



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del título
de Ingeniero Agrónomo

Título del Proyecto de Investigación:

“Explorando la nutrición foliar, crecimiento y rendimiento del cacao
(*Theobroma cacao* L) en relación con cambios en la calidad del suelo, zona
de Las Naves”

Autor:

Jorge Luis Espinoza Sánchez

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. M. Sc. Freddy Marcelo Amores Puyutaxi

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Jorge Luis Espinoza Sánchez**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente;

Jorge Luis Espinoza Sánchez
Autor

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **Ing. M. Sc. Freddy Marcelo Amores Puyutaxi**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Jorge Luis Espinoza Sánchez**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Explorando la nutrición foliar, crecimiento y rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L) en relación con cambios en la calidad del suelo, zona de Las Naves**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

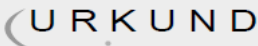
Atentamente;

Ing. M. Sc. Freddy Marcelo Amores Puyutaxi
Director del Proyecto de Investigación

REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito **Ing. M. Sc. Freddy Marcelo Amores Puyutaxi**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado **“Explorando la nutrición foliar, crecimiento y rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L) en relación con cambios en la calidad del suelo, zona de Las Naves”**, perteneciente al estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica **Jorge Luis Espinoza Sánchez**, CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 10%.

	
Documento	Jorge Espinoza - Proyecto de Investigacion.docx (D32187280)
Presentado	2017-11-07 17:09 (-05:00)
Presentado por	jorge.luis9692@gmail.com
Recibido	famores.uteq@analysis.urkund.com
Mensaje	Jorge Espinoza Proyecto de Investigacion Mostrar el mensaje completo
10% de estas 30 páginas, se componen de texto presente en 13 fuentes.	

	
Urkund Analysis Result	
Analysed Document:	Jorge Espinoza - Proyecto de Investigacion.docx (D32187280)
Submitted:	11/7/2017 11:09:00 PM
Submitted By:	jorge.luis9692@gmail.com
Significance:	10 %
Sources included in the report:	
PRODUCCION DEL COLON DE CACAO CCN51 ORGANICO A TRES DISTANCIAMIENTOS EN UN SISTEMA TRIANGULAR DE DOBLE HILERA_EDUARDO PACHECO (PRIMERA REVISION).doc (D13538056)	
124 ENFERMEDADES DEL CACAO.pdf (D21372457)	
PRODUCCIÓN DEL CLON DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) CCN-51 ORGÁNICO A TRES DISTANCIAMIENTOS (TERCERA REVISION).docx (D13670360)	
Villacres - Proyecto de Investigacion.docx (D30622782)	
TESIS TERMINADA DE PINEDA.docx (D14336104)	
Tesis Final Armijo.docx (D14811873)	
http://dugi-doc.udg.edu/handle/10256/5872	
https://helda.helsinki.fi/handle/10138/37431	
https://www.escavador.com/sobre/1469716/dirceu-de-mattos-junior	
http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000300006	
https://www.researchgate.net/publication/242677722_Absorcao_e_redistribuicao_de_boro_em_coqueiro-anao-verde	
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452004000300037	
http://www.monografias.com/trabajos69/programa-desarrollo-cacao-estado-lara/programa-desarrollo-cacao-estado-lara2.shtml	
Instances where selected sources appear:	
37	

Ing. M. Sc. Freddy Marcelo Amores Puyutaxi
Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Explorando la nutrición foliar, crecimiento y rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L) en relación con cambios en la calidad del suelo, zona de Las Naves”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título
de:

Ingeniero Agrónomo

Aprobado por:

Ing. Leonardo Matute Matute
Presidente del Tribunal

Dra. Marisol Rivero Herrada
Miembro del Tribunal

Ing. Silvia Saucedo Aguiar
Miembro del Tribunal

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2017

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos a Dios, por permitirme concluir con éxito mis estudios universitarios.

A mi madre y mi padre, familiares y demás seres queridos por darme ánimos e inculcarme que el poder está en nuestras manos y que no hay obstáculos que no se puedan superar.

Al Ing. M. Sc. Freddy Amores Puyutaxi, Director del Proyecto de Investigación, por sus sugerencias y consejos en el presente documento.

A los demás docentes de la UTEQ por haberme transmitido sus experiencias y conocimientos que se han convertido en parte fundamente de mi formación profesional.

Jorge Luis Espinoza Sánchez

DEDICATORIA

A Dios que con su infinito amor me ha permitido llegar a esta meta tan anhelada.

A la Sra. Celia Sánchez, mi madre, quien con sus consejos, fuerzas y ejemplos de vida me ha encaminado hacia el camino de preparación y superación, cultivando valores para con ella y con todas las personas que me rodean, así también a la Ing. Jakeline Villacrés, mi hermana, quien fue mi guía para continuar mis estudios superiores.

Así también a toda mi familia en general quienes nunca dudaron de mi personalidad y quienes con sus buenas palabras han sembrado en mí, confianza y responsabilidad para así poder terminar mi carrera profesional.

