



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Respuesta morfofisiológica a la aplicación de tres niveles de
fertilización en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN 51 en la
provincia de Zamora Chinchipe, sector “El Padmi”**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

AUTORA: Karen Gabriela Pineda Cordero

DIRECTORA: Mirian Irene Capa Morocho PhD

Loja – Ecuador

2021

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Dra. Mirian Irene Capa Morocho.
DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICA:

Que luego de haber dirigido y revisado el trabajo de tesis titulado: **“Respuesta morfofisiológica a la aplicación de tres niveles de fertilización en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN 51 en la provincia de Zamora Chinchipe, sector El Padmi”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, de la egresada: **Karen Gabriela Pineda Cordero**, se autoriza su presentación debido a que el mismo se sujeta a las normas y reglamentos generales de graduación exigidos por la Carrera de Ingeniería Agronómica.

En mi calidad de Directora de Tesis, certifico que la investigación realizada ha sido trabajo propio de la egresada.

Loja, 26 de febrero del 2021

**MIRIAN
IRENE CAPA
MOROCHO** Firmado digitalmente
por MIRIAN IRENE
CAPA MOROCHO
Fecha: 2021.02.26
21:19:06 -05'00'

Dra. Mirian Irene Capa Morocho.
DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE TESIS

Una vez cumplida la reunión del tribunal de calificación del trabajo final de tesis titulado: **“Respuesta morfofisiológica a la aplicación de tres niveles de fertilización en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN 51 en la provincia de Zamora Chinchipe, sector El Padmi”** de la autoría de la Srta. Karen Gabriela Pineda Cordero egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica, ha incorporado las sugerencias efectuadas por los miembros del tribunal y está acorde con los requerimientos de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Loja.

En tal virtud, nos permitimos aprobar y calificar el presente trabajo de investigación y se autoriza a la interesada continuar con los trámites pertinentes.

Loja, 12 de mayo del 2021



Firmado electrónicamente por:
**EDMIGIO SOLIFS
VALDIVIESO
CARAGUAY**

Mg. Sc. Edmigio Solifs Valdivieso Caraguay.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**PAULINA VANESA
FERNANDEZ
GUARNIZO**

Mg. Sc. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
**ALEX EDUARDO
SALAZAR
GONZALEZ**

PhD. Alex Eduardo Salazar González
VOCAL

AUTORÍA

“Yo, Karen Gabriela Pineda Cordero, declaro ser el autor del presente TRABAJO DE TESIS y eximo expresamente a la Universidad nacional de Loja y a sus representantes Jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de las misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en Repositorio institucional-Biblioteca Virtual.”



Firmado electrónicamente por:
**KAREN GABRIELA
PINEDA CORDERO**

Firma:

Autora: Karen Gabriela Pineda Cordero

Cédula: 1900761287

Fecha: 18 de mayo del 2021

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Karen Gabriela Pineda Cordero, declaro ser el autor de la tesis titulada “Respuesta morfofisiológica a la aplicación de tres niveles de fertilización en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN 51 en la provincia de Zamora Chinchipe, sector “El Padmi” como requisito para optar al grado de Ingeniera Agrónoma, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la publicación intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo RID, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio de dicha tesis que realice una tercera persona.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los dieciocho días del mes de mayo del dos mil veintiuno, firma el autor:



Firmado electrónicamente por:
**KAREN GABRIELA
PINEDA CORDERO**

Firma:

Autor: Karen Gabriela Pineda Cordero

Número de cédula: 1900761287

Dirección: Av. Benjamín Carrión, calle Francisco de Miranda y Miguel Hidalgo. Loja-Ecuador

Correo electrónico: karen.pineda@unl.edu.ec

Celular: 0968448827

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: PhD. Mirian Irene Capa Morocho

Tribunal de grado:

Mg. Sc. Edmigio Solifs Valdivieso Caraguay.

Presidente

Mg. Sc. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo.

Vocal

PhD. Alex Eduardo Salazar González.

Vocal

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por darme el valor suficiente para lograr esta meta trazada y lograda, por darme la fortaleza en todo momento de debilidad y dificultad.

A mi abuelita Rosa Cordero, a mi madre Isabel Pineda por ser los principales motores de constante dedicación y por ser la mayor fuente de enseñanza de valores éticos, fortaleza y amor para cumplir con esta meta personal. Así mismo, a toda mi familia y aquellas personas cercanas que incondicionalmente han sabido ser un gran soporte en momentos difíciles.

Karen Gabriela Pineda Cordero

DEDICATORIA

A través de este trabajo de titulación, agradezco en especial a mi madre, abuela, familia en general por su apoyo incondicional en todo mi proceso de educación y desarrollo personal, que han contribuido cada día.

Así mismo, a mis amigos, compañeros, y todas las personas que han compartido maravillosos y memorables momentos a lo largo de la carrera.

Agradezco a los docentes que me han impartido conocimientos esenciales tanto en lo académico como en lo personal, experiencias que han sabido ser un vínculo positivo en mi vida.

Agradezco a mi directora de tesis Dra. Mirian Irene Capa, que con su ayuda incondicional en cualquier momento he logrado culminar de manera positiva mi proyecto de investigación.

Karen Gabriela Pineda Cordero

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN DE DIRECTORE DE TESIS	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE TESIS	III
AUTORÍA	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
TÍTULO.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del cacao	3
2.2. Botánica del cacao	3
2.3. Cacao CCN 51	3
2.4. Características	3
2.5. Requerimientos climáticos	4
2.6. Requerimientos edáficos	4
2.7. Conductividad eléctrica.....	5
2.8. Respuesta de la fertilización en el pH	5
2.9. Nutrición mineral	5
2.9.1. Macronutrientes.....	5
2.9.2. Micronutrientes	8
2.10. Estudios de fertilización en cacao CCN 51	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1. Localización del estudio.....	10
3.2. Materiales utilizados en la investigación.....	11
3.3. Diseño Experimental.....	11
3.4. Establecimiento y manejo del ensayo.....	12
3.5. Metodología para el primer objetivo	13

3.5.1.	Evaluación de pH y conductividad eléctrica.....	13
3.6.	Metodología para el segundo objetivo.....	13
3.6.1.	Variables o indicadores morfológicos	14
3.6.2.	Variables de índice de crecimiento.....	15
3.6.3.	Variables fisiológicas	15
3.6.4.	Análisis estadístico.....	17
4.	RESULTADOS	18
4.1.	Condiciones químicas del suelo	18
4.1.1.	pH del suelo	18
4.1.2.	Conductividad eléctrica.....	19
4.2.	Variables o indicadores morfológicos	19
4.2.1.	Altura	19
4.2.2.	Longitud del brote.....	20
4.2.3.	Longitud y número de metámeros	21
4.2.4.	Área de la sección transversal del tronco.....	21
4.2.5.	Área foliar del brote y la planta	22
4.3.	Variables de índice de crecimiento.....	23
4.3.1.	Tasa de crecimiento absoluta de altura de planta.....	23
4.3.2.	Tasa de crecimiento relativa de altura de la planta	24
4.4.	Variables fisiológicas	25
4.4.1.	Índice de área foliar	25
4.4.2.	Concentración de clorofila	25
4.4.3.	Densidad estomática.....	26
4.5.	Correlaciones	27
5.	DISCUSIÓN	28
5.1.	Parámetros del suelo	28
5.2.	Variables Morfológicas	29
5.3.	Variables fisiológicas	31
6.	CONCLUSIONES	33
7.	RECOMENDACIONES.....	34
8.	BIBLIOGRAFÍA	35
9.	ANEXOS	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la Quinta Experimental “El Padmi”	10
Figura 2. Diseño del establecimiento de los tratamientos en campo del cultivo de cacao CCN 51.	13
Figura 3. Evolución del pH en el suelo días después de la aplicación de diferentes niveles de fertilización.	18
Figura 4. Niveles de conductividad eléctrica (CE) en el suelo después de la aplicación de los tratamientos de dosis de fertilización.	19
Figura 5. Altura de la planta en cacao CCN 51 bajo diferentes dosis de fertilización.	20
Figura 6. Longitud del brote en cacao CCN 51.	21
Figura 7. Ecuación de regresión para el cálculo del área foliar en cacao CCN 51 en base a longitud y ancho de hojas.	22
Figura 8. Tasa de crecimiento absoluta en altura del cacao CCN 51.	24
Figura 9. Tasa de crecimiento relativa en altura del cacao CCN 51.	25
Figura 10. Tipos de clorofila evaluados en las hojas de cacao CCN 51.	26
Figura 11. Niveles de la densidad estomática en hojas de cacao CCN 51.	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones recomendadas de suelo para sembrar cacao CCN 51	4
Tabla 2. Descripción de las dosis aplicadas en los distintos tratamientos establecidos en el experimento de cacao CCN 51	12
Tabla 3. Medias de longitud y número de metámeros en cultivo de cacao CCN 51.....	21
Tabla 4. Área de la sección transversal del tronco en el cultivo de cacao CCN 51 en fase vegetativa.	22
Tabla 5. Valores promedios del área foliar del brote y de la planta en cacao CCN 51 en fase vegetativa.	23
Tabla 6. Índice de área foliar en cacao CCN 51 bajo diferentes niveles de fertilización.	25
Tabla 7. Correlaciones significativas positivas entre las variables morfológicas y fisiológicas.	27

Respuesta morfofisiológica a la aplicación de tres niveles de fertilización en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN 51 en la provincia de Zamora Chinchipe, sector “El Pادمي”

RESUMEN

Los granos de cacao representan uno de los productos más exigentes del mercado mundial. Ecuador es uno de los principales productores de cacao fino o aromático de América del Sur, pero el bajo rendimiento se asocia a la fertilización empírica de algunos productores. Por lo tanto, se hizo necesario evaluar diferentes niveles de fertilización a los parámetros técnicos de aplicación establecidos. El proyecto tuvo como objetivo probar tres niveles de fertilización (0%, 100%, 200%) sobre las condiciones químicas del suelo y el crecimiento del árbol del cacao CCN 51, la fertilización se realizó de acuerdo con el análisis inicial del suelo y el requerimiento nutricional en etapa vegetativa de los árboles de cacao. El ensayo se llevó a cabo en la finca experimental “El Padmi” perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, durante 4 meses (12 de julio de 2020 al 30 de octubre de 2020) con un diseño completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Se evaluó la altura de la planta, pH, conductividad eléctrica, longitud de brotes, longitud y número de metámeros al mes; mientras que el diámetro del tronco del injerto y el patrón de la planta, el área de la sección transversal del tronco se evaluó al inicio y al final del ensayo. Al final del ensayo, se evaluó el área de la planta, el índice de área foliar, la concentración de clorofila, la densidad estomática, la tasa de crecimiento absoluta y la tasa de crecimiento relativa. Como resultados obtenidos hasta el final de la evaluación, el tratamiento con doble dosis de fertilización respondió con valores más altos con significancia estadística en todas las variables evaluadas, lo que indica que las plantas fertilizadas con esta dosis en la etapa vegetativa responden mejor. Pero el tratamiento con fertilización al 100% no presentó valores significativos en altura, tasa de crecimiento absoluto y relativo, solo se encontraron diferencias estadísticas significativas en las variables de pH a los 60 y 80 días, conductividad eléctrica a los 60 días y área del brote.

Palabras Clave: Área foliar, Tasa de crecimiento absoluta, Tasa de crecimiento relativa.

ABSTRACT

Cocoa beans represent one of the most demanding products in the world market. Ecuador is one of the main producers of fine or aroma cocoa in South America, but low performance is associated to empirical fertilization by some producers. Therefore, it became necessary to evaluate different levels of fertilization to established technical application parameters. The project aimed to test three fertilization levels (0 %, 100 %, 200 %) on the chemical conditions of the soil and the growth of the cocoa tree CCN 51, the fertilization was done in accordance to initial soil analysis and the nutritional requirement in vegetative stage of cocoa trees. The trial was carried out in the experimental farm “El Padmi” belonging of the Universidad Nacional de Loja, during 4 months (July 12, 2020 to October 30, 2020) with a completely random design with three treatments and three replications. Plant height, pH, electrical conductivity, shoot length, length and number of metameres were evaluate ones a month; while the trunk diameter of the graft and plant pattern, trunk cross-sectional area were evaluated at the start and finish at of the trial. At the end of the trial, the plant area, leaf area index, chlorophyll concentration, stomatal density, absolute growth rate and relative growth rate were evaluated. As results obtained until the end of the evaluation, the treatment with double fertilization dose responded with higher values with statistical significance in all the variables evaluated, which indicates that the plants fertilized with this dose in the vegetative stage respond better. But the treatment with 100% fertilization did not present significant values in height, absolute and relative growth rate, only significant statistical differences were found in pH variables at 60 and 80 days, electrical conductivity at 60 days and the outbreak area.

Key Words: Foliar area, absolute growth rate, relative growth rate

1. INTRODUCCIÓN

El mercado mundial del cacao corresponde en su mayoría al cacao fino o de aroma, del cual el 80 % se origina en América Latina (ESPAE, 2016). Específicamente en Suramérica, Ecuador es líder en la producción de cacao fino de aroma aportando con el 62 % del mercado (CEPAL, 2015); además, el 80 % de la superficie sembrada a nivel nacional corresponde al Cacao Fino o de Aroma y el 20 % corresponde a la variedad CCN-51 (Alvarado, 2017). Se estima que el cultivo de cacao sirve de sustento a 100 000 familias, sin embargo, se mantienen niveles de productividad muy bajos (CEPAL, 2015).

El bajo rendimiento del cacao en nuestro país está ligado a la diversidad de condiciones del ecosistema (Suarez *et al.*, 2006), lo cual se asocia a diferentes condiciones de suelo con composiciones nutricionales particulares. En tal sentido, la fertilización es el único medio que permite corregir las deficiencias de minerales en los suelos, mejorando las reservas de estos (Sarango, 2009), lo cual a su vez permite el aumento de la productividad, favorece los procesos nutrimentales (FLASCO, 2012). Sin embargo, se sabe que el uso de fertilizantes genera un efecto contrario, es decir, reduce la micro flora y micro fauna del suelo.

Por otro lado, la fertilización empírica empleada por algunos productores representa un problema en cuanto a parámetros de rendimiento, lo cual está ligado al desconocimiento referente al manejo técnico eficiente en esta práctica (Herrera, 2018). La aplicación empírica de nutrientes no correspondientes a los resultados de análisis de suelo genera un déficit nutricional en etapas claves de desarrollo y rendimiento del cultivo de cacao, lo cual ha provocado pérdidas económicas para el productor y el sector cacaotero. Por tanto, actualmente resulta un reto y una necesidad cumplir con los requerimientos nutricionales esenciales durante el desarrollo del cultivo, para mejorar la producción en beneficio del agricultor.

En este contexto, la existencia de vacíos de conocimiento respecto a parámetros como: nutrición mineral y manejo en condiciones climáticas, edáficas y de mantenimiento del cultivo provocan deficiencias en la producción. Por ello, Lozano (2014) menciona la necesidad de contribuir con información en aspectos relacionados al manejo del cultivo de cacao como son: (i) requerimientos hídricos, (ii) mecanismos de tolerancia y (iii) aclimatación o adaptación a condiciones críticas de sequía temporal o excesos de lluvia.

Ramírez (2009) menciona que en la provincia de Zamora Chinchipe el cacao CCN 51 ha sido cultivado con mayor afluencia por los productores, pero que a su vez esta producción ha sido afectada por la falta de asesoramiento en el manejo del cultivo desde la etapa vegetativa hasta la cosecha, por lo que es conveniente el desarrollo de proyectos de investigación que aporten con información primaria para el entendimiento de la dinámica de los nutrientes y el desarrollo del cultivo de cacao en escenarios tropicales.

Sobre la base de lo antes señalado se ejecutó la presente investigación, la cual pretende contribuir a la generación de conocimiento técnico-científico en cuanto a la respuesta morfológica y fisiológica del cultivo de cacao frente a la fertilización, lo que permitió conocer aspectos importantes sobre el comportamiento de este cultivo que actualmente tiene una alta demanda a nivel local e internacional; los resultados de esta investigación se encaminaron a conocer aspectos importantes para una fertilización adecuada de este cultivo, en procura de garantizar así un mejor rendimiento del mismo.

1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización sobre las condiciones químicas del suelo y el crecimiento en el cultivo de cacao CCN51 en la provincia de Zamora Chinchipe sector “EL PADMINI”.

1.2. Objetivos específicos

Describir los efectos de diferentes niveles de fertilización en las condiciones químicas del suelo en el cultivo de cacao CCN51.

