. Análisis de varianza del rendimiento de producción (kg.) de granos de cacao seco de la variedad CCN 51 y la aplicación de las diferentes dosis de fertilización en efecto al cuarto trimestre de cosecha.

Fuente de Variación	Gl	SC	CM	FC	Sig.
Bloque	3	1.16886E7	4.33998E6	0.99	NS
Tratamiento	3	1.302E7	3.89621E6	0.89	**
Error	9	3.93229E7	4.36921E6		
Total	15	6.40315E7			
CV =23.510 SEM = 0.634973 Promedio = 2.70081					

A – V. Análisis de varianza del rendimiento de producción (kg.) de granos de cacao seco de la variedad CCN 51 y la aplicación de las diferentes dosis de fertilización en efecto a toda la evaluación.

Fuente de Variación	Gl	SC	CM	FC	Sig.
Bloque	3	0.0502	0.0168	0.45	NS
Tratamiento	3	22.0499	7.3499	199.24	**
Error	57	2.1028	0.0369		
Total	63	24.2028			

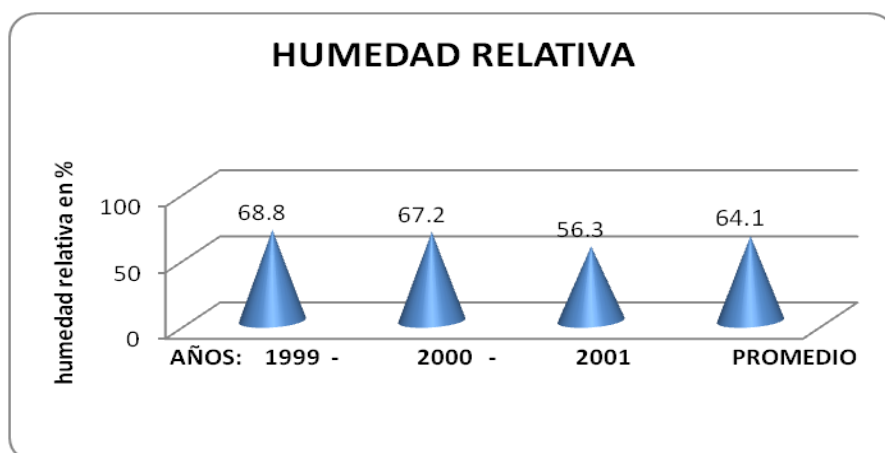
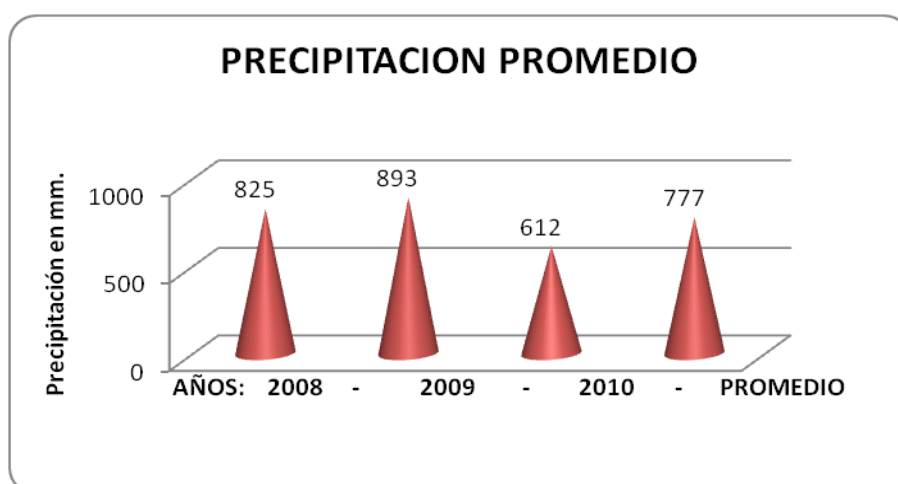
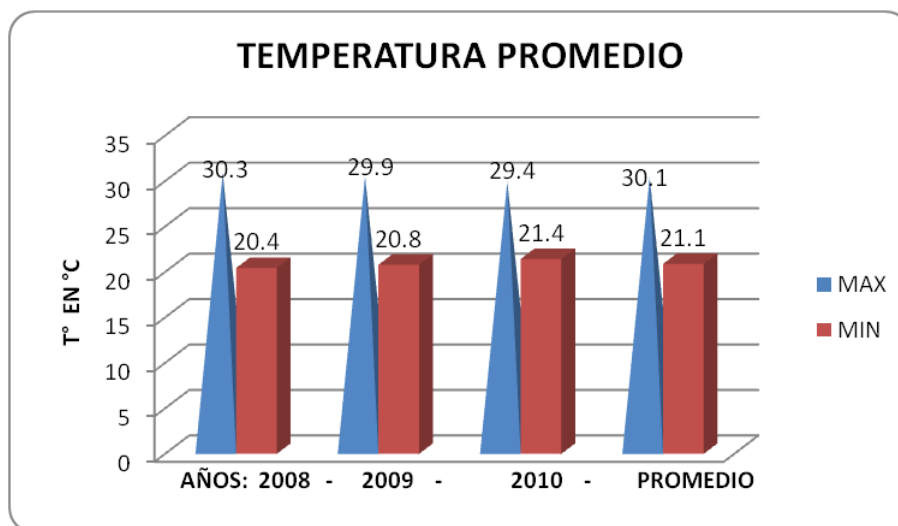
CV =24.913 SEM = 0.619816 Promedio = 2.48791