Jorge Luis Espinoza Sánchez

RESUMEN

La escasa información cuantitativa sobre la variación del suelo en cortas distancias, limita la gestión del productor para el manejo del cultivo de cacao. Por lo que la investigación en cuestión tuvo como finalidad establecer el comportamiento vegetativo, nutritivo y productivo del cacao en respuesta a cambios en la calidad del suelo, zona de pie de monte, Las Naves. El estudio se llevó a cabo en la finca “La Elvira” ubicada en la periferia de la cabecera cantonal Las Naves. Se empleó un diseño completamente al azar con 2 tratamientos en 4 repeticiones, considerando la unidad experimental (parcela) 2 árboles de cacao que tienen la misma edad, tamaño y densidad similar. Los tratamientos fueron: suelo de alta calidad nutricional y suelo de baja calidad nutricional. Se efectuaron cinco análisis de suelo y foliares en cada lote para proceder a su caracterización. En base a los resultados obtenidos se pudo apreciar que el Lote A correspondiente a un suelo con alta calidad nutricional, mostró una notable diferencia en cuanto a la disponibilidad nutricional para el cultivo de cacao, lo que se vio reflejado en el análisis foliar, cuyos resultados arrojaron mayor contenido nutricional en el follaje (2.02, 0.19, 1.76, 1.68, 0.48 y 0.24 % de N, P, K, Ca, Mg y S, respectivamente, y 47.00 ppm de Zn y 7.60 ppm de Cu), observándose que las plantas en dicho suelo presentaron un mayor engrose tanto de la rama principal como de la rama secundaria (0.51 y 0.90 cm, en su orden), mayor número de hojas por árbol (2257.50 hojas), produciendo además un mayor rendimiento acumulado por planta con 13056.00 gramos. El pH influye en la tasa de mineralización de nitrógeno y azufre, observándose que los contenidos más bajos de ambos nutrientes se midieron en el Lote B (8.60 y 5.00 ppm de NH_4 y S, respectivamente) que tiene el suelo con mayor acidez ($\text{pH} = 5.66$). La principal propiedad diferenciadora de la calidad del suelo es el pH (6.18 en el Lote A y 5.66 en el Lote B), seguido por la disponibilidad de materia orgánica (M.O.) (3.74% en el Lote A y 3.28% en el Lote B) y disponibilidad de fósforo (18.60 ppm en el Lote A y 9.80 ppm en el Lote B). Estas características explicaron en orden decreciente proporciones más altas de la varianza del rendimiento. Los contenidos foliares de N, S y Mn reflejaron la calidad nutritiva del suelo y mostraron la mayor capacidad para predecir el rendimiento con coeficientes de determinación de 0.7779, 0.7299 y 0.7055, respectivamente, y coeficientes de correlación de 0.88, 0.85 y -0.84, en su orden.

Palabras clave: Nutrición foliar, crecimiento y rendimiento de cacao, calidad de suelo.

SUMMARY

The scarce quantitative information on soil variation over short distances limits the management of the producer for the management of the cocoa crop. Therefore, the purpose of the research in question was to establish the vegetative, nutritive and productive behavior of cocoa in response to changes in soil quality, stand area, Las Naves. The study was carried out at the "La Elvira" farm located on the outskirts of the canton Las Naves. A completely random design was used with 2 treatments in 4 repetitions, considering the experimental unit (plot) 2 cacao trees that have the same age, size and similar density. The treatments were: soil of high nutritional quality and soil of low nutritional quality. Five soil and foliar analyzes were carried out in each lot to proceed with its characterization. Based on the results obtained, it was observed that Lot A corresponding to a soil with high nutritional quality, showed a notable difference in terms of nutritional availability for the cocoa crop, which was reflected in the foliar analysis, whose results they showed higher nutritional content in the foliage (2.02, 0.19, 1.76, 1.68, 0.48 and 0.24% of N, P, K, Ca, Mg and S, respectively, and 47.00 ppm of Zn and 7.60 ppm of Cu), observing that plants in said soil had a greater thickness of both the main branch and the secondary branch (0.51 and 0.90 cm, in order), greater number of leaves per tree (2257.50 leaves), also producing a higher cumulative yield per plant with 13056.00 grams. The pH influences the rate of mineralization of nitrogen and sulfur, observing that the lowest contents of both nutrients were measured in Lot B (8.60 and 5.00 ppm of NH_4 and S, respectively) that has the soil with the highest acidity ($\text{pH} = 5.66$). The main differentiating property of soil quality is pH (6.18 in Lot A and 5.66 in Lot B), followed by the availability of organic matter (OM) (3.74% in Lot A and 3.28% in Lot B). and availability of phosphorus (18.60 ppm in Lot A and 9.80 ppm in Lot B). These characteristics explained, in decreasing order, higher proportions of the variance of the yield. The foliar contents of N, S and Mn reflected the nutritional quality of the soil and showed the highest capacity to predict the yield with coefficients of determination of 0.7779, 0.7299 and 0.7055, respectively, and correlation coefficients of 0.88, 0.85 and -0.84, in your order.

Key words: Foliar nutrition, cocoa growth and yield, soil quality

TABLA DE CONTENIDO

Contenido	Página
Portada.....	i
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	ii
Certificación de culminación del Proyecto de Investigación	iii
Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico	iv
Certificación de aprobación por el Tribunal de Sustentación	v
Agradecimientos	vi
Dedicatoria	vii
Resumen	viii
Summary	ix
Tabla de Contenido	x
Índice de Tablas	xiii
Índice de Gráficos	xiv
Índice de Anexos	xv
Código Dublín	xvi
Introducción.....	1
CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Problematización.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.2. Formulación del problema	3
1.1.3. Sistematización del problema.....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos	4

1.3. Justificación	4
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1. Marco Teórico.....	6
2.1.1. Usos e importancia del cacao en Ecuador.....	6
2.1.2. Generalidades del cultivo de cacao.....	8
2.1.2.1. Descripción botánica	9
2.1.2.2. Tipos de cultivares	10
2.1.2.3. Clasificación comercial del cacao	12
2.1.2.4. Requerimientos de clima y suelo	12
2.1.2.5. Plagas y enfermedades	16
2.1.3. Fertilización del cacao	16
2.1.4. Análisis foliares en cacao	19
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.1. Localización de la investigación.....	23
3.2. Tipo de investigación	23
3.3. Métodos de investigación.....	23
3.4. Fuentes de información	23
3.5. Tratamientos y análisis estadístico.....	24
3.5.1. Manejo del experimento	25
3.5.1. Variables registradas	25
3.5.1.1. Análisis de suelo	25
3.5.1.2. Análisis foliar.....	25
3.5.1.3. Longitud de la circunferencia de una rama principal y secundaria.....	26
3.5.1.4. Crecimiento semestral de la longitud de la circunferencia de una rama principal y secundaria.	26
3.5.1.5. Rendimiento de peso de cacao fresco acumulado por árbol.....	27