Caracterizar el crecimiento vegetativo del clon CCN51 con la aplicación de diferentes niveles de fertilización.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo antiguo que ha sido cosechado y utilizado por los pueblos indígenas de Centro y Sudamérica por miles de años (Crane *et al.*, 2013); no obstante, el centro de origen radica en Ecuador gracias a la evidencia científica encontrada en el cantón Palanda (Ordoñez y Salous, 2019). El cacao se clasifica tradicionalmente en tres grupos genéticos: Criollo, Forastero y Trinitario, sin embargo, estudios han mostrado que esta clasificación no describe suficientemente la variabilidad de la especie (Dostert *et al.*, 2011).

2.2. Botánica del cacao

El cacao pertenece a la familia Malvaceae, subfamilia, todas las especies crecen bajo el dosel de bosques tropicales lluviosos, además, son árboles ramificados con hojas simples, enteras (o ligera e irregularmente sinuadas) y con un fruto indehiscente carnosos (mazorca). Del mismo modo, el tallo es glabro o parcialmente pubescente en ejes jóvenes, sus flores son pentámeras, hermafroditas, actinomorfas (Dostert *et al.*, 2011), y salen donde antes había hojas. El cacao es caulífero, quiere decir que las flores y los frutos brotan en las partes más viejas de la planta (Torres, 2012).

2.3. Cacao CCN 51

CCN 51 (Colección Castro Naranjal) es un clon obtenido del cruce de dos variedades como son el Trinitario y Forastero (Soletto, 2012); es de origen ecuatoriano, declarado mediante acuerdo ministerial una variedad con una alta productividad, con esta declaratoria, el Ministerio de Agricultura brinda apoyo para fomentar la producción de este cacao, así como su comercialización y exportación (ANECACAO, 2015).

2.4. Características

Garcés (2013) expone que en esta variedad la productividad supera los 5 000 kg por hectárea en explotaciones tecnificadas, y como resultado de esto atrae a los productores (CEPAL y STCI, 2015); además, es un cultivar al que se le atribuye un Índice de Mazorca (IM) de 8 mazorcas/libra de cacao seco, en comparación con el índice promedio de 12 mazorcas/libra (Garcés, 2013).

La variedad CCN 51 se destaca por ser cosmopolita, es decir, se adapta a casi todas las zonas tropicales desde el nivel del mar hasta los 1 000 m sobre el nivel del mar y no necesita de polinización cruzada para su adecuada floración tal como la mayoría de los clones (Garcés, 2013).

2.5. Requerimientos climáticos

Es un cultivar que no tolera la escasez de agua, pero tampoco el encharcamiento. Es decir, requiere de una precipitación de 1 600 a 2 500 mm distribuidos durante todo el año (Paredes, 2007), y una humedad relativa del 86 % (López, 2016). Por otro lado, la temperatura promedio para este cultivo va desde los 21 a 26 °C (Castro, 2015), siendo un factor determinante tanto para la floración como en la fructificación, es decir, a temperaturas menores a los 18 °C la floración es baja, en cambio a temperaturas no mayores a 29 °C la floración es normal y abundante (Paredes, 2007); del mismo modo, la fructificación se produce a una temperatura ambiente de 22 a 26 °C.

2.6. Requerimientos edáficos

Santos (2012) revela que esta variedad es considerada a menudo como una de las plantaciones capaces de adaptarse perfectamente a los más variados tipos de suelo, e incluso a suelos cuyo análisis químico indica pequeños contenidos en elementos minerales; también requiere de suelos con pH de 6,0 a 6,5, permitiendo obtener buenos rendimientos. Sin embargo, también se adapta a rangos extremos desde los muy ácidos hasta los muy alcalinos cuyos valores oscilan de 4,5 hasta 8,5, donde la producción es decadente o muy deficiente, por lo cual en estos suelos se deben aplicar correctivos (Paredes, 2007). Por otro lado, Gonzáles y Ruíz (2009) establecieron las condiciones recomendadas de suelo para sembrar este clon (**Tabla 1**).

Tabla 1. Condiciones recomendadas de suelo para sembrar cacao CCN 51

Fertilidad Natural	Acidez (pH)	meq. /100 gr. De Suelo (*)				Ppm (**)	
		Aluminio	Calcio	Magnesio	Calcio+	Potasio	Fósforo
		(Al)	(Ca)	(Mg)	Magnesio	(K)	(P)
Alta	6,0 a 7,5	2	7,5 a 11,0	2,0 a 4,0	2,0 a 4,0	0,3 a 0,7	17 a 30
Media	5,0 a 6,0	1,5 a 3,0	2,0 a 7,5	1,0 a 2,0	1,0 a 2,0	0,1 a 0,3	9,0 a 16,0
Baja	5	3	2	1	3	0	5,0 a 18,0

2.7. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es conocida como la medida de la concentración de sales solubles presentes en el sustrato (Barbaro *et al.*, 2014). La solución suelo contiene siempre sales solubles en mayor o menor proporción, pero si esta cantidad aumenta y sobre pasa el límite estimado para el cultivo y este podría morir (Andrade, 2014). Sin embargo, los suelos con una alta CE debido al exceso de iones de sodio y magnesio (o cloruro) pueden ser perjudiciales para la salud de las plantas, y también aumentar la biodisponibilidad de cadmio (Khoshgoftar *et al.* 2004). Los niveles de CE permitidos para el cultivo de cacao son de 2.0 dS/m, pasado estos niveles la presencia de cadmio en el cultivo es elevada (Motato *et al.*, 2015).

2.8. Respuesta de la fertilización en el pH

Si el pH del sustrato se encuentra en el rango óptimo la mayoría de los nutrientes mantiene su máximo nivel de solubilidad. Por debajo de este rango, pueden presentarse deficiencias de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio; mientras que, por encima, puede disminuir la solubilidad del hierro, fosforo, manganeso, zinc y cobre (Barbaro *et al.*, 2014). La aplicación de nutrientes químicos afecta las mediciones de pH, debido al incremento de concentración de electrolitos (Espinosa *et al.*, 1997), es decir, mientras mayor sea su aplicación mayor cambios se dará en el pH. Según Gines y Mariscal (2002) la aplicación de fertilizantes sobre el pH del suelo depende principalmente de: a) el perfil acidificante de la composición química del fertilizante b) de su carácter descalcificante o calcificante y c) de la capacidad taponadora del suelo.

2.9. Nutrición mineral

El cultivo de cacao como en todas las plantas requieren de minerales para cumplir sus funciones metabólicas durante su desarrollo.

2.9.1. Macronutrientes

Los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, y su aplicación debe ser de acuerdo a la deficiencia en uno o más de ellos, es normal que exista deficiencias de estos elementos en suelos naturalmente o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años. También, suele suceder esto cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales

(Mosquera, 2016). Por otro lado, el cacao es una planta que necesita “altos” requerimientos de nutrientes minerales (Dávila, 2013).

2.9.1.1. Respuesta a la aplicación de nitrógeno

La aplicación de nitrógeno N en el cultivo de cacao estimula el enrojecimiento de las hojas, aumenta el área de las hojas y la formación del dosel (Jadin y Snoeck, 2001); así mismo, mejora el crecimiento de plántulas jóvenes y estimula el cierre temprano del dosel de cacao.

Para García *et al.*, (2006), el N es el componente básico en la producción de los aminoácidos, actúa como regulador en el metabolismo del P y K, también reduce el marchitamiento de frutos jóvenes. FAO (2002) menciona que el N está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en el rendimiento, y el buen suministro de nitrógeno mejora la absorción de los otros nutrientes.

Por otro lado, Vliet y Giller (2017) exponen que la respuesta negativa a la aplicación de N solo se encuentra en ausencia de otros nutrientes, es decir, la excesiva aplicación de N puede desviar otros nutrientes a las hojas en lugar de la producción de vainas, mientras que la deficiencia de N en las plantas disminuye el crecimiento, evita el crecimiento de las hojas y como resultado de ello no puede sintetizar la clorofila, de este modo aparece clorosis (hojas de color amarillo), la cual empieza en las hojas de mayor edad o inferiores que pueden llegar a caerse y si la carencia es severa puede aparecer clorosis en las hojas más jóvenes, además, se le atribuye que disminuye el tamaño de los frutos y su cuajado (Dávila, 2013).

2.9.1.2. Respuesta a la aplicación de fósforo

El fósforo P se considera necesario en la formación de flores, frutos, semillas y acelera la maduración de los frutos (IICA, 2017); además, estimula la actividad de las bacterias nitrificantes y cumple una función exclusiva en el metabolismo energético de la planta, ya que, sin su intervención, la actividad fotosintética no se llevaría a cabo, debido a la transformación de energía luminosa en energía química que se lleva a cabo por medio de compuestos que contienen P (Mosquera, 2016).

Por otro lado, su deficiencia provoca un lento crecimiento de la planta y las hojas se quedan más pequeñas, pero en hojas maduras desarrolla un color pálido en los filos y puntas, mientras que en las jóvenes su color se torna más pálido (López *et al.*, 2015).

Según Salisbury *et al.*, (1992), el exceso de P acelera el crecimiento de las raíces y no de la parte aérea, mientras que Mancheno (2019) asegura que la relación N/P aporta un mayor porcentaje de grasas en el fruto y también mejora los contenidos calcio y el fósforo en el suelo, aunque también indica que la relación P/K llega a elevar la tasa de crecimiento absoluta del brote y mejora los contenidos de fósforo y potasio en el suelo.

2.9.1.3. Respuesta a la aplicación de potasio

El potasio K está encargado del engrosamiento de frutos y aumento de sólidos solubles (IICA, 2017); es un mineral que en la planta activa más de 60 enzimas que regulan la vida de la planta, jugando un papel importante en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. Además, mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad (Paspuel, 2018), aunque este elemento es más sensible en sistemas con sombra (Issac *et al.*, 2007). La eficiencia de recuperación está condicionada por la textura del suelo, es decir, por el porcentaje de arcilla y su mineralogía, debido a que las arcillas de tipo illita son muy afines por este mineral (Páramo *et al.*, 2014).

Los síntomas de deficiencia de K aparecen inicialmente en las hojas más viejas y se acentúan con el desarrollo de brotes como resultado de la translocación del nutriente viejo a tejido joven; a medida que la deficiencia se acentúa, las hojas de los brotes y chupones se vuelven más pequeños (López *et al.*, 2015).

2.9.1.4. Respuesta a la aplicación de calcio

El calcio Ca es un elemento importante en la determinación de la calidad, pero también favorece una mejor defensa de las plantas al ataque de enfermedades (Morillo, 2012); además, es responsable de mantener unidas las paredes celulares de las plantas (Paspuel, 2018). Sin embargo, los síntomas de su deficiencia se observan en las hojas más viejas mostrando una quemazón apical y marginal que progresa rápidamente, dejando áreas sanas dentro de la zona necrosada. La deficiencia de Ca también causa disminución del crecimiento de la raíz (López *et al.*, 2015).

2.9.1.5. Respuesta a la aplicación de azufre

Los requerimientos de azufre S son menores que N, K y Ca, pero son de la misma magnitud del P y Mg (Carciochi *et al.*, 2015); este nutriente está involucrado en procesos metabólicos como la fotosíntesis, debido a que forma parte de las proteínas ferrosulfuradas que participan en el transporte

de electrones durante la fase luminosa de la fotosíntesis (Azcón y Talón, 2008). Por otra parte, la deficiencia de este elemento se observa inicialmente en las hojas nuevas que desarrollan un color amarillento brillante incluyendo las nervaduras, aunque no existe reducción marcada del tamaño de las hojas (Paspuel, 2018); también suele presentarse necrosis apical que luego se transforma en un enrollamiento de las hojas y finalmente caen (López *et al.*, 2015).

2.9.2. Micronutrientes

Son aquellos minerales que son requeridos por la planta en pequeñas cantidades, pero que juegan un papel importante dentro de ella y que cumplen con reacciones bioquímicas necesarias (Taíz y Zeiger, 2006).

El Manganese Mn es importante para el proceso fotosintético, ya que está directamente involucrado en el sistema transportador de electrones necesarios para la fotofosforilación y producción de NADPH₂ y ATP (Taíz y Zeiger, 2006).

El Boro B es esencial en la división celular, ayuda a la polinización y fructificación, es decir, desarrollo de las anteras y en la germinación del tubo polínico, acelera la fertilización de los óvulos y reduce la caída prematura de flores y frutos. Además, se encuentra en la fijación simbiótica de nitrógeno, por lo que, sin B no hay producción de los nódulos de fijación simbiótica de N (Pilarte, 2018). Su deficiencia se observa cuando aparece 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 (MISTI, 2008).

El Hierro Fe es un mineral que funciona como componente estructural y como cofactor enzimático, forma parte estructural de los citocromos (oxidasa, catalasa, peroxidasa y ferredoxina) y; se encuentra tanto en sistemas respiratorios como fotosintetizadores. Cuando se suministra hierro en diferentes concentraciones a las plantas se observa una buena correlación entre contenido de hierro y contenido de clorofila (Pilarte, 2018).

2.10. Estudios de fertilización en cacao CCN 51

El presente trabajo describe algunos avances de investigación relacionados a prácticas de fertilización que sirven como base para llevar a cabo la realización del mismo, aportes que son importantes en el cultivo de cacao CCN 51. Tales como es el estudio realizado en Manabí por Almeida *et al.* (2019) que confirma que la calidad del cacao CCN 51 del Ecuador cultivado con

una fertilización adecuada produce granos de excelente calidad para ser utilizado en la producción de chocolate debido a sus propiedades químicas que genera un producto competitivo a escala internacional.

El estudio relacionado con fertilización de Cuenca *et al.*, (2019) indica que el cacao CCN 51 muestra excelente rendimiento y cantidades nutricionales de N-P-K, elevadas en tratamientos con dosis no superiores de N50, P30, K110 a diferencia de otros clones utilizados en este estudio. Así mismo, Mora *et al.* (2011) afirma que el clon CCN 51 frente a tres dosis 25 %, 50 %, 100 % de fertilización muestra gran cantidad de nutrientes en hojas y frutos, pero de manera similar mostraron un contenido nutricional los otros clones utilizados en la investigación. Sin embargo, investigaciones de Paramo *et al.*, (2015) comprobaron que las relaciones entre los nutrientes N/Mg, N/P, N/S, N/K, muestran diferentes respuestas del rendimiento, generando las dos primeras relaciones un efecto positivo y el resto de las relaciones evaluadas un efecto negativo en el rendimiento.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del estudio

El estudio se realizó en la provincia de Zamora Chinchi, cantón Yantzaza, en la Estación Experimental El Padmi de la Universidad Nacional de Loja, cuenta con un área de 100 Ha destinadas para fines de investigación. La ubicación geográfica corresponde a $3^{\circ}51'S$ y $78^{\circ}45'O$, con una altitud de 820 msnm (**Figura 1**). Este clima es considerado Af (ecuatorial, cálido y lluvioso todo el año, sin estaciones) según la clasificación climática de Köppen- Geiger. La temperatura media anual en Yantzaza se encuentra a $22,7^{\circ}C$, con precipitaciones en promedio de 1 959 mm anuales, siendo agosto el mes más seco con 132 mm, y el mes más húmedo abril, promediando 212 mm (Climate-data.org, 2019).