A – VI. Estimación de costos en fertilizantes. Costo calculado para cada tratamiento en soles.

		Costo					
Fertilizantes	Precio (S/. kg.)	T3	T2	T1	T0		
Guano de Isla	1.1			1015.4	846.1	676.9	0.0
Sulfato de Potasio	1.8			576.0	432.0	324.0	0.0
Kieresita	0.8			166.4	100.0	40.0	0.0
Ulexita	3.5			140.0	140.0	140.0	0.0
Yeso Agrícola	0.7			210.0	70.0	35.0	0.0
Sulfato de cobre	9.0			9.0	9.0	9.0	0.0
Sulfato de zinc	6.0			8.4	8.4	8.4	0.0
Manganeso natural	6.0			6.0	3.0	3.0	0.0
Total				2131.2	1608.5	1236.3	-

Precios estimados de fertilizantes (valor neto), a partir de cotizaciones CENFROCAFE y Agrobien S.A.C, oficinas Jaén.

A – VII. Registros meteorológicos de temperatura, precipitación y humedad relativa facilitados por la estación meteorológica – MINAG – Jaén.



A. VIII. Análisis de suelos de las parcelas evaluadas



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES (ICT- NAS/CICAD-OEA)
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE SUELOS - CARACTERIZACIÓN

Nº Solicitud: **AS056-08**
 SOLICITANTE: **Victor Ludeña Dávila**
 PROCEDENCIA: **San Lorenzo - Bellavista - Jaén - Cajamarca**
 EXPERIMENTO: **Plantación de Cacao CCN-51**

FECHA DE MUESTREO : **23/07/08**
 FECHA DE RECEP. LAB : **26/07/08**
 FECHA DE REPORTE : **04/08/08**

Número de la muestra		pH	C.E dS/m	CaCO ₃ (%)	M.O (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	ANÁLISIS MECÁNICO				CIC	CATIONES CAMBIABLES					Suma de bases	% Sat. de bases
Lab.	Campo								Arena	Limo	Arcilla	CLASE TEXTURAL		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ +H ⁺		
08 07 1013	M-1	7.8	0.05	0.00	2.8	0.13	5.76	86	58.96	16.56	24.48	Arcilloso	25.8	1.71	0.22	0.06		5.27	1.99	27.40

METODOLOGIA :

TEXTURA : HIDROMETRO
 pH : POTENCIOMETRO SUSPENSION SUELO-AGUA RELACION 1:2.5
 CONDUCT. ELECTRICA : CONDUCTIMETRO SUSPENSION SUELO-AGUA 1:2.5
 CARBONATOS : GASO - VOLUMETRICO
 FOSFORO : OLSEN MODIFICADO EXTRACT. NaHCO₃ = 0.5M, pH 8.5
 POTASIO : ABSORCION ATOMICA EXTRACT. NaHCO₃ = 0.5M, pH 8.5
 MATERIA ORGANICA : WALKLEY Y BLACK
 CALCIO Y MAGNESIO : ABSORCION ATOMICA EXTRACT. KCl 0.1N
 ALUMINIO : EXTRACT. KCl 1N



Luis Zúñiga Gernades
Ing. MSc. Luis Zúñiga Gernades
 Especialista Suelos ICT

La Banda de Shilcayo, 04 de agosto de 2008

A – IX.Documentación fotográfica de la evaluación en la investigación sobre el efecto de las diferentes dosis de fertilización en el rendimiento de producción (Kg) en una Ha en la parcela de cacao de la variedad CCN 51.



Figura 6. Demarcación de las parcelas experimentales



Figura 7. Parcelas instaladas según DBCR

ANEXO 2. PREPARACION DEL ABONO COMPUESTO



Figura 8. Insumos utilizados en la fertilización



Figura 9. Homogenización de insumos para la fertilización



Figura 10. Labores de fertilización alrededor de la planta bajo la copa.



Figura 11. Cubriendo con mulch a la zona fertilizada

ANEXO 3. COSECHA DE CACAO



Figura 12. Tareas de recolección del cacao



Figura 13. Cacao recolectado, correspondiente al tratamiento T3

ANEXO4. REGISTROS DE DATOS



Figura 14. Evaluación del peso de las almendras del cacao.



Figura 15. Calculo de la rentabilidad del producto.