3.6. Recursos humanos y materiales.....	27
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1. Resultados.....	30
4.1.1. Análisis de suelo	30
4.1.2. Análisis foliar	32
4.1.3. Crecimiento y producción	32
4.1.4. Correlaciones y regresiones.....	32
4.1.5. Regresiones del rendimiento acumulado de cacao fresco/planta sobre parámetros de la fertilidad del suelo	36
4.1.6. Regresiones del rendimiento de cacao fresco acumulado/planta sobre el contenido nutritivo foliar del cacao	39
4.2. Discusión	43
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
5.1. Conclusiones.....	47
5.2. Recomendaciones	47
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA	48
6.1. Literatura citada	49
CAPÍTULO VII: ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Resultados de los análisis de suelo realizados en un lote con alta calidad nutricional (A) y otro de baja calidad nutricional (B) sembrados con cacao INIAP 800 en la zona de pie de monte, cantón Las Naves.	31
Tabla 2.	Características texturales de ambos Lotes.....	31
Tabla 3.	Resultados de los análisis foliares en dos plantaciones de cacao INIAP 800 establecidas en un lote con alta calidad nutricional (A) y otro de baja calidad nutricional (B) en la zona de pie de monte, cantón Las Naves.	33
Tabla 4.	Resultados del crecimiento y producción de dos plantaciones de cacao INIAP 800 establecidas en un lote con alta calidad nutricional (A) y otro de baja calidad nutricional (B) en la zona de pie de monte, cantón Las Naves.	33
Tabla 5.	Coeficiente de correlación entre parámetros de fertilidad del suelo y el rendimiento de cacao fresco por árbol	34
Tabla 6.	Coeficientes de correlación de contenidos foliares nutritivos entre sí y con el rendimiento de cacao fresco por árbol.	35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Regresión del peso de cacao fresco acumulado de cacao fresco (kg) por planta sobre el porcentaje de materia orgánica.	36
Gráfico 2.	Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido de P en el suelo.....	37
Gráfico 3.	Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido de K en el suelo	37
Gráfico 4.	Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido de Mn en el suelo	38
Gráfico 5.	Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido de Ca en el suelo	38
Gráfico 6.	Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre la suma de bases.....	39
Gráfico 7.	Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido foliar de N (%)	40
Gráfico 8.	Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido foliar de P (%).	40
Gráfico 9.	Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido foliar de K (%)	41
Gráfico 10.	Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido foliar de S (%).	41
Gráfico 11.	Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre contenido foliar de Fe (ppm).	42
Gráfico 12.	Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido foliar de Mn (ppm).	42
Gráfico 13.	Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido foliar de B (ppm).	43

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo (Hoja 1 de 2)	55
Anexo 2. Análisis de suelo (Hoja 2 de 2)	56
Anexo 3. Análisis foliar de las muestras del Lote A (alta calidad nutricional)	57
Anexo 4. Análisis foliar de las muestras del Lote B (baja calidad nutricional).....	58
Anexo 5. Datos de grosor de rama principal y secundaria y número de hojas por planta en el Lote A	59
Anexo 6. Datos de grosor de rama principal y secundaria y número de hojas por planta en el Lote B	59
Anexo 7. Datos del rendimiento acumulado por planta en los Lotes A y B.....	59
Anexo 8. Identificación de árboles seleccionados	60
Anexo 9. Registro del peso de hojas (g).....	60
Anexo 10. Medición del grosor de la rama principal	61
Anexo 11. Medición del grosor de las ramas secundarias	61
Anexo 12. Recolección de muestras para análisis foliar.....	62
Anexo 13. Mazorcas listas para ser cosechadas	62

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Explorando la nutrición foliar, crecimiento y rendimiento del cacao (<i>Theobroma cacao</i> L) en relación con cambios en la calidad del suelo, zona de Las Naves
Autor:	Jorge Luis Espinoza Sánchez
Palabras clave:	Nutrición foliar, crecimiento y rendimiento de cacao, calidad de suelo
Fecha de publicación	
Editorial:	
Resumen:	La escasa información cuantitativa sobre la variación del suelo en cortas distancias, limita la gestión del productor para el manejo del cultivo de cacao. Por lo que la investigación en cuestión tuvo como finalidad establecer el comportamiento vegetativo, nutritivo y productivo del cacao en respuesta a cambios en la calidad del suelo, zona de pie de monte, Las Naves. El estudio se llevó a cabo en la finca “La Elvira” ubicada en la periferia de la cabecera cantonal Las Naves. Se empleó un diseño completamente al azar con 2 tratamientos en 4 repeticiones, considerando la unidad experimental (parcela) 2 árboles de cacao que tienen la misma edad, tamaño y densidad similar. Los tratamientos fueron: suelo de alta calidad nutricional y suelo de baja calidad nutricional. Se efectuaron cinco análisis de suelo y foliares en cada lote para proceder a su caracterización. En base a los resultados obtenidos se pudo apreciar que el Lote A correspondiente a un suelo con alta calidad nutricional, mostró una notable diferencia en cuanto a la disponibilidad nutricional para el cultivo de cacao, lo que se vio reflejado en el análisis foliar, cuyos resultados arrojaron mayor contenido nutricional en el follaje (2.02, 0.19, 1.76, 1.68, 0.48 y 0.24 % de N, P, K, Ca, Mg y S, respectivamente, y 47.00 ppm de Zn y 7.60 ppm de Cu), observándose que las plantas en dicho suelo presentaron un mayor engrose tanto de la rama principal como de la rama secundaria (0.51 y 0.90 cm, en su orden), mayor número de hojas por árbol (2257.50 hojas), produciendo además un mayor rendimiento acumulado por planta con 13056.00 gramos. El pH influye en la tasa de mineralización de nitrógeno y azufre, observándose que los contenidos más bajos de ambos nutrientes se midieron en el Lote B (8.60 y 5.00 ppm de NH₄ y S, respectivamente) que tiene el suelo con mayor acidez (pH= 5.66). La principal propiedad diferenciadora de la calidad del suelo es el pH (6.18 en el Lote A y 5.66 en el Lote B), seguido por la disponibilidad de materia orgánica (M.O.) (3.74% en el Lote A y 3.28% en el Lote B) y disponibilidad de fósforo (18.60 ppm en el Lote A y 9.80 ppm en el Lote B). Estas características explicaron en orden decreciente proporciones más altas de la varianza del rendimiento. Los contenidos foliares de N, S y Mn reflejaron la calidad nutritiva del suelo y mostraron la mayor capacidad para predecir el rendimiento con coeficientes de determinación de 0.7779, 0.7299 y 0.7055, respectivamente, y coeficientes de correlación de 0.88, 0.85 y -0.84, en su orden.
Descripción:	
Url	