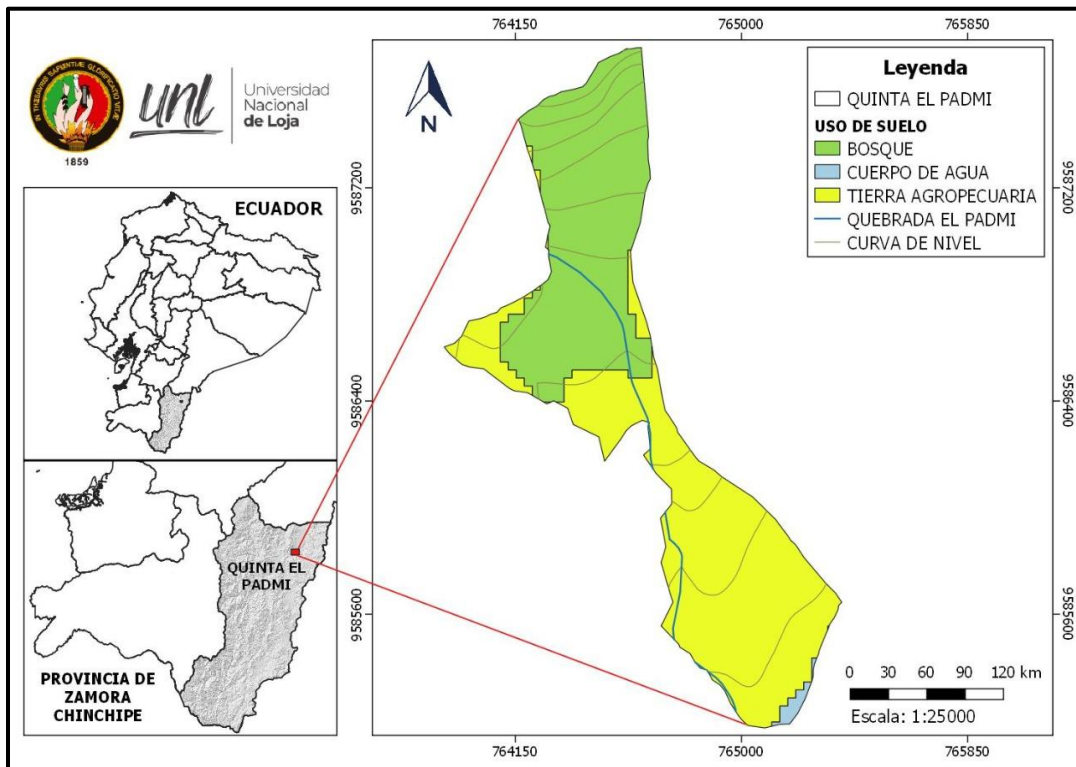


Figura 1. Ubicación geográfica de la Quinta Experimental "El Padmi"

3.2. Materiales utilizados en la investigación

Tabla 2. Materiales, equipos e insumos utilizados en la investigación

MATERIALES	EQUIPOS	INSUMOS
1 flexómetro	1 microscopio OLYMPUS CX31	Etanol
1 pie de rey	1 computadora	Ácido bórico
Fundas plásticas transparentes de 1 lb	Portaobjetos y cubreobjetos	Sulfato de magnesio
2 paquetes de servilletas de cocina	Incubadora	Nitrato de calcio
Esmalte transparente		DAP (18-46-0)
		Nitrato de Amonio
		Muriato de Potasio

3.3. Diseño Experimental

El experimento realizado fue con un diseño completamente al azar (DCA) representada con la ecuación $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$; donde:

Y_{ij} → Es la j-ésima observación del i-ésimo tratamiento

μ → Es la media general común a todos los tratamientos

τ_i → Es el efecto del tratamiento, i; 1, 2, 3.

ϵ_{ij} → Error experimental.

El cultivo fue establecido con cacao CCN-51 en etapa vegetativa de 4 meses de edad, con una densidad de siembra de 3,5 x 4 m². Se utilizaron 3 niveles de fertilización: 0 %, 100 % y 200 % con la aplicación suplementaria de los elementos en base al análisis de suelo realizado previamente (*Anexo 2*); Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), con 3 repeticiones aleatorizadas para cada tratamiento (**Tabla 3**), dando un total de 9 unidades experimentales. Cada unidad experimental está integrada por 2 árboles con características homogéneas para reducir el error experimental.

Además, en los tratamientos 2 y 3 se realizó la corrección de Azufre (S) y Boro (B) (**Tabla 3**) según el análisis de suelo realizado en laboratorio para mejorar su disponibilidad a las plantas.

Tabla 3. Descripción de las dosis aplicadas en los distintos tratamientos establecidos en el experimento de cacao CCN 51

DESCRIPCIÓN	ELEMENTOS APLICADOS	FERTILIZANTE	DOSIS (%)	DOSIS (g) PLANTA
T1: Testigo	0	0	0	0
T2	B: 17,5	Ácido Bórico	100	8
	S: 13; Mg: 16	Sulfato de magnesio		113,1
	N: 15; Ca: 26	Nitrato de calcio		152,1
	N: 18; P:46	DAP (18-46-0)		10,7
	N: 33	Nitrato de Amonio		69,2
	K: 60	Muriato de Potasio		91
T3	B: 17,5	Ácido Bórico	200	16
	S: 13; Mg: 16	Sulfato de magnesio		226
	N: 15; Ca: 26	Nitrato de calcio		304
	N: 18; P:46	DAP (18-46-0)		21
	N: 33	Nitrato de Amonio		138
	K: 60	Muriato de Potasio		182

3.4. Establecimiento y manejo del ensayo

Se utilizaron plantas de cacao CCN51 en estado inicial de desarrollo certificadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, garantizando el origen y las características de las plantas. La densidad del cultivo fue de 714 árboles/ha (3,5 entre planta x 4 entre hilera, densidad comercial). Todas las plantas recibieron el mismo manejo agronómico, prácticas culturales y manejo de plagas y enfermedades acorde a las necesidades del cultivo, con el fin de controlar posibles fuentes de variación. Para la aplicación de los tratamientos se aplicó en corona a una distancia de 20 a 30 cm de la base de la planta.

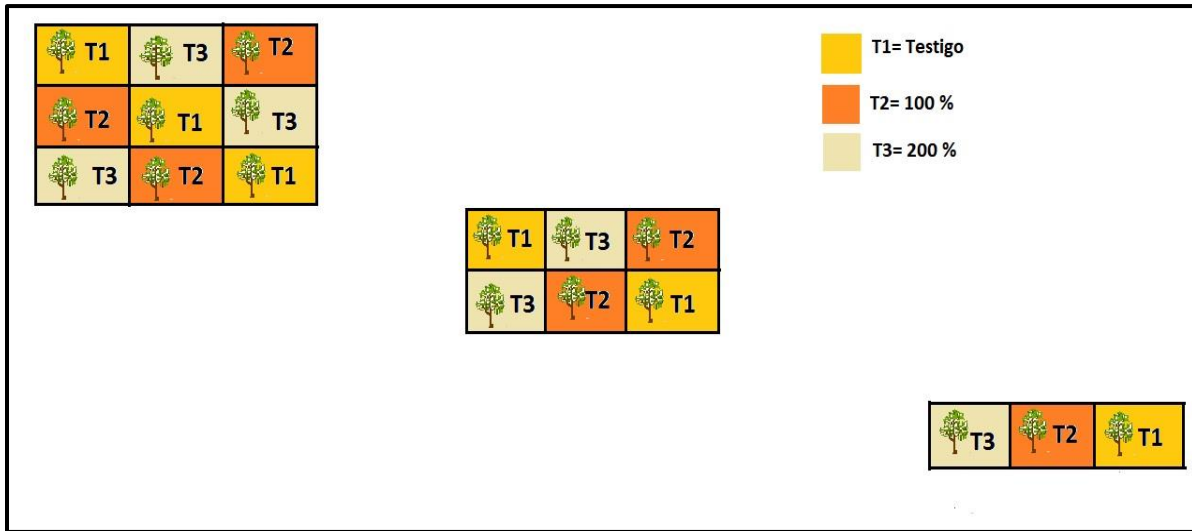


Figura 2. Diseño del establecimiento de los tratamientos en campo del cultivo de cacao CCN 51.

3.5. Metodología para el primer objetivo

“Describir los efectos de diferentes niveles de fertilización en las condiciones químicas del suelo en el cultivo de cacao CCN51”.

3.5.1. Evaluación de pH y conductividad eléctrica

Se recolectó una muestra de suelo de 100 a 150 g de cada planta con una distancia de 15 cm desde la base del tallo a una profundidad entre los 5-10 cm de los diferentes tratamientos, luego se procedió a secar las muestras en un lugar seco, seguido se tamizó las muestras para obtener partículas muy delgadas hasta obtener un peso de aproximadamente 120 g. Se colocó en fundas transparentes y se etiquetó las muestras de suelo para posteriormente enviar las muestras a realizar su análisis de suelo en el laboratorio de análisis químico de la universidad. Se evaluó el pH y la conductividad eléctrica cada 20 días por un lapso de 4 evaluaciones.

3.6. Metodología para el segundo objetivo

“Caracterizar el crecimiento vegetativo del clon CCN 51 con la aplicación de diferentes niveles de fertilización”.

Se midieron variables morfológicas, indicadoras de crecimiento, variables fisiológicas y contenidos nutricionales de las hojas.

3.6.1. Variables o indicadores morfológicos

3.6.1.1. Altura de la planta

Este indicador se midió mensualmente flexómetro desde el cuello o base de la planta hasta el ápice en la planta y se expresó en cm.

3.6.1.2. Longitud de brote

Se identificaron dos brotes por planta posicionados en el tercio medio de la altura de la planta para medir su crecimiento longitudinal en centímetros con una cinta. Esta medición se inició a los 6 meses después del trasplante.

3.6.1.3. Longitud y número de metámeros

En los brotes seleccionados, se contó el número de entrenudos y con base en su longitud total, por división, se obtuvo una longitud promedio de metámero en el brote. Esta medición se realizó con cinta de medir, en centímetros, al final del cada “flush” de crecimiento.

3.6.1.4. Área de la sección transversal del tronco

Se midió la circunferencia del tronco a 5 cm desde el suelo con una cinta de medir, a partir de la cual se calculó su área. Esta medición se realizó al inicio y al final de ensayo, a partir del dato anterior con la siguiente formula $ASTT = C^2/4\pi$; donde C es igual a la circunferencia del tronco. Esta medida se expresó en cm^2 .

3.6.1.5. Área foliar del brote

Se determinó utilizando un ajuste de regresión simple, utilizando todas las hojas en diferentes estadios de cada uno de los brotes seleccionados inicialmente, hojas que se desarrollan durante la aplicación de los tratamientos, esto con la finalidad de tener la progresión de crecimiento de las hojas de cada brote, por tratamiento y repetición. El área de dichas hojas se calculó mediante el método de análisis digital de fotografías empleando el software Photoshop; así mismo, se midió el largo y ancho de la misma para establecer una ecuación de ajuste con base en medidas de longitud y/o ancho.

3.6.2. Variables de índice de crecimiento

3.6.2.1. Tasa de crecimiento absoluto (TCA)

A los brotes marcados para la longitud se les determinó la TCA para observar el incremento de longitud del órgano por unidad de tiempo mediante la siguiente fórmula:

$$TCA = \Delta L / \Delta t$$

Donde:

ΔL = Incremento de longitud

Δt = Unidad de tiempo

3.6.2.2. Tasa de crecimiento relativo (TCR)

Sobre los brotes marcados para longitud se determinó TCR, que corresponde al incremento de longitud por unidad de tamaño y por unidad de tiempo, se usa la siguiente fórmula:

$$TCR = (1/L_i) * (\Delta L / \Delta t)$$

Donde:

L_i = Unidad de tamaño

ΔL = Incremento de longitud

Δt = Unidad de tiempo

3.6.3. Variables fisiológicas

3.6.3.1. Índice de área foliar (IAF)

Se utilizaron estimaciones alométricas, basadas en un análisis de regresión cuyo ajuste fue el modelo potencial para el ancho de la hoja considerando los resultados del área foliar obtenidos anteriormente y la superficie del suelo ocupada por la planta.

Al medir el ancho del total de las hojas de la planta, se calculó el área total foliar de la planta (IAF) de cacao. Respecto al cálculo de la superficie del suelo ocupado por la planta, se lo realizó asumiendo la proyección de la copa como un círculo, y se mide el diámetro de la proyección de la

misma y se obtuvo el cálculo de la superficie. Para calcular el índice (adimensional) se utilizó la fórmula:

IAF= área foliar total de la planta/superficie del suelo ocupada por la planta

3.6.3.2. *Concentración de clorofila*

Para determinar el contenido de clorofila se utilizó el siguiente protocolo de análisis de clorofila por Espectrometría (Rodés y Collazo, 2006).

Se tomaron 12 muestras de hojas totalmente funcionales (tres hojas por tratamiento) ubicadas en el segundo tercio de la planta, las cuales se lavaron, secaron y cortaron en secciones sin nervadura.

Para la extracción de pigmentos se pesó 0,5 g de hoja, luego se introdujo la muestra en un tubo de ensayo con 6 ml de etanol al 90 % de modo que los segmentos quedaron sumergidos en el solvente orgánico, posterior a ello se llevaron a la incubadora por 20 minutos a baño maría a 80 °C para que los pigmentos fotosintéticos (clorofila) salgan y se disuelvan en el solvente, al culminar este tiempo los segmentos quedaron totalmente decolorados y el solvente de color verde.

Los tubos de ensayo se envolvieron en papel aluminio para evitar la penetración de los rayos solares, y finalmente se sacaron los restos de las muestras de los tubos, se filtraron y centrifugaron.

Según Mackinney (1941), las ondas para medir la cantidad de absorbancia fueron 645 y 663 nm, mientras que para la evaluación de clorofila A (Ca), clorofila B (Cb) y clorofila total (Ctotal) se utilizaron las siguientes fórmulas (Valarezo y Ochoa, 2019):

$$Ca \left(\frac{\mu g}{ml} \right) = [(12,7 \times A_{663}) - (2,69 \times A_{645})] \times \frac{\text{volúmen de extracto (ml)}}{\text{peso de la hoja (g)}}$$

$$Cb \left(\frac{\mu g}{ml} \right) = [(22,9 \times A_{645}) - (4,68 \times A_{663})] \times \frac{\text{volúmen de extracto (ml)}}{\text{peso de la hoja (g)}}$$

$$C_{total} \left(\frac{\mu g}{ml} \right) = [(20,2 \times A_{645}) + (8,02 \times A_{663})] \times \frac{\text{volúmen de extracto (ml)}}{\text{peso de la hoja (g)}}$$

3.6.3.3. Densidad estomática

Se tomaron 12 hojas tres por cada tratamiento, esta variable se midió mediante la técnica de la impronta descrito por Barrientos (2003), la cual consistió en utilizar una fina capa de esmalte para uñas transparente en un área pequeña en el envés de la hoja, después que el esmalte se secó, la capa se removió y montó en un portaobjetos. Se tomaron dos muestras de cada hoja, en la región de la parte central entre las venas secundarias. Las muestras se observaron en el microscopio OLYMPUS CX31 con un aumento de 10X y mediante el uso del programa Micro Cam Ver 5.7 se procedió a fotografiar 6 campos por muestra, luego para el conteo de estomas se procedió a marcar en cada fotografía un área de $120\ 000\ \mu\text{m}^2$, siendo ésta el área de conteo, el dato final se expresó en número de estomas por mm^2 .

3.6.4. Análisis estadístico

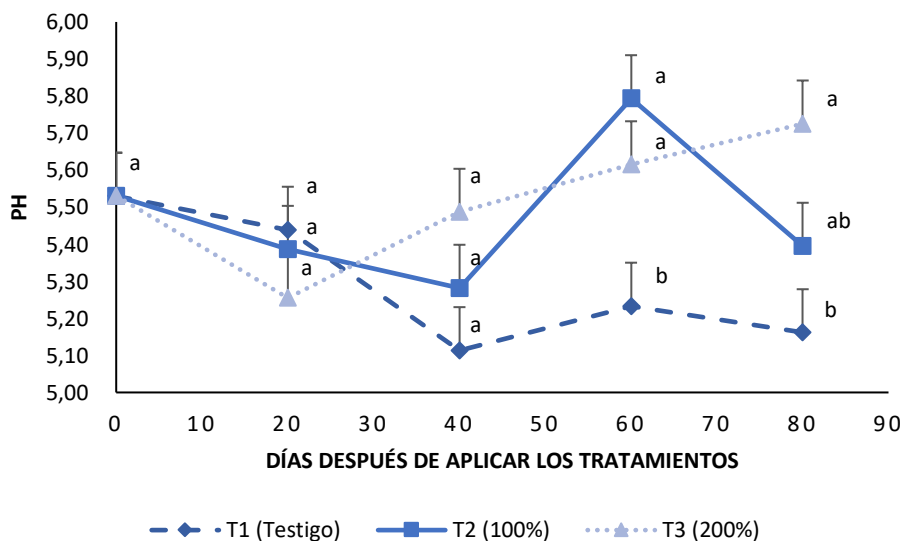
Para el análisis estadístico de los datos del experimento se realizó el análisis de supuestos del modelo, análisis de varianza, análisis de comparación de medias (Test de Tukey al 95 %) para determinar cuál fue el mejor tratamiento referente a la aplicación de fertilizantes, sumado a ello, análisis de regresión, correlación entre variables (*Anexo I*) para determinar si hubo relación entre las variables evaluadas, sometidos a análisis de varianza, regresiones bajo diferentes modelos con el programa estadístico InfoStat.

4. RESULTADOS

4.1. Condiciones químicas del suelo

4.1.1. pH del suelo

La variable pH del suelo al inicio de la fertilización manifestó valores de 5.5 puntos, de los cuales con el tiempo transcurrido de 20 y 40 días después de la aplicación de los tratamientos de fertilización se obtuvieron valores menores para cada tratamiento, de los cuales no fueron significativos entre ellos (**Figura 3**). Aunque, a los 40 días no mostraron diferencias entre los tratamientos, el T2 indicó una tendencia de incremento con respecto al T1. A partir de los 60 días se observó diferencias significativas entre los tratamientos. Es decir, a los 60 días los niveles de pH de los tratamientos con fertilización (T2 y T3) fueron superiores con 0.56 al tratamiento sin fertilización (T1). A los 80 días los niveles también mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el T3 el que mejor responde e incrementa los valores de pH en el suelo. En general a partir de los 40 días el T1 presentó un pH más bajo.