INTRODUCCIÓN

El cacao se desempeña bien en suelos con textura franca, dotados de un buen nivel de materia orgánica (3,5% o más), profundos (1,5 m), con rango de 5,5 – 7 para el pH. Sin embargo, adapta su crecimiento a diversidad de ambientes. En ambientes con poca calidad, por ejemplo, con lluvias escasas o suelos poco profundos, la adaptación del cultivo ocurre a costa de recortes en el crecimiento y productividad (Echeverría & Sainz Rozas, 2007). El comportamiento del cacao es particularmente sensible a cambios de su entorno ambiental. Dentro de una huerta, aun con extensión reducida, la variación micro ambiental en la dimensión edáfica, es la regla, más aún en zonas con topografía irregular.

El suelo tiene gran capacidad para influir en la calidad del entorno natural como fuente de servicios ambientales que las plantas utilizan en su funcionamiento, contribuyendo al almacenamiento y abastecimiento de agua y nutrientes, entre otros. Según la F.A.O (2003) y García (2014), la sensibilidad del cacao a la calidad del suelo principalmente es ampliamente reconocida en lo que a almacenamiento de agua y nutrientes respecta

Sin embargo, las tecnologías asociadas con el paradigma de la agricultura de precisión están demostrando que la variabilidad del suelo, en distancias muy cortas, también causa cambios importantes en el desempeño vegetativo y reproductivo del cacao. Algunos son bien pronunciados, de fácil visualización, con capacidad para recortar en un nivel importante la productividad media de la huerta, al menos en huertas pequeñas. Los recortes de productividad afectan el ingreso del productor cacaotero y la rentabilidad de la inversión. Sin embargo, es un problema que no se ha estudiado ni cuantificado en el país; menos en nuestro entorno más cercano. Esta es una razón para conducir la presente investigación en la zona de Las Naves con creciente importancia en la producción de cacao.

El estudio sirvió para realizar ejercicios de predicción de la nutrición, crecimiento y producción a partir de las diferencias en distintos parámetros del suelo, por lo cual es conveniente invertir en un sector del terreno que podría rendir solo el 30% o menos del rendimiento de la mejor tierra en la finca. El presente estudio ayudo en pequeña medida a encontrar respuestas a este tipo de preguntas. En un primer nivel esta información fue muy útil en la toma de decisiones para invertir recursos en un cacaotal.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematicación

1.1.1. Planteamiento del problema

La escasa información cuantitativa sobre la variación del suelo en cortas distancias, limita la gestión del productor para el manejo del cultivo de cacao. Esta limitación se puede enfrentar con pruebas de campo en fincas de productores con el objetivo cuantificar y evaluar el impacto de la variabilidad del suelo en distancias cortas, sobre el desempeño del cultivo. A lo mejor las diferencias pueden extrapolarse a otros sectores de la huerta con características parecidas de relieve, textura, profundidad del suelo, etc., los que en conjunto pueden sumar una superficie importante que demandan un manejo distinto a la generalidad de la huerta.

Sin información de estudios locales, en este caso en ambientes típicos de la zona de las Naves, con características particulares de suelo y clima, es difícil predecir el impacto de los cambios del suelo en distancias cortas sobre la nutrición, crecimiento y productividad del cacao. Tampoco puede explorarse en qué medida la variabilidad en distancias cortas, al reproducirse con frecuencia en la huerta, afecta la rentabilidad de la producción. Con estas respuestas a la mano pueden surgir oportunidades para incrementar la eficiencia en el uso de los recursos de la tierra. Mayor eficiencia significa producir más con menos para que el productor se beneficie de más ingresos.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el comportamiento vegetativo, nutritivo y productivo del cacao en respuesta a cambios en la calidad del suelo?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Qué parámetros del suelo definen sus semejanzas y diferencias en cuanto a su calidad agrícola en relación con el cultivo del cacao?

¿Cómo cambia el crecimiento, nutrición y rendimiento de cacao fresco en respuesta a la variación de la calidad del suelo?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Establecer el comportamiento vegetativo, nutritivo y productivo del cacao en respuesta a cambios en la calidad del suelo.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar los parámetros del suelo definen sus semejanzas y diferencias y calidad agrícola en relación con el cultivo del cacao.
- Determinar los cambios que producen las variaciones de la calidad del suelo en el crecimiento, nutrición y rendimiento del cacao.

1.3. Justificación

Los resultados de la presente investigación contribuyeron a cubrir una pequeña parte del vacío informativo de que adolece la zona cacaotera de las Naves, acerca de distintos aspectos de la problemática asociada a la variabilidad del suelo y producción en las huertas cacaoteras. Esta información puede documentarse y distribuirse entre los productores de la zona para una mejor comprensión de la temática en cuestión, en la búsqueda de oportunidades para el mejoramiento de sus sistemas de producción. La gestión mejorada de los suelos repercute en un mejor desempeño productivo y rentabilidad de los cultivos como se deduce de trabajos conducidos en otras zonas y países.

El presente estudio contribuye al aspecto científico al determinar la influencia de la calidad de suelos sobre los parámetros agronómicos evaluados, para servir de información base para futuros estudios, en el ámbito económico permite evitar gastos innecesarios a productores y técnicos inmersos, y por ende disminuye el descontento social en cuanto a la actividad cacaotera, disminuyendo a la vez impactos ecológicos en el suelo, por efecto directo de excesiva aplicación de fertilizantes para incrementar la productividad de los suelos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Usos e importancia del cacao en Ecuador

Los productos primarios constituyen la materia prima para obtener bienes finales a ser consumidos por la población y contribuir así con la satisfacción de los requerimientos energéticos y nutricionales. No obstante, algunos rubros como el cacao y el café son considerados bienes de lujo, en vista de que no son indispensables, es decir no son considerados bienes de primera necesidad en la alimentación. De las almendras de cacao, fermentadas y secas (o sin fermentar) se obtienen subproductos y productos finales a través de procesos industriales. Los primeros son la pasta o licor, la manteca, la torta y el polvo de cacao. Los productos finales de cacao son principalmente los chocolates y demás artículos elaborados a base de chocolate, tales como coberturas, golosinas, barras de chocolate amargo, de leche, blanco, con frutas, nueces, bombones, entre otros. Además, la manteca de cacao se emplea en la industria farmacéutica y en la elaboración de cosméticos (Quintero & Díaz, 2004).