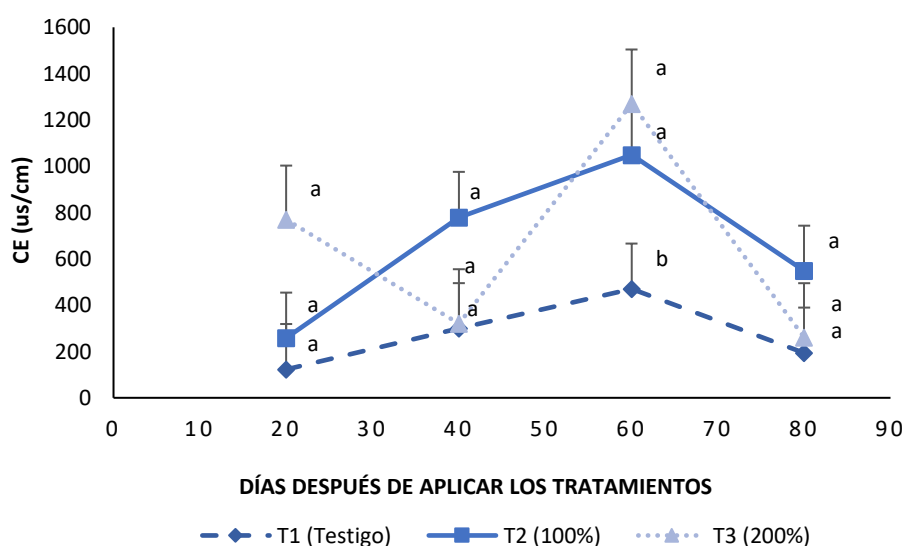


*Letras diferentes en sentido vertical expresan diferencia estadística significativa (p valor >0,005)

Figura 3. Evolución del pH en el suelo días después de la aplicación de diferentes niveles de fertilización.

4.1.2. Conductividad eléctrica

Los niveles de CE en el suelo a los 20 y 40 días fueron diferentes estadísticamente significativos entre los tratamientos, aun así, el T2 y T3 indicaron niveles más altos para cada periodo de tiempo (**Figura 4**). A los 60 días los tratamientos si mostraron diferencias estadísticas significativas, siendo el T2 y T3 los tratamientos que mayores niveles alcanzaron entre (570-710) us/cm de diferencia respecto al tratamiento testigo. Sin embargo, los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas significativas entre ellos a los 80 días, del cual, el T1 fue el tratamiento que menor valor presentó en cada periodo de tiempo de aplicación de los tratamientos.



*Letras diferentes en sentido vertical expresan diferencia estadística significativa (p valor >0,005)

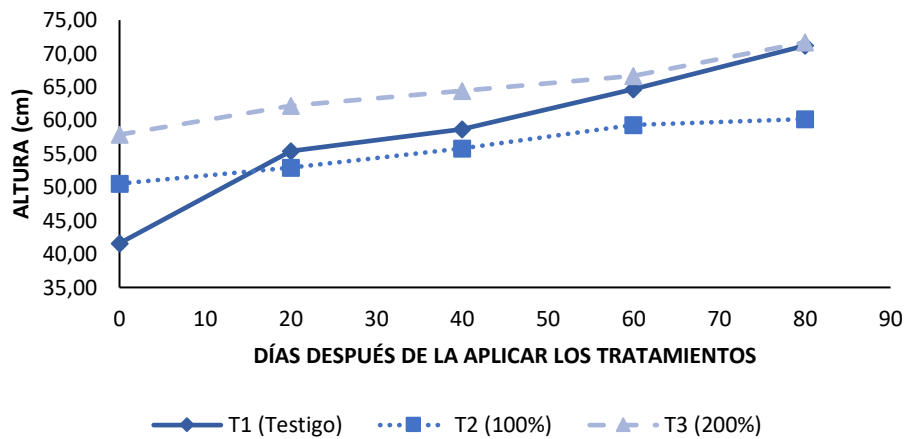
Figura 4. Niveles de conductividad eléctrica (CE) en el suelo después de la aplicación de los tratamientos de dosis de fertilización.

4.2. Variables o indicadores morfológicos

4.2.1. Altura

Después de la aplicación de los tratamientos de fertilización en el cultivo de cacao CCN 51, se evaluó la variable altura donde ninguno de los tratamientos mostró diferencias estadísticas significativas durante toda la evaluación del cultivo, no obstante, el T3 fue el que registró valores más altos que todos los tratamientos en toda la evaluación. Sin embargo, el tratamiento testigo (T1) llegó a alcanzar una altura similar de (71,1 cm) al T3 en el final del ensayo. El T2 fue el

tratamiento que registró alturas menores en todo el ensayo manteniendo una altura promedio entre (50 a 60) cm.

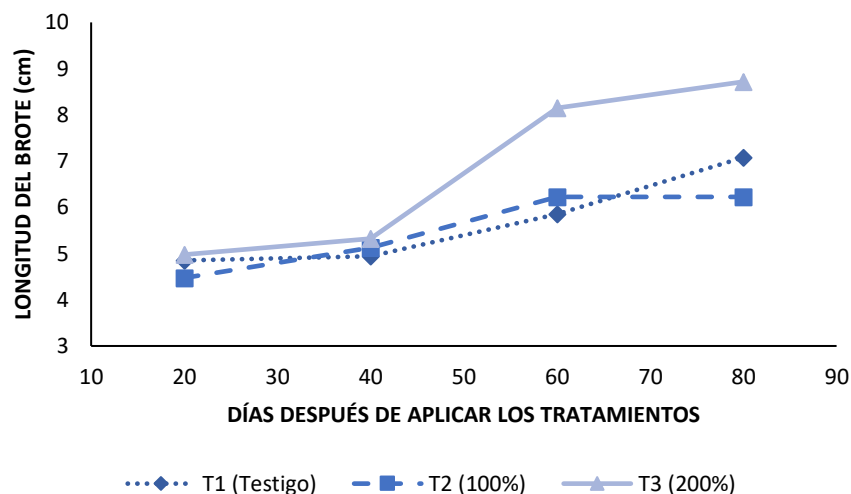


*No existe diferencia estadística significativas (p valor >0,05)

Figura 5. Altura de la planta en cacao CCN 51 bajo diferentes dosis de fertilización.

4.2.2. Longitud del brote

De acuerdo con la **Figura 6**, la elongación del brote durante todo el periodo de evaluación no existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos, sin embargo, se puede apreciar que a los 60 días el brote de las plantas con T3 obtuvieron mayor longitud de 2.1 cm de diferencia para el T2. Al finalizar el ensayo, el T1 y T3 indican valores de incremento en la longitud del brote entre 7 y 6 cm respectivamente. En ese mismo periodo de tiempo el T2 no reporto tendencia de crecimiento en la longitud del brote.



*No existe diferencia estadística significativas (p valor >0,05)

Figura 6. Longitud del brote en cacao CCN 51.

4.2.3. Longitud y número de metámeros

Referente a la longitud y número de metámeros (**Tabla 4**), los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas significativas después de 84 días de la aplicación de los tratamientos de fertilización, pero en cuanto a parámetros de longitud de metámeros el T3 obtuvo el valor más alto con un incremento de 0,64 cm referente al tratamiento testigo. Así mismo, en parámetros de número de metámeros el T3 obtuvo el valor más alto que los T1 y T2.

Tabla 4. Longitud y número de metámeros en cultivo de cacao CCN 51.

Tratamiento	Factor (%)	N° Metámeros	Longitud de metámeros (cm)
	Fertilización		
Testigo-T1	0	1,33 a	1,66 a
T2	100	1,33 a	1,97 a
T3	200	1,44 a	2,30 a

*Letras iguales en sentido vertical no expresan diferencias estadísticas significativas (p valor >0,005)

4.2.4. Área de la sección transversal del tronco

En la **Tabla 5**, los resultados obtenidos en la sección transversal del tronco a los 20 y 80 días no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos tanto en el área del

patrón como en la vareta. Sin embargo, el T3 fue el que mayor área mostró en el patrón, pero en la vareta el tratamiento con mejor respuesta fue el T2, mientras que el tratamiento testigo fue el que menor área presentó en el patrón y en la vareta al finalizar el ensayo.

Tabla 5. Área de la sección transversal del tronco en el cultivo de cacao CCN 51 en fase vegetativa.

Tratamiento	ASTT (cm ²)					
	20 días DDT		80 días DDT		Incremento	
	Vareta	Patrón	Vareta	Patrón	Vareta	Patrón
T1 (Testigo)	0,63 a	1,36 a	0,88 a	1,72 a	0,25 a	0,36 a
T2 (100%)	0,55 a	1,02 a	1,01 a	1,55 a	0,45 a	0,53 a
T3 (200%)	0,69 a	1,34 a	1,05 a	2,01 a	0,36 a	0,67 a

*Letras iguales en sentido vertical no expresan diferencias estadísticas significativas (p valor >0,005)

4.2.5. Área foliar del brote y la planta

Se realizó un análisis de regresión (**Figura 7**) con datos de largo, ancho y área foliar donde se utilizó una medida alométrica basada en un análisis de regresión. El modelo de regresión que presentó un ajuste mayor fue el modelo potencial con datos de largo por ancho, del cual se obtuvo un valor de R² de 0,9969 para n igual 25.

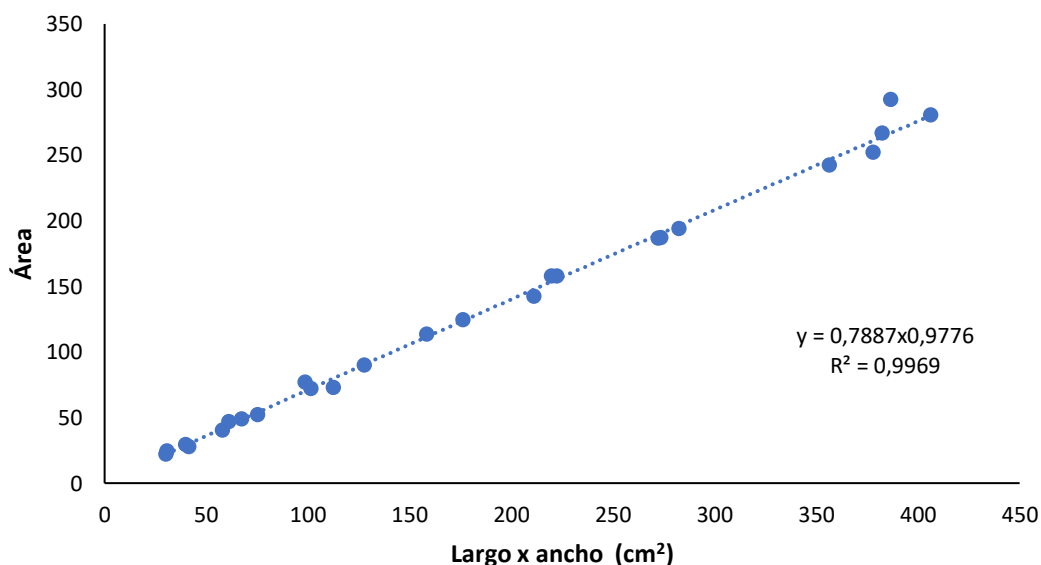


Figura 7. Ecuación de regresión para el cálculo del área foliar en cacao CCN 51 en base a longitud y ancho de hojas.

Luego de calcular el área foliar en base a la ecuación de regresión, en la **Tabla 6**, donde se presenta los resultados obtenidos en parámetros de área foliar de la planta y del brote, del cual, el T3 resultó con un valor más alto de (51.7 cm²) que el resto de tratamientos en el área del brote; así mismo, el área de la planta en el T3 reflejó un incremento de (1243. 17 cm²) de diferencia frente al T1. En cuanto al T2, fue el segundo más alto en el área del brote y el más bajo en el área foliar de la planta.

Tabla 6. Valores promedios del área foliar del brote y de la planta en cacao CCN 51 en fase vegetativa

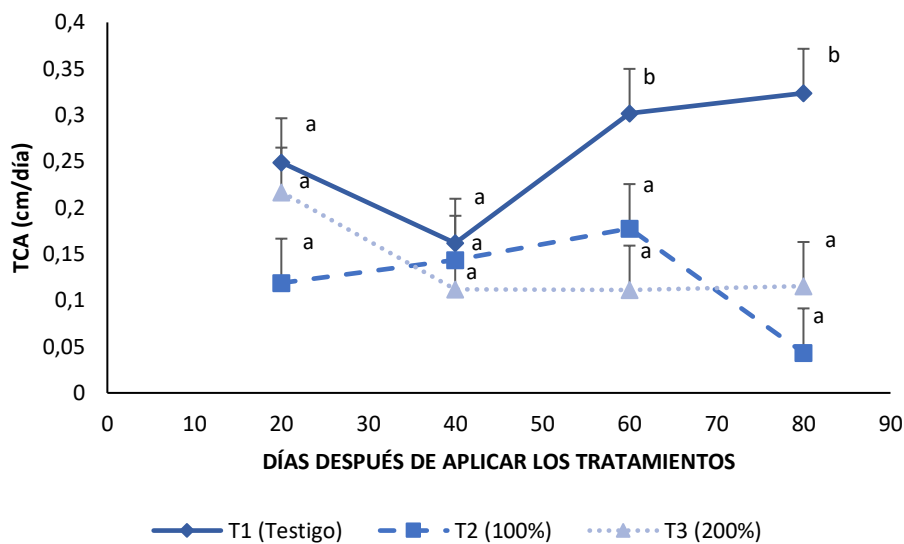
Tratamiento	Factor (%)	AF Brote (cm ²)	AF planta (cm ²)
	Fertilización		
Testigo-T1	0	35,77 a	1113,52 a
T2	100	53,25 a	941,24 a
T3	200	105,03 b	2356,69 a

*Letras diferentes en sentido vertical expresan diferencias estadísticas significativas (p valor >0,005)

4.3. Variables de índice de crecimiento

4.3.1. Tasa de crecimiento absoluta de altura de planta

La TCA a los 20 y 40 días después de la aplicación de los tratamientos no presentó diferencias estadísticas significativas, pero el tratamiento testigo durante estos dos periodos indicó una tendencia de crecimiento que el resto de tratamientos. A partir de los 60 días los tratamientos sí manifestaron diferencias estadísticas significativas entre los mismos, siendo el T1 el que mayor crecimiento obtuvo con (0.13 cm/día) frente a los otros tratamientos; del mismo modo, a los 80 días, el T1 fue el que mayor crecimiento obtuvo con 0.21 cm/día de diferencia respecto al T3, pero el T2 no mostró una tendencia de crecimiento muy marcado por lo que fue el tratamiento con menor crecimiento.

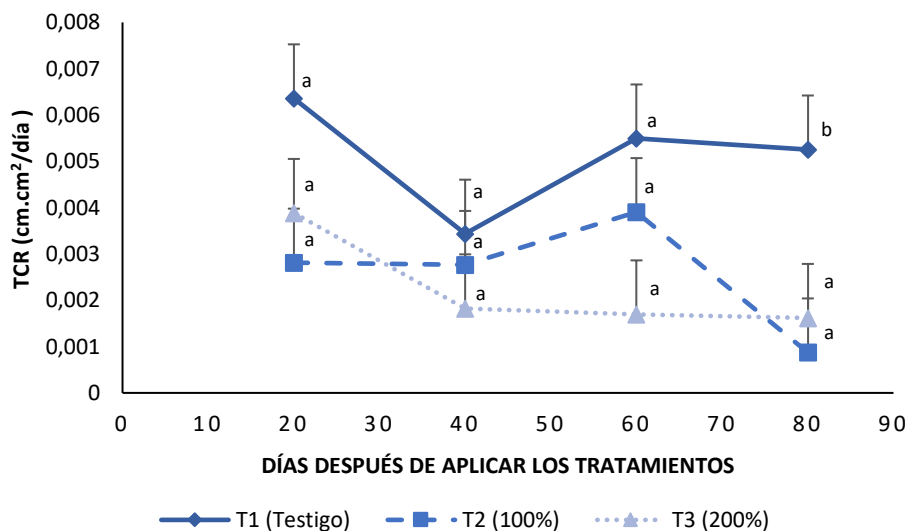


*Letras diferentes en sentido vertical expresan diferencia estadística significativa (p valor >0,005)

Figura 8. Tasa de crecimiento absoluta en altura del cacao CCN 51.