La producción de cacao en el Ecuador ha constituido un importante renglón para la economía nacional, en especial por su significativa contribución a la generación de divisas por concepto de exportación, actividad que se inició en la época de la Colonia (Cevallos, 2011)

El cacao es un importante producto básico, en cuanto a su valor comercial tanto a nivel local como mundial. Representa una parte sustancial en la economía que sirve de sustento para muchas familias campesinas. Además, es un generador de ingresos de divisas. Además, tiene un rol importante para el sustento de millones de familias campesinas, dedicadas a la actividad de siembra y cosecha de cacao. En muchos países en vías de desarrollo, como el caso de Ecuador el sector agrícola agrupa un rubro significativo de la PEA. Por ello es necesario realizar un enfoque en la cadena de valores del cacao, así como las partes que la conforman para que, de esta manera, se pueda generar bienestar a las familias campesinas que participan en la producción de cacao (García, 2014).

En referencia al impacto social del sector de cacaotero, a través del gobierno nacional, se ha desarrollado un programa de sostenibilidad con iniciativas y sistemas para proteger de mejor

manera a los productores y sus familias, brindándoles los servicios básicos, y desarrollando generación de empleo, impulsándolos a salir de la pobreza. La alta dependencia del mercado laboral en la agricultura está integrada por varias actividades productivas: el banano, café, cacao y otras actividades de agricultura. En lo referente a la producción animal, extracción de madera, silvicultura, productos de caza y pesca, según la Organización Internacional de Cacao (ICCO), en 2012, indica que la producción y su industria agrupan el 4% de la PEA nacional. Genera empleo al 12.5% de la PEA agrícola, dando trabajo de manera directa aproximadamente a 500.00 personas ó 100 familias involucradas directamente en esta actividad. Existen más de 500.000 Has de cacao, la mayoría agrupadas y conformadas en más de 100.000 fincas (García, 2014).

Principalmente de pequeños productores de Manabí; Los Ríos, Guayas y Esmeraldas, que son las zonas con mayor producción de cacao, así mismo en el 2008 generaron 100.000 empleos directos en las actividades productivas del sector. Según el MAGAP en el 2010, la producción de cacao acogió a 147.000 agricultores, que contribuyeron en el 2008 del cultivo del banano, café y cacao; con el 24.4%. En el 2009 contribuyó con el 23.9%. Es decir, 182.133 agricultores, participaron de la producción agrícola del sector. Así mismo, el cultivo del cacao en los últimos años, ha generado crecimiento paralelo, como creación de empresas comercializadoras, agencias transportadoras de carga terrestre y aérea. También ha impulsado la venta de productos agroquímicos para combatir enfermedades y plagas, equipos agrícolas. Todo esto ha generado ingresos económicos significativos dentro del sector cacaotero ecuatoriano (García, 2014).

De igual manera permite una gran participación de divisas a través de las exportaciones, lo que ha permitido favorecer al desarrollo y progreso de la economía ecuatoriana. La producción cacaotera se encuentra muy ligada a las condiciones del ecosistema. Esto es preciso para que las causas que reducen el rendimiento sean diferentes a otros países productores. Sin embargo, el cultivo del cacao en el país, a pesar de los problemas, tiene buenas perspectivas debido a la creciente demanda en el mercado internacional por su calidad de aroma fino (Albán, 2011).

En la actualidad ocupa el tercer lugar en el monto de exportaciones del sector agrícola, después del banano y de las flores. No menos importante es su participación en la generación de empleo, estimándose que da ocupación al 5% de la población económicamente activa del

país, tanto en la fase de producción en 60,000 Unidades de Producción Agropecuaria (UPA), como en la comercialización e industrialización (Cevallos, 2011).

2.1.2. Generalidades del cultivo de cacao

El grano de cacao se extrae de la baya ovoidea grande, que es el fruto caulinar del árbol de cacao, *Theobroma cacao* es originario de la cuenca alta del Amazonas. El árbol es de tamaño mediano, aunque puede alcanzar hasta unos veinte metros de alto. Tradicionalmente, el cacao es cultivado en los países productores y vendidos a la exportación en forma de habas. La transformación del cacao para la fabricación de productos terminados o semi acabados (manteca de cacao, licor de cacao, cacao en polvo, chocolate, etc.) se efectúa en los países importadores. Sin embargo, ciertos países productores tales como Costa de Marfil, Ghana, Nigeria y Brasil se lanzan desde hace algunos años a la trituration local de su producción a fin de gozar de una plusvalía a la exportación (Leiva, 2012).

Theobroma cacao fue el nombre dado por Linnaeus al árbol de cacao en la primera edición de Species Plantarum. La primera palabra del nombre de esta especie significa “alimento de los dioses”. El género *Theobroma* se divide en 6 secciones que contienen 22 especies, de estas *T. cacao* es la única que es cultivada ampliamente (Chanatásig, 2004).

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol de origen amazónico, de la familia Malvaceae, planta umbrófila que generalmente requiere de lluvia abundante y condiciones de sombra para su desarrollo. El cacao proviene de estructuras ecológicas complejas (selváticas), altamente biodiversas que permiten tener en asocio alimentos variados y funcionales en el sistema productivo y que aportan al sistema concentración de biomasa y protección de suelos y aguas (Espinoza & Ríos, 2016).

En el siglo XVI, en la era post-colombina, el cacao se dispersó a otros continentes, cuando Hernando Cortés reportó el hallazgo de una bebida amarga usada por los aztecas y envió las semillas y recetas a Europa (Bhattacharjee & Kumar, 2007). Durante el siglo XIX, las recetas originales se refinaron, y se desarrollaron las tecnologías que facilitaron el tostado y molienda de los granos de cacao, con lo cual se originó el desarrollo de la industria del chocolate y se popularizó su consumo en el mundo (Jaimes & Aranzazu, 2010).

El cultivo de *Theobroma cacao* en otros continentes se inició durante la era colonial entre los siglos XVIII y XIX, y en 1900, el 80% de la producción se daba en el continente americano. Ya en el siglo XXI, América se convierte en el continente con la menor producción, contrastando con el continente africano, donde se encuentra 78% de la producción mundial (Ploetz, 2007). En la actualidad, el cacao es cultivado en la franja geográfica tropical húmeda ubicada desde los 18° N hasta los 20° S de la línea ecuatorial (De Almeida & Valle, 2008).

2.1.2.1. Descripción botánica

El árbol de cacao crece hasta alcanzar 10 metros de altura cuando está a la sombra de altos árboles forestales. En forma silvestre bajo la fuerte sombra del bosque primario ellos pueden crecer hasta 20 m. En una planta proveniente de semilla el tallo crece verticalmente y después de alcanzar de 1 a 1,5 m de altura, detiene el crecimiento apical y emite de 4 a 6 ramas laterales formando una horqueta; las ramas laterales se ramifican profusamente, debajo de la primera horqueta se forma un chupón que crece hasta formar un nuevo piso para continuar con el crecimiento vertical u ortotrópico de la planta. El árbol reproducido vegetativamente, no muestra un tallo único, predominando el crecimiento de las ramas laterales (Chanatásig, 2004; Gómez, 2010).

La raíz principal es pivotante o sea que penetra hacia abajo, especialmente en los primeros meses de vida de la planta puede crecer normalmente entre 120 a 150 cm., alcanzando en suelos sueltos hasta 2 m. Luego nacen muchas raíces secundarias (hacia los lados), el mayor volumen (entre 85 a 90 %) de las cuales se encuentran en los primeros 25 cm de profundidad del suelo alrededor del árbol, aproximadamente en la superficie de su propia sombra; sin embargo, es posible encontrar árboles con raíces muy alejadas del tronco principal. La mayoría de las raicillas funcionales del árbol, se encuentran casi en la superficie del suelo. Bajo condiciones de buen cultivo, estas raicillas están en contacto con el mantillo que cubre naturalmente el suelo de un cacaotal (Coello & Haro, 2012).

Las hojas son simples, enteras y la mayoría es de color verde bastante variable. Algunos árboles tienen hojas tiernas bien pigmentadas (coloreadas) que pueden llegar a ser de un color marrón claro, morado o rojizo; también las hay de color verde pálido (casi sin coloración). El pecíolo de la hoja del tronco ortotrópico, normalmente es largo (7 a 9 cm),

con un pulvinus bien marcado, este pulvinus en las hojas de las ramas laterales es más pequeño y menos desarrollado. El tamaño de la hoja varía entre 15 y 50 cm, con una alta respuesta al ambiente; con menos luz es más grande, con más luz, más pequeña, pero en general los cacaos amazónicos tienen hojas más pequeñas (Quiroz & Paladines, 2013).

Una planta puede llegar a producir de 100.000 a 150.000 flores/año. La flor individual del cacao tiene un pedicelo largo y fino de 1 a 1,5 cm de longitud, se compone de 5 sépalos agudos y rosados, de 6 – 8 mm de largo, pubescentes, que en la flor abierta se expanden formando ángulo recto con el peciolo. La corola consiste de 5 pétalos blancos, de 6 – 8 mm de largo. El centro de la flor lo ocupa el tubo estaminal, compuesto por 5 estambres fértiles, cortos y doblados hacia fuera, cada uno encerrado en la concha de un pétalo; y de 5 estaminodios internos, agudos y largos de posición erecta que rodean al gineceo (León, 2000).

El fruto del cacao, denominado comúnmente mazorca, consiste en una cáscara relativamente gruesa que encierra un número muy diverso de semillas, entre 20 y 50, dispuestas normalmente en cinco hileras y sumergidas en una pulpa mucilaginosa de color blanco y sabor azucarado (Grazianiet *al.*, 2002). Los frutos de cacao maduran entre 5 y 6 meses después de la polinización. Poseen un exocarpo de contextura lisa o arrugada que se divide en cinco carpelos interiormente. Los frutos son de tamaño y forma muy variable, generalmente son una baya de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro. Tienen forma elíptica y son de diversos colores al madurar (rojo, amarillo, morado y café); contienen entre 20 y 40 semillas que están cubiertas de una pulpa mucilaginosa de color blanco, cuyos cotiledones pueden ser de color blanco y/o violetas. Las semillas una vez secas alcanzan pesos entre 0,8 y 1,5 gr cada una (Mejía & Argüello, 2000)

2.1.2.2. Tipos de cultivares

Han evolucionado tres tipos de cultivares de cacao: el Criollo desarrollado en el norte de Sudamérica y Centro América, el Forastero proveniente de la Cuenca Amazónica y el Trinitario localizado en Trinidad (July, 2016).

Se ha demostrado que al menos 80% de los árboles Trinitarios se originaron de una base genética muy estrecha, representada en su mayoría por la variedad Criollo, y en menor

número por la variedad Forastero interrelacionada. La primera combinación entre las dos formas ancestrales ocurrió hace 250 años. Desde entonces, no han ocurrido más de 6 a 7 generaciones de recombinaciones. Las modernas variedades Criollo/Trinitarios constituyen actualmente la base genética de al menos 70% de los cultivos de cacao establecidos en el mundo. Aunque la morfología de los granos permite hacer la distinción entre cacaos Criollos ancestrales y otras variedades, características adicionales como el hábito de crecimiento, la pigmentación de las diferentes estructuras de las plantas, el potencial productivo y la resistencia a enfermedades diferencian a los cultivares ancestrales de Forasteros y Criollos (Marcano *et al.*, 2007).