4.3.2. Tasa de crecimiento relativa de altura de la planta

En los resultados de la TCR, se obtuvo datos similares a los del TCA, es decir, a los 20, 40 y 60 días no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas, aunque, el T1 es el tratamiento que mejor responde desde los 20 a 60 días con valores entre 0.0054 y 0.0063 $\text{cm} \cdot \text{cm}^2/\text{día}$. Por otro lado, a los 80 días sí se mostraron diferencias estadísticas significativas, resaltando el T1 con mayor valor (0.0053 $\text{cm} \cdot \text{cm}^2/\text{día}$), y el T2 con menor valor (0.0008 $\text{cm} \cdot \text{cm}^2/\text{día}$).



*Letras diferentes en sentido vertical expresan diferencia estadística significativa (p valor >0,005)

Figura 9. Tasa de crecimiento relativa en altura del cacao CCN 51.

4.4. Variables fisiológicas

4.4.1. Índice de área foliar

Los resultados obtenidos del IAF se presentados en la **Tabla 7**, indican que no existió diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde el T3 obtuvo un valor mayor de IAF con 0,009 de diferencia al T1.

Tabla 7. Índice de área foliar en cacao CCN 51 bajo diferentes niveles de fertilización.

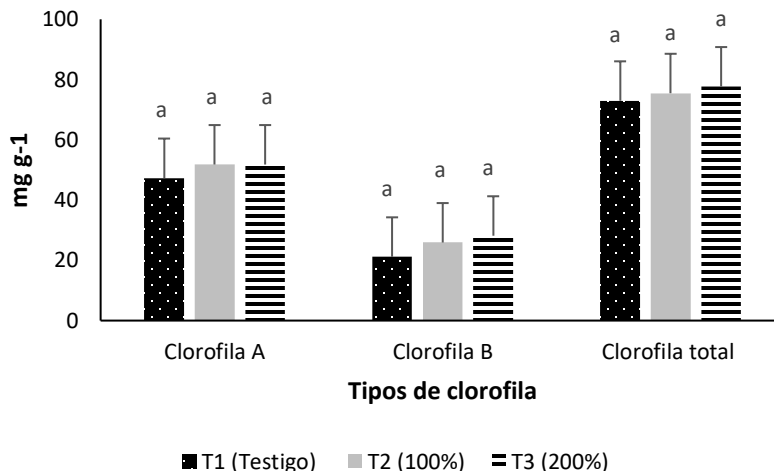
Tratamiento	Factor (%)	IAF
	Fertilización	
Testigo-T1	0	0.008 a
T2	100	0.007 a
T3	200	0,017 a

*Letras diferentes en sentido vertical expresan diferencia estadística significativa (p valor >0,005)

4.4.2. Concentración de clorofila

Los niveles de los distintos tipos de clorofila al finalizar el ensayo, respecto a la clorofila A no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. En el tipo de clorofila B al igual que la clorofila A no presentó diferencias estadísticas significativas, pero el T3 obtuvo un nivel más alto con una diferencia de 7.81 mg/g de diferencia al T1. Por otro lado, en la clorofila total

tampoco existió diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, pero al igual que el anterior tipo de clorofila el T3 mostró un nivel más alto de concentración de clorofila de 4.9 mg/g a diferencia del T1.

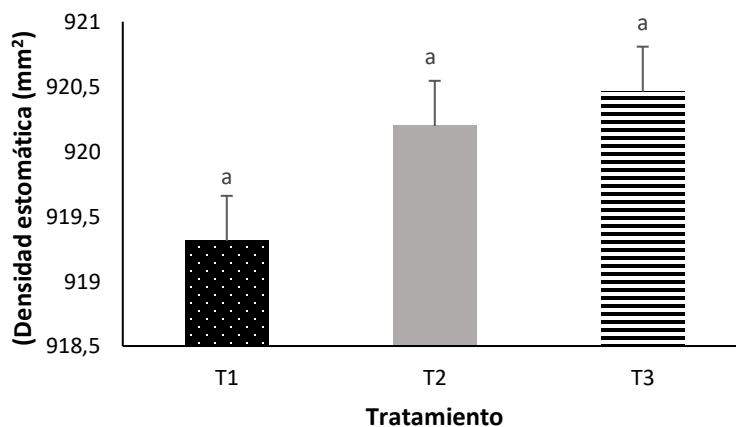


*Letras diferentes en sentido horizontal expresan diferencia estadística significativa (p valor >0,005)

Figura 10. Tipos de clorofila evaluados en las hojas de cacao CCN 51.

4.4.3. Densidad estomática

Al finalizar el ensayo, en la densidad estomática, los tratamientos no expresaron diferencias estadísticas significativas entre los mismos, es decir los tres tratamientos mostraron datos muy similares por unidad de mm², T1 (919,31) mm², T2 (920,20) mm², T3 (920,46) mm².



*Letras diferentes en sentido horizontal expresan diferencia estadística significativa (p valor >0,005)

Figura 11. Niveles de la densidad estomática en hojas de cacao CCN 51.

4.5. Correlaciones

A los 80 días de evaluación se aplicó un análisis de correlación entre variables fisiológicas y morfológicas (*Anexo I*) y se tomó como variables significativas aquellas que mostraron una correlación significativa alta (p valor <0,05) y un valor de Pearson >0,6 (**Tabla 7**). Se destacó la correlación positiva entre altura de la planta y el área de la sección transversal del tronco del patrón B y de la vareta A, y la relación entre área de la planta con la longitud del brote. Del mismo modo, se obtuvo una correlación positiva entre las variables longitud del brote frente a IAF, número de metámeros, y longitud de metámeros. Además, se correlacionó la variable clorofila A con la clorofila B donde se hubo una correlación positiva.

Tabla 8. Correlaciones significativas positivas entre las variables morfológicas y fisiológicas.

VARIABLE 1	VARIABLE 2	PEARSON	P VALOR
Altura	ASST-A (Vareta)	0,71	0,001
	ASST-B (Patrón)	0,84	0,005
ASST-A	ASST-B	0,78	0,0001
Longitud del Brote	IAF	0,77	0,0149
	Número de metámeros	0,76	0,0002
	Longitud del metámero	0,64	0,0039
Clorofila A	Clorofila B	0,77	0,0159
Área de la planta	Longitud del brote	0,77	0,0149

5. DISCUSIÓN

5.1. Parámetros del suelo

En cuanto a parámetros del suelo, de acuerdo con el análisis se partió de pH de 5.5 y después de la aplicación de los tratamientos hasta los 40 días después de aplicación no mostraron diferencias estadísticas significativas (p valor $>0,005$) entre los mismos, pero a los 60 días DDT, se observó un pH mayor que el inicial de los tratamientos T2 y T3 incrementándose a 5.79 y 5.62 respectivamente. Por otra parte, a los 80 días DDT los niveles de pH del T1 y T2 fueron menores (5.1 y 5.4) a los valores reportados inicialmente. De acuerdo con la zona de Zamora, los suelos son considerados ácidos (INIAP 2014), pero se cree que aquello no afecta el desarrollo del cacao CCN 51, debido a que esta variedad se desarrolla adecuadamente en un rango de pH de 5.5-7.5 (Campoverde, 2016).

Del mismo modo, a los 80 días, el único tratamiento que incrementó su pH al finalizar la evaluación fue el T3 (200% de fertilización) con un valor de 5.73, siendo el mejor tratamiento, además, se observó que esas plantas mostraron mejor vigorosidad. Similares resultados obtuvieron Rosas *et al.*, (2019), en su estudio que también empezó con un pH 5.5 y después de 90 días DDT dicho pH aumentaba a 5,91 en aplicaciones de tratamientos con mayor fertilización (200%) en el cultivo de cacao. Esto podría indicar que, sí las condiciones de suelo son ácidas y no se mejoran, la vigorosidad de la planta se ve afectada, ya que se limita la absorción de nutrientes (López *et al.*, 2018).

Así mismo, Argüello *et al.*, (2016), en su estudio obtuvo un pH de 5.42, después de la fertilización nitrogenada lo cual determina que en este tipo de suelos los nutrientes como el Ca, es removido y en menor grado el Mg; generando que las hojas se ven afectadas mostrando una necrosis en los bordes y por tal motivo los procesos fotosintéticos se ven afectados (Mantilla *et al.*, 2009). Resultando el pH una variable importante para el desarrollo del cultivo de cacao. Venturo, 2017 en su estudio en la determinación de la relación del pH en suelos de cacao, estableció que esta variable está relacionada directamente con la capacidad de absorción y solubilidad de los elementos, además, influye en estructura, descomposición de sustancias orgánicas, y en la actividad microbiana de los suelos.

Resultados similares al pH se presentó al terminar la evaluación en los niveles de CE, es decir que a partir de la aplicación de los tratamientos no se obtuvo diferencias estadísticas significativas entre ellos, hasta los 40 días, pero a los 60 días DDT, si se evidenció niveles altos (1049 $\mu\text{s/cm}$ y 1270 $\mu\text{s/cm}$) correspondientes al T2 y T3, con 100 y 200% de fertilización respectivamente, valores que probablemente fueron elevados por causas de exceso de lluvias en el período de toma de muestras. En ese sentido, Meter (2019) describió en su investigación relacionado a la conductividad eléctrica en suelos de cacao, que valores elevados de CE indican un suelo fértil debido a que los cationes (nutrientes) se mantienen en los sitios de intercambio catiónico; por el contrario, Khoshgoftar *et al.* (2004), mencionó que un exceso de CE manifiesta valores elevados de iones de Na y Mg, dando como resultado un suelo salino, que puede ser perjudicial para la salud de la planta. Sin embargo, este parámetro puede variar por factores ambientales como altas temperaturas, exceso de fertilización o sales depositadas por efectos del riego (Espinoza *et al.*, 2006). Por ejemplo, el exceso de agua generalmente provoca un incremento de CE y limitan seriamente el crecimiento y productividad, ya que se esto incrementa el contenido de salinidad en el suelo lo que disminuye la absorción y presión radicular debido al transporte de agua.

Por otro lado, a los 80 días no se obtuvieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, pero el tratamiento testigo presentó el valor más bajo que el resto de tratamientos con fertilización. Valores similares a los obtenidos en esta investigación presentó Venturo (2017) para el clon CCN 51 (287,6 $\mu\text{s/cm}$), para la determinación de la presencia de cadmio (Cd) en la planta; así mismo Barrezueta (2019) indica niveles de CE entre 130 y 210 $\mu\text{s/cm}$ que son considerados dentro del rango óptimos (< 1000 $\mu\text{s/cm}$).

5.2. Variables Morfológicas

En la variable altura de las plantas, en los tres tratamientos no hubo diferencias estadísticas significativas durante todo el período de evaluación, pero al final de la evaluación se evidenció que el tratamiento testigo y el tratamiento con doble cantidad de fertilización (T3) tuvieron la misma altura de (71.0 cm), mientras que las plantas con el T2 durante todo el período fueron las que menor altura presentaron. Resultado contrario obtuvo Álvarez *et al.*, (2015) en su estudio de evaluación de crecimiento y producción en cacao, del cual no obtuvo diferencias estadísticas entre los tratamientos, sin embargo, el tratamiento con mayor cantidad de fertilización presentó una altura mayor.

Por tanto, se deduce que la altura en el T3 (con dosis de 200%) se debe a que la fertilización está relacionada con la masa radicular, es decir, en suelos con fertilización aumenta la masa radicular y por ende la absorción de nutrientes es mayor (López *et al.*, 2018), debido a que los elementos químicos tienen la capacidad de ser higroscópicos, produciéndose reacciones de hidrólisis al estar en contacto con el agua y la liberación de sales presentes en la solución del suelo pasan a ser absorbidos por la planta (FAO, 2001). Mientras que la mayor altura en el T1 (testigo), se explica debido a que en el terreno presentó materia orgánica elevada del 11.4 %, y los nutrientes orgánicos son de liberación lenta. Al respecto, García (2007) explica que los nutrientes de la materia orgánica para que sean solubles primero deben intervenir procesos ambientales y la actividad microbiana.

Los resultados del área de la sección transversal del tronco (ASST), no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, ni a los 20 días de evaluación ni al final de la evaluación, pero sí se evidenció que los tratamientos con fertilización obtuvieron un incremento mayor que el tratamiento testigo. Caso similar en este cultivo Castro (2014) obtuvo en que los tratamientos con fertilizantes presentaron mayor área del tronco al finalizar su evaluación de 90 días. Así mismo, Romero (2016) expuso en su investigación que el área del tronco incrementa con la fertilización; y, ese aumento en la cantidad de fertilizante incrementa también la relación de tallo-raíz (Alzugaray *et al.*, 2004) y por ende hay mayor acumulación de nutrimentos en tallos e incremento en masa del tallo. En base a los resultados obtenidos en el ensayo se comprueba la teoría mediante la correlación alta positiva obtenida entre la variable altura y el ASST del patrón con un coeficiente de Pearson (0.84), y en menor valor con respecto al ASST de la vareta (0.71).

Los datos del área foliar de la planta y el área del brote a los 80 días no mostraron diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, las plantas con dosis de 200% de fertilización (T3) alcanzaron mayores valores que el resto de tratamientos tanto en el área de la planta como en el brote. Por su parte, Romero (2019) menciona en su estudio de evaluación de las respuestas fisiológicas y morfológicas en cacao con diferentes tratamientos de fertilización donde destaca que el tratamiento con fertilización elevada obtuvo una mayor área foliar del brote. Por otro lado, López *et al.*, (2014) expresó que, a los 95 días de establecimiento de su ensayo, las plantas lograron su mayor área foliar con ayuda de la aplicación de fertilizantes con fósforo (P). De este modo, Romero (2019) en su investigación de cacao con diferentes dosis de fertilización, explicó que una mayor área foliar resulta en una elevada producción de fotoasimilados que se distribuyen a órganos

sumideros. Esto podría explicar porque las plantas con mayor dosis de fertilización obtuvieron un área foliar mayor tanto en el brote como en la planta.

5.3. Variables fisiológicas

Al finalizar el período de evaluación, los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas significativas entre ellos, pero el tratamiento con doble dosis de fertilización logró un IAF de 0.017, a diferencia del testigo que obtuvo el IAF menor. Resultados similares obtuvo Fischer *et al.*, (2012) en su estudio de desarrollo y rendimiento en cultivo de *Coffea arabica* L con tres niveles de aplicación de insumos de fertilización, del cual, el tratamiento con doble dosis de fertilización obtuvo un IAF mayor que el resto de tratamientos. Estos resultados están relacionados con el área foliar, es decir, a mayor área foliar mayor IAF, y como resultado de ello, aumento en la biomasa de la planta. Mejía y Placencia (2000) sugieren que un IAF muy bajo afecta la capacidad fotosintética.

En cuanto a los tipos de clorofila evaluados al finalizar el ensayo no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, en ningún tipo de clorofila, pero sí se evidenció que para la clorofila total, los tres tratamientos mostraron valores entre 72 a 77 mg/g. Resultados similares presentó García (2014) para el clon CCN 51 donde además, tampoco obtuvo diferencias estadísticas significativas entre los distintos tipos de clorofila a, b y total, lo cual fue asociado al factor humedad, debido a que el déficit de humedad en su ensayo desintegró los cloroplastos causando una reducción tanto de la fotosíntesis como la producción primaria de asimilados. Diferentes resultados obtuvo Suárez *et al.*, (2017) en su estudio, donde el contenido de clorofila a, b y total mostraron diferencias estadísticas significativas entre diferentes clones, siendo el clon CCN 51, el clon que mayor concentración en los tres tipos de clorofila presentó, sin embargo, estos autores explican que, valores muy bajos de clorofila reducen la capacidad fotosintética de las hojas, debido a que limita el proceso fotoquímico; además, su reducción también es explicada por la expansión o incremento en el área foliar, ya que, a mayor área foliar se produce una reducción en la concentración de clorofila (Batista, 2017).

Siendo la clorofila a la encargada de ampliar el espectro de absorción de los pigmentos primarios y protección a la excesiva luz (Reol, 2003); también, cumple la función de convertir la energía de la luz en energía química; mientras Jaramillo *et al.*, (2018), asegura que la clorofila b es un pigmento accesorio que absorbe ondas menores a la clorofila a (longitud de onda clorofila a = 664,

longitud de onda clorofila b= 647), así mismo, se la considera a la clorofila b parte de las antenas colectoras (Cambrón *et al.*, 2011). Una mayor exposición de luz genera un descenso de la relación de las clorofilas a y b, de manera contraria sucede con plantas sometidas a sombra (Azcón y Talón, 2013).

La densidad estomática al concluir el ensayo no presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos, obteniendo valores similares entre los mismos (919-920 mm²). Según Azcón y Talón (2013) explica que las plantas que crecen con exposición al sol presentan una gran densidad estomática entre ellas. Lo cual podría explicar los resultados obtenidos en el ensayo. Así mismo Barragán (2017), obtuvo una densidad estomática similar entre los tratamientos en cultivo de cacao, del que explica que por cada unidad que aumente la DE existe un aumento en el potencial hídrico; de manera contraria ocurre con la pérdida de agua, que provoca el cierre de estomas la pérdida del recurso hídrico (García *et al.*, 2016).

En resumen, las plantas respondieron con valores mayores a la aplicación del tratamiento con doble dosis de fertilización (T3) en las variables pH del suelo, CE, altura, longitud del brote, longitud y número de metámeros, área de la sección transversal del tronco, AF del brote y planta, IAF, concentración de clorofila, densidad estomática. Sin embargo, se observó que la respuesta de las plantas frente al T2 no fue tan satisfactorio, aunque el T2 haya sido establecido en base a un análisis nutricional previo y requerimientos. Por lo tanto, no se puede inferir que la aplicación de fertilización con análisis previo asegure un desarrollo notable del cultivo, ni que se obtenga diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con fertilización base o doble.

6. CONCLUSIONES

- El pH en el clon CCN 51 de *Theobroma cacao* L., aumenta progresivamente con la aplicación de doble dosis de fertilización a partir de los 60 días, mientras que sin aplicación de fertilizantes tiende a disminuir. Por otro lado, con la aplicación del T3, la conductividad eléctrica se mantiene en rangos óptimos establecidos para *Theobroma cacao* L., de igual manera, se obtienen rangos óptimos sin la aplicación de algún fertilizante.
- La fertilización con doble dosis (T3) contribuye a un mejor desarrollo de las plantas en cuanto a variables fisiológicas y morfológicas, sin embargo, la fertilización en base a un análisis previo del suelo y requerimientos (T2) también contribuyen a un mejor desarrollo de las plantas, pero en menor magnitud que el T3. Por otra parte, las plantas sin aplicación de fertilizantes muestran un desarrollo morfológico y fisiológico lento, por lo tanto, es necesario suministrar dosis con fertilizantes.
- Respecto a la tasa de crecimiento absoluta y relativa, la fertilización no tiene efecto en estos parámetros de crecimiento, es decir, el tratamiento testigo (T1) tiene la mayor tasa de crecimiento absoluta y relativa.
- La respuesta de la aplicación de fertilizantes en la concentración de la clorofila (a, b y total) y densidad estomática, respecto al tratamiento testigo (T1) no manifiestan diferencias estadísticas significativas, es decir, poseen valores similares en ambas variables.
- En cuanto al nivel de correlación entre las variables fisiológicas y morfológicas, se destaca altura/ASST patrón, con un coeficiente de Pearson 0,84. Es decir, hay una relación más estrecha entre estas dos variables.

7. RECOMENDACIONES

- Continuar con el muestreo y análisis en laboratorio del suelo hasta la etapa de cosecha para mayor observación del incremento o disminución del pH y CE del suelo, y con esto llevar a mayor análisis del desarrollo de la planta y salud del suelo.
- Incluir la evaluación de condiciones ambientales para determinar su relación con la asimilación de los elementos nutricionales y condiciones del suelo adecuados para el cultivo, y así establecer posibles alternativas de mejora en el suelo para mejorar la asimilación de nutrientes por la planta.
- Realizar análisis foliares periódicos cada 3 meses para el análisis de la curva de demanda del cultivo, y con ello determinar planes de dosificación de fertilización de acuerdo a lo requerido por la planta. De igual manera análisis de nutrientes en el suelo.
- Extender la medición de variables morfológica y fisiológicas en el cultivo para obtener una curva de referencia de cada tratamiento, y así fijar el tratamiento con mayor respuesta y eficiente a la aplicación de fertilizantes.
- Efectuar análisis de contenido de metales pesado en la etapa vegetativa y productiva para definir la acumulación de metales pesado tras la aplicación de fertilizantes y así poder indicar una precisa dosificación para la disminución de estos metales.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, J., García, J., Fajardo, G., Peralta, M. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú. Revista-UTE, vol. 10. https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/public/journals/1/html_v10n4/art001.html
- Alvarado, A. (2017). Estudio económico de la producción de cacao y las principales enfermedades de la variedad ccn-51 en el cantón la troncal. Guayas, Ecuador. pp. 5.
- Álvarez F., Rojas, J., Suárez, J. (2015). Contribución de esquemas de fertilización orgánica y convencional al crecimiento y producción de *Theobroma cacao* L., bajo arreglo agroforestal en Rivera (Huila, Colombia) Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, vol. 16, núm. 2, julio-diciembre, pp. 307-314
- Alzugaray, P., Haase, D., Rose, R. (2004). Efecto del volumen radicular y la tasa de fertilización sobre el comportamiento en terreno de plantas de pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) producidas con el método 1+1. Instituto Forestal Sede Bío-Bío. Bosque (Valdivia), 25(2), 17-33. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002004000200003>
- Andrade, M. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Logroño: Universidad de la Rioja. Tercera edición. SBN 978-84-6959286-1. pp. 20.
- ANECACAO, A. N. (2015). Asociación Nacional de Exportadores de Cacao. Obtenido de Cacao CCN51: <http://www.anecacao.com/index.pHp/es/quienessomos/cacaoccn51.html>
- Argüello, A., Madiedo, N., Moreno, L. (2016). Cuantificación de bacterias diazótrofes aisladas de suelos cacaoteros (*Theobroma cacao* L.), por la técnica de Número Más Probable (NMP). Revista Colombiana de Biotecnología, vol. XVIII, núm. 2. Julio-diciembre, 2016, pp. 40-47. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia <https://www.redalyc.org/pdf/776/77649147005.pdf>
- Azcón, J., Talón, M., (2008). Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda edición. McGrawHill Interamericana. Madrid, España. pp.651.
- Barbaro, L., Karlanian, M., Mata, D. (2014). Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca. INTA. pp. 11.

- Barrezueta, S. (2019). Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *Biotecnología y Ciencias Agropecuarias*. Ciencia UAT, vol. 14, núm. 1, 2019
- Barragán, L. (2017). Relación entre los parámetros hídricos, morfológicos y rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.) como criterio de selección para la tolerancia al déficit hídrico. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos-Ecuador.
- Batista, D. (2017). Indicadores fisiológicos, bioquímicos y del crecimiento de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en respuesta al estrés por NaCl y su interacción con un bioestimulante como agente mitigador. Centro de investigaciones biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur. pp. 115.
- Cambrón, V., España, M., Sánchez, Na., Sáenz, C., Vargas, J., Herrerías, Y. (2011). Producción de clorofila en *Pinus pseudostrabus* en etapas juveniles bajo diferentes ambientes de desarrollo. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 17, núm. 2, 2011, pp. 253-260.
- Campoverde, V. (2016). Evaluación de la aptitud de los suelos para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en la Comunidad El Rocano del Cantón Arenillas de la provincia de El Oro. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Guayaquil, Ecuador. pp.65
- Carciochi, W., Divito, G., Reussi, N., Echeverría, H. (2015). Las mejores prácticas de manejo de la fertilización azufrada en cultivos extensivos. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. pp.20.
- Castro, C. (2014). Efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao*), en vivero, en Santo Domingo de los Tsáchilas. Universidad de las Fuerzas Armadas. Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador
- Castro, C. (2015). Evaluación de la Fenología Reproductiva y Dinámica de Producción del Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51. Primera edición. Irazola.
- CEPAL., STCI. (2015). Diagnóstico de la Cadena Productiva del Cacao en el Ecuador. Comisión Económica para América Latina Y Secretaría Técnica del Comité Interinstitucional para el Cambio de la Matriz Productiva Vicepresidencia del Ecuador. pp.18

- Climate-data.org. (2019). Clima Yantzaza. Recuperado en: <https://es.climatedata.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-zamorachinchi/yantzaza-25493/>
- Crane, J., Balerdi, C., Yoyner, G. (2013). Cocoa (Chocolate Bean) Growing in the Florida Home Landscape. Florida: Horticultural Sciences Department University of Florida. pp. 67.
- Cuenca, E., Puentes, Y., Menjivar, C. (2019). Uso eficiente de nutrientes en cacao fino de aroma en la provincia de Los Ríos-Ecuador. Revista-Facultad Nacional de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. AA 237 Palmira, Colombia. <https://revistas.unal.edu.co/index.pHp/refame/article/view/74862/72102>
- Dávila, V. (2013). Efecto de la fertilización orgánica y microelementos en el rendimiento de cacao CCN51. Tesis Ingeniero Agrónomo. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la selva. pp. 53.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A. (2011). Hoja botánica: Cacao. Tesis Ingeniero Agrónoma, Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. pp. 64.
- ESPAE (Escuela Superior Politécnica del Litoral). (2016). Estudios industriales orientación estratégica para la toma de decisiones-Industria de cacao. pp. 42. <https://www.espae.espol.edu.ec/wp-content/uploads/2016/12/industriacacao.pdf>
- Espinoza, L., Stalon, N., Mozaffari, M. (2006). Como Interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos. University of Arkansas System: Division of agricultura. Agricultura y Recursos Naturales. pp.4
- Espinosa, J., Molina, E. (1999). Acidez y encalado de los suelos. IPNI-International Plant Nutrition Institute. Primera edición. Quito-Ecuador. pp.46
- FAO. (2002). Los fertilizantes y su uso. Recuperado el 14 de enero del 20, de <http://www.agoracactus.com.ar/index.pHp?topic=1823.5;wap2>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, IT). (2001). Maíz en los trópicos. Departamento de agricultura. (en línea). Disponible: <http://www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/X7650S00.HTM>

- Fischer, G., Nachtergaele, F., Prieler, S., Teixeira, E., Toth, G., Harrij, V., Verelst, L., Wiberg, D. (2012). Global Agro-Ecological Zones (GAEZ v3.0), International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. pp.179.
- FLASCO, C. (27 de mayo de 2012). Ministerio de Industrias y Productividad. Obtenido de FLACSO:
<https://www.flacso.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/g3bzawibeka4sqfx4hj8jy9j8dpjkz.pdf>
- Garcés, F. (2013). El creador del cacao ccn-51: Homero Castro Zurita. Ecuador. Revista: El Cacaotero: http://www.elcacaotero.com.ec/cacao_ccn51.html
- García, S., López, D. J., Escobar, R. (2006). Manejo de Fertilizantes y Abonos Orgánicos. Primera edición. México. pp. 56.
- García, L. (2007). Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Managua, NI. Universidad Nacional Agraria. pp. 206.
- García, J. (2014). Caracterización de las respuestas fisiológicas y bioquímicas en tres clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometidos a diferentes niveles de déficit hídrico. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Escuela de postgrados-Programa de doctorado. Bogotá, Colombia. pp.166
- García, J., Moreno, L. (2016). Respuestas fisiológicas de *Theobroma cacao* L. en etapa de vivero a la disponibilidad de agua en el suelo. Acta Agronómica, 65(1), 44-50.
<https://dx.doi.org/10.15446/acag.v65n1.48161>
- Gines, I; Mariscal, I. (2002). Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo. Fertiberia S.A. Información agronómica. pp. 9.
http://oa.upm.es/3176/2/MARISCAL_MONO_2002_01.pdf
- González, Y., Ruiz J. (2009). Valoración económica y financiera de la sustitución de cultivos de cacao nacional *Theobroma cacao* L. por un tipo de clon de cacao denominado CCN-51. Caso finca San Miguel. Proyecto de grado economista con mención en gestión empresarial.

- Tesis Ingeniero Agrónomo. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. pp. 192.
- Herrera, H. (2018). Diagnóstico del estado nutricional y recomendaciones de fertilización en cacao CCN51 en la finca el capullo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil. pp. 34.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2017). Manual técnico del cultivo de cacao. Quinta edición. Colombia. pp. 23.
- INIAP. (2014). Estación experimental central de la Amazonía: Programa de cacao y café. Informe anual 2014. Joyas de los Sachas. Orellana- Ecuador. pp. 35.
- Issac, M., Timmer, V., Quashie, S. (2007). Shade tree effects in an 8-year-old cocoa agroforestry system: biomass and nutrient diagnosis of *Theobroma cacao* by vector analysis. Toronto: Kwame Nkrumah University of Science and Technology. Venezuela. pp. 67.
- Jadin, P., Snoeck, J. (2001). La méthode du diagnostic sol pour calculer les besoins en engrais des cacaoyers. *Café Cacao Thé*, vol. 29, no. 1, pp. 255-266.
- Jaramillo, M., Marín, Y., Ocampo, D. (2018). Efectos en el nivel fotosintético en tres especies de plantas acuáticas sometidas a un tratamiento con agua residual de origen minero. *Bol. Cient.Mus.Hist.Nat.U.de Caldas*, 22 (1): 43-57. DOI: 10.17151/bccm.2018.22.1.3
- Khoshgoftar, A., Shariatmadari, H., Karimian, N., Kalbasi, M., Parker, D. (2004). Salinity and Zinc Application Effects on PH y to availability of Cadmium and Zinc. *Soil Science Society of America Journal*, 68(6), 1885. doi:10.2136/sssaj2004.1885
- López, E., Morales, A., Vargas, E., Hernández, P., Reséndiz, R; Hernández, I., Loeza, J. (2014). Efectos de la fertilización con P sobre la duración del área foliar acumulada, biomasa y rendimiento de tres cultivares de maíz en Toluca, México. *PYTON-Revista Internacional de Botánica Experimental*. Fundación Romulo Raggio. Ingeniería en Agricultura Sustentable y Protegida, Universidad Tecnológica de Tehuacán. Prolongación del 1 sur, No. 1101 San Pablo Tepetzingo, Tehuacán Puebla, México. pp.9.

- López, O., Ramírez, S., Zaragoza, S., Bello, C. (2015). Manejo agroecológico de la nutrición en el cultivo del cacao. Tesis Ingeniero Agrónomo. Chiapas, México: Universidad Autónoma de Chiapas. pp. 87.
- López, E. (2016). Evaluación agronómica de una evaluación agronómica en plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo CCN – 51 en la zona de Balao, provincia del Guayas. Guayas, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. pp.76.
- López, W., Hernández, L., Santos, R., Sánchez, J. (2018). Efectos del encalado en suelo ácido cultivado con café (*Coffea arabica* L.) en la reserva de la biósfera el triunfo, Chiapas, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, vol. 11, Núm. 4, abril. 2018. pp. 55-60
- Lozano, G. (2014). Caracterización de las respuestas fisiológicas y bioquímicas en tres clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometidos a diferentes niveles de déficit hídrico. Tesis Ingeniero Agrónomo. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia-Scielo. 25p.
- Mancheno, R. (2017). Dinámica nutricional en interacciones NPK relacionada a características morfológicas y fisiológicas en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN 51. Tesis Ingeniero Agrónomo. Loja, Ecuador: Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja. pp. 49.
- Mantilla, A., Cardona, G., Peña, C., Murcia, U., Rodríguez, M., Zambrano, M. (2009). Distribución de bacterias potencialmente fijadoras de nitrógeno y su relación con parámetros fisicoquímicos en suelos con tres coberturas vegetales en el sur de la Amazonia colombiana. Revista De Biología Tropical, 57(4),915-927.
- Mejía, L., Placencia, C. (2000). Manejo integrado del cultivo de cacao. Corporación colombiana de investigación agropecuaria – AGROSAVIA. pp. 3.
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/2126>
- Meter A., Atkinson, R., Laliberte, B. (2019). Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe – Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación. Bioersivity International, Roma, octubre 2019.

- MISTI. (12 de abril de 2008). Cultivo de cacao. Obtenido de <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/157.pdf>
- Motato, N., Pincay, J. (2015). Calidad de los suelos y aguas para riego en áreas cacaoteras de Manabí. Manejo de Suelos y Agua, EE Portoviejo – INIAP. ISSN: 1390-6895. pp. 18.
- Mora, J; Orjuela, H; Ballesteros, W. (2011). Efecto de la fertilización con diversas fuentes sobre el rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.). Dialnet-Revistas ciencias agrícolas. Vol. XXVIII No. 2. pp. 81 – 94.
- Morillo, F. (2012). Efectos de la aplicación de cuatro fórmulas de fertilizante en plantaciones establecidas de cacao CCN 51. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Quevedo, Ecuador: Facultad Agropecuaria, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. pp. 31.
- Mosquera, M. (2016). Efectos del fosforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (*Theobroma cacao* l.) CCN-51. Tesis Ingeniero Agrónomo. Babahoyo-Ecuador: Facultad Agropecuaria, Universidad Técnica de Babahoyo. pp. 65.
- Ordoñez, R., Salous, A. (2019). Historia ancestral del cacao. Año 3500 a.C. a 1700 d.C. Obtenido de [researchgate: https://www.researchgate.net/publication/332766954_Historia_ancestral_del_cacao_Ano_3500_aC_a_1700_dC](https://www.researchgate.net/publication/332766954_Historia_ancestral_del_cacao_Ano_3500_aC_a_1700_dC)
- Páramo, Y., Flores, J., Hernández, F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.
- Páramo, Y., Flores, J., Hernández, F. (2015). Concentración de nutrientes en hojas, una herramienta para el diagnóstico nutricional en cacao. Universidad Nacional de Colombia. Revista-Agronomía Mesoamericana. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/download/19728/25353?inline=1>
- Paredes, C. (2007). Estudio de la factibilidad para el "cultivo de cacao 51" en la parroquia Cristóbal Colon de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados y su comercialización. Quito: EPN (Escuela Politécnica Nacional). pp. 45p.