Coello & Haro (2012), sostienen que las características de los tres grupos genéticos de cacao son las siguientes:

- **Tipo Criollo:** caracterizado por un fruto con frecuencia alargado, con punta pronunciada, doblada y aguda; la superficie es generalmente rugosa, delgada, de color verde frecuentemente con salpicaduras de rojo a púrpura oscuro y marcada por 10 surcos muy profundos; los granos son grandes, gruesos, de sección casi redonda con los cotiledones blancos o muy ligeramente pigmentados. De este tipo se obtiene el chocolate de más alta calidad, tiene baja producción y es muy susceptible a enfermedades.
- **Tipo Forastero:** el fruto es generalmente de forma ovalada y corta, de color verde o amarilla cuando maduro, con una superficie lisa. Pericarpio espeso y difícil de cortar a causa de un mesocarpo fuertemente lignificado; granos pequeños y más o menos aplastados y tienen un color entre púrpura claro y oscuro. Este tipo forma un grupo complejo tanto en sus formas silvestres como cultivadas. Dada su alta producción, el tipo forastero domina la producción mundial.
- **Tipo trinitario:** este tipo es altamente variable dado su origen híbrido. Fue clasificado como un tipo de Forastero, es de origen reciente y puede ser reproducido artificialmente. Es probable que se trate de una población segregante que se originó de una cruce entre Forastero (amelonado) y Criollo. En el comercio es conocido como "cacao fino", y su sabor de excelencia puede deberse en parte a su germoplasma criollo.

2.1.2.3. Clasificación comercial del cacao

Quintero & Díaz (2004), indican que desde el punto de vista comercial e industrial, en el mercado mundial generalmente se clasifican los granos de cacao en dos categorías:

- **Cacao ordinario:** granos producidos por los cacaos tipo “Forastero”; éstos son utilizados en la fabricación de manteca de cacao y de productos que tengan una elevada proporción de chocolate.
- **Cacao fino o de aroma:** en términos generales, los granos de cacaos Criollos y Trinitarios corresponden a lo que en el mercado mundial se conoce como cacao fino o de aroma. Éste es utilizado usualmente en mezclas con granos ordinarios o Forastero para producir sabores específicos en los productos terminados. Los granos correspondientes a esta categoría dan características específicas de aroma o color en chocolates finos de revestimientos o capas de cobertura. También se usan (aunque cada vez menos) para producir cacao en polvo que se emplea como aroma en algunas recetas y en la preparación de algunos alimentos y bebidas. La oferta mundial de cacao fino o de aroma es relativamente reducida y representa aproximadamente el 5% del cacao producido en el mundo.

2.1.2.4. Requerimientos de clima y suelo

El crecimiento, el desarrollo y la buena producción del árbol de cacao, están estrechamente relacionados con las condiciones medioambientales y el suelo donde se cultiva. Factores climáticos como la temperatura, la precipitación, el viento y la radiación solar, afectan los procesos fisiológicos de la planta como la nutrición, la floración y la fructificación, considerados factores importantes para la producción (Salvador, Espinoza, & Rojas, 2012).

- **Clima**

La temperatura, así como sus fluctuaciones estacionales o diarias, afecta a los procesos fisiológicos más importantes de las plantas y, particularmente, en el cacao ejerce un efecto sobre el ritmo de los brotes foliares, superficie foliar total, crecimiento secundario y floración (Gómez & Azócar, 2002; Gómez, 2010).

La distribución mundial del cultivo está limitada, en gran parte, por los rangos restringidos de temperatura bajo los cuales prospera la planta. A escala comercial, las temperaturas favorables pueden fijarse en 15 °C como mínimo de media mensual y en 30 °C como máximo. La mínima absoluta puede ser de 10 °C y la temperatura óptima alrededor de 25,5 °C (Reyes & Capriles, 2000).

La formación de flores tiene su óptimo alrededor de los 27 °C, pero temperaturas constantes de 31 °C durante el día y la noche impiden la floración. El efecto de las bajas temperaturas se refleja en la tasa de crecimiento vegetativo, en el desarrollo de los frutos y en la intensidad de la floración (Gómez & Azócar, 2002).

El suministro de agua para los procesos metabólicos del cacao es importante, porque este cultivo reacciona negativamente ante la ausencia de humedad (Salvador, Espinoza, & Rojas, 2012). El crecimiento y la producción del cacao están determinados no sólo por la abundancia de las precipitaciones, sino también por su distribución durante el año. En algunas zonas, el volumen, así como la distribución de la cosecha están regulados por la lluvia más que por cualquier otro de los factores ecológicos (Gómez, 2010).

La mayoría de las zonas productoras de cacao presentan precipitaciones entre 1.200 y 2.500 mm por año, aunque en realidad se cultiva dentro de límites muchos más amplios. Se pueden mencionar algunas regiones como Nueva Guinea, donde se cultiva el cacao, aunque en baja cantidad, con precipitaciones que se aproximan a los 5.000 mm por año, o algunas regiones de Venezuela (Chuafo, Choroní), donde la precipitación anual es del orden de los 800 mm repartidos en seis meses, donde se cultiva bajo riego (Gómez & Azócar, 2002).

La humedad relativa suele ser muy alta en áreas cacaoteras y esto se ha señalado, frecuentemente, como una condición necesaria para su crecimiento y desarrollo. Sin embargo, las condiciones de alta humedad y alta temperatura son también favorables para el desarrollo de enfermedades fungosas que afectan al cacao (Braudeau, 1970; Gómez, 2010).

Las plantaciones expuestas a continuos vientos, son afectadas en el proceso de fotosíntesis, a causa de la pérdida de agua en la planta. Cuando la velocidad del viento excede los 4 m/seg., provoca caída de flores, hojas y algunas veces ruptura de ramas. En zonas donde la velocidad del viento es de 1 a 2 m/seg., no se observan dichos problemas. Los vientos fuertes

y la sombra escasa, producen secamiento y/o caída prematura de hojas (Salvador, Espinoza, & Rojas, 2012).