- Paspuel, M. (2018). Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en Pangua. Quito-Ecuador: Universidad Central Del Ecuador.
- Pilarte, F. (2018). Función de los elementos esenciales en los cultivos. disponible en URL: http://www.a4n.alianzacacao.org/uploaded/mod_documentos/Funcin%20de%20los%20elementos%20esenciales%20en%20los%20cultivos.pdf Consulta 23 de enero de 2020.
- Ramírez, T. (2009). Situación de la producción de cacao en la provincia de Zamora Chinchipe. CEDAMAZ.
- Reol, E. (2003). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis, Ecosistemas. Asociación Española de Ecología Terrestre. Alicante, España vol. XII, núm. 1, enero-abril, 2003, pp. 1-11.
- Romero, E. (2016). Evaluación ecomorfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometido a distintas fertilizaciones, en la comunidad de Nuevo Ojital, Municipio de Papantla. Universidad Veracruzana. Xalapa de Enríquez, Veracruz. Junio-2016.
- Romero, M. (2019). Respuestas fisiológicas y morfológicas de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN 51 a la fertilización con diferentes fuentes de nitrógeno. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. pp. 38-39
- Rosas, G., Puentes, Y, Menjívar, J. (2019). Efecto del encalado en el uso eficiente de macronutrientes para cacao (*Theobroma cacao* L.) en la amazonia colombiana. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 20(1), 05-16.
- Salisbury, F., Ross, C. (1992). Mineral nutrition. En: Plant PHysiology. 4^a ed. California, Wadsworth International, 1992; 96-113.
- Santos, J. (2012). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51, Jama-Manabí. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Sarango, C. (2009). Efecto de tres niveles de fertilización química en el cultivo de cacao *Theobroma cacao* l, variedad ramilla ccn-51. Tesis Ingeniero Agrónomo. San Jacinto Del

- Búa, Santo Domingo. Loja: Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja. pp. 23.
- Soletto, V. (2012). Efecto del tiempo de descubrimiento del mucílago en la fermentación, calidad física y organoléptica del cacao clon CCN 51 (*Theobroma cacao* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva. pp. 78.
- Suarez, C., Moreira, M., Vera, J. (2006). Manual del cultivo de cacao. Quevedo: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue. (Manual no. 25). pp. 14.
- Suárez, J., Duran, E., Rojas, J., Ortiz, N. (2017). Pigmentos fotosintéticos y conductancia estomática en ecotipos de copoazú (*Theobroma grandiflorum* Willd. Ex. Spreng K. Schum.). *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 199-206. <https://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.20814>
- Taíz, L., Zeiger, E. (2006). Fisiología vegetal. Tercera edición. Universitat de Jaume I. Castelló de la Plana, España. pp. 13.
- Torres, L. (2012). Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico. Primera edición. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca. pp. 68.
- Valarezo, H., Ochoa. (2019). Relación de la forma del terreno con las características físico-químico y de fertilización de los suelos de las plantaciones en el Pangui. Revista: CRIALZCH (Colegio Regional de Ingenieros Agrónomos de Loja y Zamora Chinchipe). Vol. 2. pp. 78-79.
- Venturo, G. (2017). Determinación del contenido de cadmio en almendras frescas de tres variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) y del suelo y su relación con el pH y la conductividad eléctrica en las zonas de Juanjuí y Pucacaca. Repositorio digital de ciencias, tecnología e innovación de acceso abierto. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú. pp. 56-57
- Vliet, J., Giller, K. (2017). Mineral Nutrition of Cocoa: A Review. En W. U. Research, *Advances in Agronomy* (pág. 86). Wageningen: Wageningen University and Research. Alemania. pp. 98.

9. ANEXOS

Anexo 1. Correlaciones entre variables


VARIABLE 1	VARIABLE 2	<i>Pearson</i>	<i>P valor</i>
Clorofila A	Clorofila B	0,77	0,020
	No estomas mm2	0,04	0,93
	Altura 5	-0,05	0,89
	IAF	-0,36	0,34
	pH	-0,38	0,31
	CE	-0,58	0,1
	N° metámeros	0,23	0,56
	Longitud del brote	0,07	0,86
	Longitud de metámeros	0,09	0,82
	2A área	-0,54	0,14
	2B área	-0,11	0,78
	área Planta	-0,36	0,34
	Área BROTE	0,01	0,98
Clorofila B	No estomas mm2	-0,25	0,52
	Altura	-0,12	0,75
	IAF	-0,32	0,4
	pH	0,01	0,98
	CE	-0,45	0,23
	N° metámeros	0,26	0,5
	Longitud del brote	-0,21	0,58
	Longitud de metámeros	-0,26	0,5
	2A área	-0,42	0,26
	2B área	-0,17	0,67
	área Planta	-0,32	0,4
Área BROTE	-0,1	0,8	
No estomas mm2	Altura 5	0,07	0,77
	IAF	-0,07	0,87
	pH	-0,24	0,46
	CE	-0,23	0,47
	N° metámeros	-0,26	0,3
	Longitud del brote	-0,03	0,9
	Longitud de metámeros	0,22	0,39
	2A área	0,18	0,49
	2B área	0,16	0,52
	área Planta LXA	-0,07	0,87
Área BROTE	0,28	0,09	
Altura	IAF	-0,48	0,19

	PH	-0,35	0,26
	CE	-0,08	0,82
	N° metámeros	0,12	0,62
	Longitud del brote	0,02	0,95
	Longitud de metámeros	-0,15	0,55
	2A área	0,71	0
	2B área	0,84	0
	área Planta	-0,48	0,19
	Área BROTE	0,23	0,36
IAF	PH	0,17	0,67
	CE	0,27	0,48
	N° metámeros	0,33	0,39
	Longitud del brote	0,77	0,01
	Longitud de metámeros	0,56	0,11
	2A área	0,16	0,69
	2B área	-0,11	0,79
	área Planta	1	0
	Área BROTE	-0,36	0,34
PH	CE	-0,14	0,66
	N° metámeros	-0,04	0,9
	Longitud del brote	0,02	0,95
	Longitud de metámeros	-0,06	0,84
	2A área	0,08	0,81
	2B área	-0,1	0,75
	área Planta	0,17	0,67
	Área BROTE	0,04	0,9
CE	N° metámeros	-0,25	0,43
	Longitud del brote	-0,02	0,94
	Longitud de metámeros	0,35	0,27
	2A área	0,12	0,71
	2B área	-0,16	0,61
	área Planta	0,27	0,48
	Área BROTE	0,19	0,55
N° metámeros	Longitud del brote	0,76	0
	Longitud de metámeros	0,05	0,85
	2A área	-0,07	0,78
	2B área	0	0,99
	área Planta	0,33	0,39
	Área BROTE	-0,13	0,6
Longitud del brote	Longitud de metámeros	0,64	0
	2A área	-0,12	0,65


	2B área	-0,07	0,77
	área Planta	0,77	0,01
	Área BROTE	0,19	0,45
Longitud de metámeros	2A área	-0,14	0,59
	2B área	-0,08	0,76
	área Planta	0,56	0,11
	Área BROTE	0,35	0,15
2A área	2B área	0,78	0
	área Planta	0,16	0,69
	Área BROTE	0,15	0,56
2B área	área Planta	-0,11	0,79
	Área BROTE	0,06	0,8
Área Planta	Área BROTE	-0,36	0,34

Anexo 2. Análisis nutricional del suelo inicial

R14-0022. 29/01/20

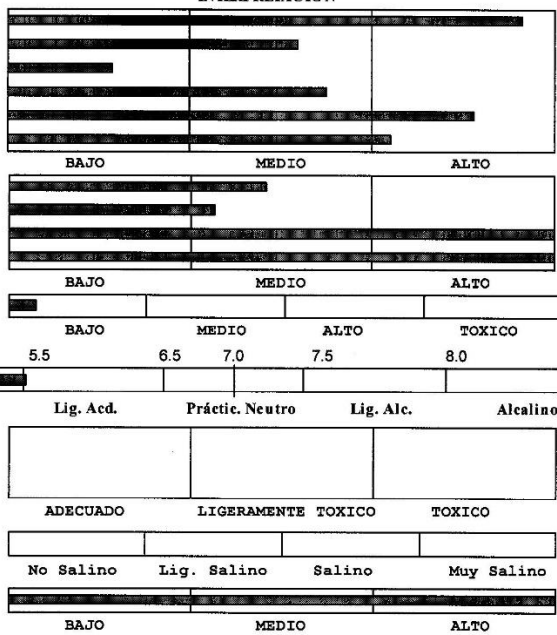


ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693





REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> <p>Nombre : Paola Daniela Godoy Dirección : Loja Ciudad : Teléfono : 0991255042 Fax :</p>	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> <p>Nombre : Univercidad Tecnica De Loja Provincia : Loja Cantón : Parroquia : Ubicación :</p>
<p style="text-align: center;">DATOS DEL LOTE</p> <p>Cultivo Actual : Cacao Cultivo Anterior : Descanso Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : Muestra De Suelo</p>	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> <p>N° Reporte : 48.475 N° Muestra Lab. : 20-0498 Fecha de Muestreo : 10/01/2020 Fecha de Ingreso : 17/01/2020 Fecha de Salida : 29/01/2020</p>

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	73.00	ppm	
P	16.00	ppm	
S	5.80	ppm	
K	0.35	meq/100 ml	
Ca	12.40	meq/100 ml	
Mg	2.20	meq/100 ml	
Zn	4.10	ppm	
Cu	1.40	ppm	
Fe	254.00	ppm	
Mn	30.50	ppm	
B	0.10	ppm	
pH	5.53		
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
CE		mmhos/cm	
MO	11.40	%	

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)						
Mg	K	K	Σ Bases		ppm	(%)			Clase Textural
					Cl	Arena	Limo	Arcilla	
5,6	6,3	41,7	14,9			41	30	29	Franco-Arcilloso


RESPONSABLE LABORATORIO


LABORATORISTA

Anexo 3. Ejemplo de resultado del análisis de pH y CE

LAQ- Unidad Suelos y Aguas

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO MATRIZ PARA ENTREGA DE RESULTADOS					
Código de ingreso	LAQ -USA001	Fecha de ingreso	07.08.2020	Tipo de muestra	Suelo tamizado y seco	Número Total de muestras	60
Lugar de procedencia de la muestra	Quinta Experimental "El Padmi", Los Encuentros, Yanzatza				Tipo de muestreo	Se desconoce	
Nombre del usuario	Ing. Johnny Fernando Granja Travez				CI.	1713707279	
Programa/proyecto	Efecto de la radiación fotosintéticamente activa sobre cacao (<i>Theobroma cacao</i>) en la Región Sur del Ecuador y sus implicaciones agronómicas						
Técnico Responsable del Análisis	Ing. Agro. Tania Sarango				Fecha de entrega	11.08.2020	

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	JE	T1-R1	20	5,36	88,6
2		T1-R2	20	6,03	101,5
3		T1-R3	20	5,78	116
4		T1-R4	20	5,59	120
5		T2-R1	20	5,11	199
6		T2-R2	20	5,61	90,2
7		T2-R3	20	5,22	428
8		T2-R4	20	5,59	110,7
9		T3-R1	20	5,55	131
10		T3-R2	20	5,18	69,4
11		T3-R3	20	5,70	105,8
12		T3-R4	20	6,65	229
13		T4-R1	20	5,20	1293
14		T4-R2	20	6,02	253
15		T4-R3	20	4,93	738
16		T4-R4	20	6,45	428

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	PG	T1-1	20	5,70	139,9
2		T1-2	20	6,11	126
3		T1-3	20	5,54	114,9
4		T1-4	20	5,22	80,9
5		T2-1	20	6,38	159
6		T2-2	20	5,72	110,6
7		T2-3	20	6,14	136,4
8		T2-4	20	5,55	95,3
9		T3-1	20	5,83	1079
10		T3-2	17,11	6,04	347
11		T3-3	15,10	6,33	622
12		T3-4	20	5,21	335
13		T4-1	20	6,0	433
14		T4-2	20	6,91	158
15		T4-3	20	5,64	223
16		T4-4	20	5,21	895

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	Klever M	T1-R1	20	5,79	147,8
2		T1-R2	20	5,84	197,7
3		T1-R3	20	5,72	182,6
4		T1-R4	20	5,83	196
5		T2-R1	20	5,38	475
6		T2-R2	20	4,92	528
7		T2-R3	20	5,44	390
8		T2-R4	20	5,10	613
9		T3-R1	20	5,43	167,6
10		T3-R2	20	5,74	134,6
11		T3-R3	20	5,65	134,3
12		T3-R4	20	5,97	105,8
13		T4-R1	20	5,41	440
14		T4-R2	20	5,30	591
15		T4-R3	20	6,04	397
16		T4-R4	20	5,55	526

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	KP	T1-3	19,5	5,59	169,8
2		T1-5	19,4	5,40	124,7
3		T1-7	20	5,23	102,6
4		T2-2	19	4,93	581
5		T2-4	20	5,21	227
6		T2-9	20	5,37	154,8
7		T2-12	16,4	5,72	216
8		T3-1	20	5,07	1203
9		T3-6	20	5,33	964
10		T3-8	20	5,18	138,8
11		T3-10	17,4	5,70	217
12		T3-11	13,8	5,59	117,8

*Los datos de pH y CE fueron medidos con los equipos pH Jenway 3510 y el Conductímetro OHAUS 11 series, en muestra de suelo con relación 1:2



Ing. Agro. Tania Sarango Acaro
Técnico Responsable

Correo electrónico: laboratorio.quimico@unl.edu.ec
Telf.: 2547878

Página 1

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO MATRIZ PARA ENTREGA DE RESULTADOS					
Código de ingreso	LAQ -USA003	Fecha de ingreso	18.09.2020	Tipo de muestra	Suelo tamizado y seco	Número Total de muestras	120
Lugar de procedencia de la muestra		Quinta Experimental "El Padmi", Los Encuentros, Yanatzta			Tipo de muestreo	Se desconoce	
Nombre del usuario		Ing. Johnny Fernando Granja Travez			Cl.	1713707279	
Programa/proyecto		Efecto de la radiación fotosintéticamente activa sobre cacao (<i>Theobroma cacao</i>) en la Región Sur del Ecuador y sus implicaciones agronómicas					
Técnico Responsable del Análisis		Ing. Agro. Tania Sarango			Fecha de entrega	29.09.2020	

*Los datos de pH y CE fueron medidos con los equipos pH Hanny 3310 y el Conductímetro OHLON 11 series, en muestra de suelo con relación 1:2

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	JE	T1-R1	20	5,38	206
2		T1-R2	20	5,03	202
3		T1-R3	20	5,06	173,9
4		T1-R4	20	5,23	220
5		T2-R1	20	4,96	305
6		T2-R2	20	4,74	932
7		T2-R3	20	4,91	271
8		T2-R4	20	5,02	286
9		T3-R1	20	4,98	183,6
10		T3-R2	20	5,00	136
11		T3-R3	20	5,69	227
12		T3-R4	20	5,98	433
13		T4-R1	20	5,21	294
14		T4-R2	20	4,84	1886
15		T4-R3	20	5,19	225
16		T4-R4	20	5,15	226

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	PG	T1-R1	20	5,45	549
2		T1-R2	20	6,07	370
3		T1-R3	20	5,30	197
4		T1-R4	20	5,31	183
5		T2-R1	20	5,80	373
6		T2-R2	20	5,55	83,6
7		T2-R3	20	5,97	387
8		T2-R4	20	4,92	440
9		T3-R1	20	6,06	920
10		T3-R2	20	6,07	1918
11		T3-R3	20	5,89	1082
12		T3-R4	20	6,22	635
13		T4-R1	20	5,95	1300
14		T4-R2	20	6,34	1692
15		T4-R3	20	5,81	1709
16		T4-R4	20	5,77	912

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	Klever M	T1-R1	20	5,53	431
2		T1-R2	20	5,00	349
3		T1-R3	20	5,31	266
4		T1-R4	20	6,40	283
5		T2-R1	20	5,21	254
6		T2-R2	20	5,07	628
7		T2-R3	20	5,22	781
8		T2-R4	20	5,63	197,5
9		T3-R1	20	5,41	558
10		T3-R2	20	5,27	190
11		T3-R3	20	5,85	174
12		T3-R4	20	5,32	840
13		T4-R1	20	5,39	617
14		T4-R2	20	5,09	326
15		T4-R3	20	5,02	270
16		T4-R4	20	5,01	451

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	AS	T1-R1	20	5,88	226
2		T1-R2	20	5,27	187,3
3		T1-R3	20	5,72	225
4		T1-R4	20	5,08	264
5		T2-R1	20	5,60	187,4
6		T2-R2	20	5,55	161,2
7		T2-R3	20	5,78	193,1
8		T2-R4	20	5,12	225
9		T3-R1	20	5,82	138
10		T3-R2	20	5,24	127,8
11		T3-R3	20	5,97	378
12		T3-R4	20	4,97	263

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	AL	T1-P18	20	5,57	226
2		T1-P5	20	5,38	213
3		T1-P8	20	5,58	182
4		T1-P16	20	5,25	218
5		T2-P10	20	5,87	192,7
6		T2-P17	20	6,39	402
7		T2-P13	20	5,64	241
8		T2-P2	20	4,92	210
9		T3-P19	20	5,61	235
10		T3-P7	20	5,49	196,8
11		T3-P14	20	5,62	201
12		T3-P11	20	5,35	235

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	JB	T1-R1	20	5,51	358
2		T1-R2	20	5,31	520
3		T1-R3	20	5,20	934
4		T1-R4	20	5,23	567
5		T2-R1	20	5,10	226
6		T2-R2	20	5,19	435
7		T2-R3	20	5,50	211
8		T2-R4	20	6,18	387
9		T3-R1	20	5,58	136,8
10		T3-R2	20	5,26	197
11		T3-R3	20	5,27	1080
12		T3-R4	20	4,83	787

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	Yuli	T1-R1	20	5,85	184,6
2		T1-R2	20	5,10	227
3		T1-R3	20	5,29	160,5
4		T1-R4	20	4,69	268
5		T2-R1	20	5,97	781
6		T2-R2	20	5,14	922
7		T2-R3	20	5,34	380
8		T2-R4	20	4,86	671
9		T3-R1	20	4,29	1228
10		T3-R2	20	5,12	868
11		T3-R3	20	4,92	541
12		T3-R4	20	5,17	243

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	S/N	T1-P3	20	5,51	387
2		T1-P5	20	5,29	333
3		T1-P7	20	5,17	328
4		T1-P11	20	5,13	722
5		T2-P2	20	5,58	674
6		T2-P4	20	5,44	1224
7		T2-P9	20	5,78	1535
8		T2-P12	20	6,09	663
9		T3-P1	20	5,86	1655
10		T3-P6	20	6,32	905
11		T3-P8	20	5,37	848
12		T3-P10	20	5,97	1709

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	SEETP800	T1-P3	20	5,21	134,2
2		T1-P6	20	5,54	136
3		T1-P10	20	5,39	184,6
4		T1-P11	20	5,25	151,6
5		T2-P1	20	5,32	408
6		T2-P2	20	5,05	471
7		T2-P5	20	5,00	518
8		T2-P9	20	5,33	401
9		T3-P4	20	5,19	330
10		T3-P7	20	5,93	804
11		T3-P8	20	4,96	810
12		T3-P13	20	5,11	395



Escaneó el código QR correctamente por:
TANIA YASMIN
SARANGO ACARO

Ing. Agro. Tania Sarango Acaro
Técnico Responsable

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO MATRIZ PARA ENTREGA DE RESULTADOS					
Código de ingreso	LAQ-USA002	Fecha de ingreso	24.08.2020	Tipo de muestra	Suelo tamizado y seco	Número Total de muestras	96
Lugar de procedencia de la muestra		Quinta Experimental "El Padmi", Los Encuentros, Yanzatza			Tipo de muestreo	Se desconoce	
Nombre del usuario	Ing. Johnny Fernando Granja Travez			Cl.	1713707279		
Programa/proyecto	Efecto de la radiación fotosintéticamente activa sobre cacao (<i>Theobroma cacao</i>) en la Región Sur del Ecuador y sus implicaciones agronómicas						
Técnico Responsable del Análisis	Ing. Agro. Tania Sarango			Fecha de entrega	02.09.2020		

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	JE	T1-R1	20	4,81	321
2		T1-R2	20	5,73	286
3		T1-R3	20	5,62	449
4		T1-R4	20	5,49	323
5		T2-R1	20	4,53	1623
6		T2-R2	20	4,60	318
7		T2-R3	20	5,29	280
8		T2-R4	20	4,76	225
9		T3-R1	20	4,64	431
10		T3-R2	20	4,80	247
11		T3-R3	20	5,41	281
12		T3-R4	20	5,86	621
13		T4-R1	20	5,12	1192
14		T4-R2	20	5,38	683
15		T4-R3	20	4,76	304
16		T4-R4	20	5,39	245

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	PG	T1-R1	20	5,45	281
2		T1-R2	20	6,14	193
3		T1-R3	20	5,61	130
4		T1-R4	20	5,11	122
5		T2-R1	20	6,05	221
6		T2-R2	20	5,49	103
7		T2-R3	20	6,20	208
8		T2-R4	20	4,98	534
9		T3-R1	20	6,14	438
10		T3-R2	20	5,93	269
11		T3-R3	20	6,07	504
12		T3-R4	20	5,80	391
13		T4-R1	20	6,06	218
14		T4-R2	20	6,30	406
15		T4-R3	20	5,81	813
16		T4-R4	20	5,88	625

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	KLEVER M	T1-R1	20	5,11	403
2		T1-R2	20	5,09	597
3		T1-R3	20	4,93	274
4		T1-R4	20	5,15	370
5		T2-R1	20	5,07	206
6		T2-R2	20	5,29	240
7		T2-R3	20	4,74	618
8		T2-R4	20	4,78	411
9		T3-R1	20	5,66	282
10		T3-R2	20	5,34	286
11		T3-R3	20	5,41	857
12		T3-R4	20	6,02	393
13		T4-R1	20	5,14	442
14		T4-R2	20	5,19	1337
15		T4-R3	20	4,90	417
16		T4-R4	20	5,36	588

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	KP	T1-P3	20	5,42	312
2		T1-P5	20	5,22	231
3		T1-P7	20	4,93	167
4		T1-P11	20	5,09	459
5		T2-P2	20	5,11	492
6		T2-P4	20	5,04	256
7		T2-P9	20	5,26	451
8		T2-P12	20	5,51	1514
9		T3-P6	20	5,20	403
10		T3-P8	20	5,33	205
11		T3-P10	20	5,52	289
12		T3-P1	20	5,77	412

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	AL	T1-P18	20	5,66	546
2		T1-P5	20	5,58	279
3		T1-P8	20	5,72	159
4		T1-P16	20	5,25	270
5		T2-P10	20	5,56	482
6		T2-P17	20	6,02	292
7		T2-P13	20	5,75	523
8		T2-P2	20	5,23	144
9		T3-P19	20	6,04	179
10		T3-P7	20	5,25	940
11		T3-P14	20	5,65	179
12		T3-P11	20	5,55	256

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	JB	T1-R1	20	5,16	818
2		T1-R2	20	5,48	481
3		T1-R3	20	5,54	621
4		T1-R4	20	5,41	764
5		T2-R1	20	5,15	897
6		T2-R2	20	4,90	180
7		T2-R3	20	5,39	147,6
8		T2-R4	20	5,60	86,8
9		T3-R1	20	5,17	348
10		T3-R2	20	5,19	141,5
11		T3-R3	20	4,39	255
12		T3-R4	20	5,95	1177

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO MATRIZ PARA ENTREGA DE RESULTADOS					
Código de ingreso	LAQ-USA004	Fecha de ingreso	19.10.2020	Tipo de muestra	Suelo seco	Número Total de muestras	120
Lugar de procedencia de la muestra		Quinta Experimental "El Padmi", Los Encuentros, Yanzatza			Tipo de muestreo	Se desconoce	
Nombre del usuario	Ing. Johnny Fernando Granja Travez			Cl.	1713707279		
Programa/proyecto	Efecto de la radiación fotosintéticamente activa sobre cacao (<i>Theobroma cacao</i>) en la Región Sur del Ecuador y sus implicaciones agronómicas						
Técnico Responsable del Análisis	Ing. Agro. Tania Sarango			Fecha de entrega	27.10.2020		

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	JE	T1-R1	20	5,28	137
2		T1-R2	20	5,52	122
3		T1-R3	20	5,57	296
4		T1-R4	20	5,54	185
5		T2-R1	20	5,18	1266
6		T2-R2	20	5,37	713
7		T2-R3	20	5,19	1393
8		T2-R4	20	5,31	1647
9		T3-R1	20	5,14	160
10		T3-R2	20	5,18	88
11		T3-R3	20	5,73	147
12		T3-R4	20	6,23	158
13		T4-R1	20	5,29	1668
14		T4-R2	20	5,33	574
15		T4-R3	20	5,43	257
16		T4-R4	20	5,61	1138

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	PG	T1-R1	20	5,64	200
2		T1-R2	20	6,45	142
3		T1-R3	20	5,52	135
4		T1-R4	20	5,51	107
5		T2-R1	20	6,98	423
6		T2-R2	20	5,73	163
7		T2-R3	20	7,33	268
8		T2-R4	20	5,47	225
9		T3-R1	20	5,94	1112
10		T3-R2	20	6,17	1626
11		T3-R3	20	6,13	930
12		T3-R4	20	5,88	1599
13		T4-R1	20	6,13	273
14		T4-R2	20	6,35	1806
15		T4-R3	20	6,01	278
16		T4-R4	20	5,83	1983

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	Klever M	T1-R1	20	5,96	119
2		T1-R2	20	5,97	192
3		T1-R3	20	5,57	819
4		T1-R4	20	5,45	1266
5		T2-R1	20	5,69	941
6		T2-R2	20	6,17	133
7		T2-R3	20	5,65	1409
8		T2-R4	20	5,78	431
9		T3-R1	20	5,44	226
10		T3-R2	20	5,71	124
11		T3-R3	20	5,91	137
12		T3-R4	20	5,61	132
13		T4-R1	20	6,30	237
14		T4-R2	20	5,40	400
15		T4-R3	20	5,81	581
16		T4-R4	20	5,68	334

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	AS	T1-R1	20	5,49	116
2		T1-R2	20	5,90	162
3		T1-R3	20	6,04	111
4		T1-R4	20	5,32	119
5		T2-R1	20	5,60	115
6		T2-R2	20	5,67	107
7		T2-R3	20	5,65	156
8		T2-R4	20	5,22	116
9		T3-R1	20	5,09	119
10		T3-R2	20	5,63	245
11		T3-R3	20	6,20	190
12		T3-R4	20	5,00	170

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	AL	T1-P18	20	5,63	143
2		T1-P5	20	5,33	117
3		T1-P8	20	5,67	123
4		T1-P16	20	5,36	170
5		T2-P10	20	5,83	114
6		T2-P17	20	6,34	132
7		T2-P13	20	5,35	974
8		T2-P2	20	5,13	156
9		T3-P19	20	6,10	130
10		T3-P7	20	5,68	112
11		T3-P14	20	5,60	126
12		T3-P11	20	5,27	84

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	JB	T1-R1	20	5,15	129
2		T1-R2	20	5,64	164
3		T1-R3	20	5,64	235
4		T1-R4	20	5,41	109
5		T2-R1	20	4,94	120
6		T2-R2	20	5,67	255
7		T2-R3	20	5,57	114
8		T2-R4	20	5,46	112
9		T3-R1	20	5,11	133
10		T3-R2	20	5,35	142
11		T3-R3	20	5,32	187
12		T3-R4	20	6,21	188

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	s/n	P3T1	20	5,49	190
2		P5T1	20	5,14	199
3		P7T1	20	4,95	180
4		P4T1	20	5,22	206
5		P2T2	20	5,80	268
6		P4T2	20	5,53	250
7		P9T2	20	5,28	324
8		P12T2	20	5,24	1059
9		P1T3	20	5,92	268
10		P6T3	20	5,61	238
11		P8T3	20	5,66	271
12		P10T3	20	5,58	248

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	Yuli	T1-R1	20	4,56	329
2		T1-R2	20	5,22	124
3		T1-R3	20	5,66	119
4		T1-R4	20	4,82	128
5		T2-R1	20	5,65	1527
6		T2-R2	20	5,26	687
7		T2-R3	20	5,61	1650
8		T2-R4	20	5,30	978
9		T3-R1	20	5,74	93
10		T3-R2	20	5,57	1715
11		T3-R3	20	5,84	238
12		T3-R4	20	4,85	626

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (uS/cm)
1	Saul	T1-R1	20	5,38	131
2		T1-R2	20	5,95	111
3		T1-R3	20	5,43	114
4		T1-R4	20	5,40	134
5		T2-R1	20	5,20	1328
6		T2-R2	20	5,27	1368
7		T2-R3	20	5,26	965
8		T2-R4	20	5,21	501
9		T3-R1	20	5,16	724
10		T3-R2	20	5,63	1667
11		T3-R3	20	5,26	1192
12		T3-R4	20	5,35	1613

*Los datos de pH y CE fueron medidos con los equipos pH Jenway 3510 y el Conductímetro DAKLON 11 serie, en muestra de suelo con relación 1:2



firmado electrónicamente por:
TANIA YASMIN
SARANGO ACARO

Ing. Agro. Tania Sarango Acaro
Técnico Responsable

Anexo 4. Datos resumen de las variables evaluadas

pH			
DDT	T1	T2	T3
0	5,53	5,53	5,53
20	5,44	5,39	5,26
40	5,11	5,28	5,49
60	5,23	5,79	5,62
80	5,16	5,40	5,73
CE			
DDT	T1	T2	T3
20	122,55	258,27	768,6
40	299,17	779,67	321,00
60	470,00	1049,00	1270,00
80	193,50	547,33	260,67
Altura			
DDT	T1	T2	T3
0	41,6111	50,5333	57,8667
20	55,4278	52,9056	62,2056
40	58,6611	55,7722	64,4444
60	64,7000	59,3222	66,6667
80	71,1722	60,1889	71,6833
Longitud del brote			
DDT	T1	T2	T3
20	4,85	4,4723	4,9761
40	4,9444	5,125	5,32
60	5,86	6,23	8,15
80	7,08	6,225	8,7167
Longitud y número de metámeros			
Tratamiento	Factor (%)	N° Metámeros	Longitud de metámeros
	Fertilización		
Testigo-T1	0	1,33 a	1,66 a
T2	100	1,33 a	1,97 a
T3	200	1,44 a	2,30 a

Área foliar del brote y planta			
Tratamiento	Factor (%)	Área Brote	Área de la planta
	Fertilización		
Testigo-T1	0	35,77 a	1113,52 a
T2	100	53,25 a	941,24 a
T3	200	105,03 b	2356,69 a
TCA			
DDT	T1	T2	T3
20	0,2486	0,1186	0,2169
40	0,1617	0,1433	0,1119
60	0,3019	0,1775	0,1111
80	0,3236	0,04333	0,115
TCR			
DDT	T1	T2	T3
20	0,006359	0,002811	0,003885
40	0,003437	0,002762	0,001825
60	0,005493	0,003903	0,001695
80	0,005255	0,000873	0,001618
Densidad estomática			
TRATAMIENTO	Nº Estomas	ERROR	P valor
T1	919,31	31,32	0,3373
T2	920,20		
T3	920,46		
Concentración de clorofila			
TRATAMIENTO	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila total
T1	47,32	21,17	72,95
T2	51,8	25,91	75,46
T3	51,8	28,16	77,69

Tratamiento	ASTT cm ²					
	20 días		80 días		Incremento	
	A: Vareta	B: Patrón	A: Vareta	B: Patrón	A: Vareta	B: Patrón
T1 (Testigo)	0,63 a	1,36 a	0,88 a	1,72 a	0,25 a	0,36 a
T2 (100%)	0,55 a	1,02 a	1,01 a	1,55 a	0,45 a	0,53 a
T3 (200%)	0,69 a	1,34 a	1,05 a	2,01 a	0,36 a	0,67 a

Planta	TRATAMIENTO	AreaP_LXA	IAF
3	T1	1511,36	0,011
2	T2	1157,55	0,008
1	T3	902,77	0,006
15	T2	1346,22	0,010
11	T1	1491,25	0,011
17	T3	3923,96	0,028
18	T1	337,96	0,002
16	T2	319,95	0,002
10	T3	2243,34	0,016

Anexo 5. Socialización de la tercera visita