- **Suelo**

La productividad del cultivo de cacao depende de un suelo apropiado. En un suelo sin los requisitos mínimos para el desarrollo adecuado de la planta, el cultivo no se comportará de manera óptima, aunque se utilicen semillas de las mejores características genéticas. Para conseguir una productividad alta del cultivo de cacao se requiere de suelos con buenas características físicas, químicas y biológicas (Salvador, Espinoza, & Rojas, 2012).

Con relación a las propiedades físicas y químicas, el cultivo requiere de suelos profundos, con buen contenido de materia orgánica, nutrientes minerales y que no contengan obstáculos, tales como piedras y gravas, que impidan el buen desarrollo radicular. El sistema de raíces laterales del cacao se extiende radialmente y de ellas crecen raicillas que exploran la capa superficial mientras que la raíz principal explora las capas inferiores del suelo a profundidades de hasta 3 (Smyth, 1967; Braudeau, 1970; Gómez & Azócar, 2002).

En suelos de textura arcillosa, la penetración de las raíces se ve limitada dependiendo de los minerales que constituyan esta fracción. Las arcillas más pesadas, incluyendo las constituidas por minerales arcillosos como los del grupo de la montmorillonita son, en general, inconvenientes para este cultivo. La fracción arcillosa de la mayoría de los suelos en los trópicos húmedos se compone de arcillas caoliníticas y de óxidos de hierro y de aluminio, las cuales proporcionan un medio físico ideal para el desarrollo de las raíces del cacao. Las mejores condiciones las presentan los terrenos franco-arcillosos (Smyth, 1967; Braudeau, 1970; Gómez & Azócar, 2002).

La humedad del suelo es el mayor limitante, ya que suelos mal drenados favorecen la presencia de microorganismos patogénicos que ocasionan pudrición y muerte de las raíces. Es importante resaltar que un suelo bien drenado reduce el número y la actividad de algunos patógeno oomycetos. Además, la apropiada fertilización o enmiendas del suelo de acuerdo con los valores recomendados para la planta pueden conducir a cambios del pH y disponibilidad de nutrientes para el hospedero, influenciando desfavorablemente el desarrollo de los patógenos (Jaimes & Aranzazu, 2010).

El mayor porcentaje de raíces activas del cacao, encargadas de la absorción de agua y nutrientes, se encuentran en los primeros 30 cm., del suelo; por esta razón, se recomienda la protección del suelo a través del mantenimiento de cobertura vegetal (mulch, cobertura viva). Así como, evitar el uso de palanas para el deshierbo, ya que pueden cortar las raíces superficiales del cacao (Salvador, Espinoza, & Rojas, 2012). Sin embargo, el cacao es capaz de adaptarse a los más variados tipos de suelo, incluso en aquellos cuyo contenido de nutrientes es muy bajo. En estos suelos la producción suele ser muy limitada, pero se pueden lograr rendimientos medios si el cultivo se mantiene bajo un adecuado sombraje y si los demás factores ecológicos son favorables (Braudeau, 1970).

Según Días (2001), un adecuado suelo para el cultivo del cacao requiere:

- Valores de pH cercanos a 6.2
- Sumas de bases alrededor de 12 cmol/100 g
- Contenido de fósforo (P) de 20-25 mg/dm³
- Saturación de bases cercana a 60%
- Materia orgánica por encima de 3.5%
- Relación calcio: magnesio en la capa del suelo entre los primeros 0 a 15 cm aproximada a 4
- La relación Ca + Mg/K mayor a 25
- Ausencia de limitaciones

El pH del suelo es una de las características importantes de los suelos porque contribuye a regular la velocidad de descomposición de la materia orgánica. El pH tiene relación con la disponibilidad de nutrientes (Salvador, Espinoza, & Rojas, 2012). El pH debe estar en el rango de 6.0 a 7.5 en la capa superficial, sin ser excesivamente ácido (pH menor a 4.0) o alcalino (pH mayor a 8.0), hasta una profundidad de un metro (Wood, 1982; Leiva, 2012).

Los restos vegetales o animales que se encuentran en descomposición en el suelo, se denomina materia orgánica. El clima, pH y microorganismos transforman la materia

orgánica en alimento para las plantas. El contenido de la materia orgánica influye en las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo; estabiliza la estructura, incrementa su permeabilidad, aumenta su capacidad de retención de agua, facilitando el asentamiento de la vegetación, para evitar la erosión hídrica y eólica. El cacao requiere suelos ricos en materia orgánica con un contenido mayor al 2% (Salvador, Espinoza, & Rojas, 2012).

2.1.2.5. Plagas y enfermedades

Las condiciones climáticas, así como las enfermedades y plagas que atacan al cultivo de cacao son los principales factores que afectan la producción. Las enfermedades más frecuentes son: la pudrición parda o cáncer del tronco y ramas (*Botryodiplodia theobromae*), antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), las agallas o bubas (*Calonectria rigidiuscula*), la pudrición negra o cáncer de tronco (*Phytophthora palmivora*), la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), moniliasis (*Moniliophthora roreri*), mal de machete (*Ceratocystis cacaofunesta*). Así mismo, entre las principales plagas se encuentran: perforadores del tronco (*Xyleborus ferrugineus*), los ácaros (*Floracarus theobromae* Keiffer), la gota (*Steirastoma depressum* Bater), la vaquita (*Brachyomus octotuberculatus*) y perforadores de frutos (*Carmenta theobromae*, *Anadasmus porinodes*, *Gymnandrosoma aurantium* y *Synanthedon* sp.). Todas estas enfermedades y plagas se señalan como las causantes de pérdidas de las cosechas (que pueden alcanzar hasta un 20% de acuerdo con las estimaciones de los especialistas), así como de la disminución de la calidad del grano de cacao (Quintero & Díaz, 2004)

2.1.3. Fertilización del cacao

En el cultivo de cacao la nutrición se debe considerar como una interacción entre los nutrientes que están en el suelo, el tipo de material que se siembra y la cantidad de agua que permite que estos elementos se disuelvan en el suelo y puedan ser tomados por la planta a través de las raíces y ser transportados a todas sus estructuras. La fertilización que se aplica en el cacao depende fundamentalmente de la edad y el estado de las plantas, la sombra del cultivo, la fertilidad natural del suelo, las prácticas de manejo, la producción de cacao por hectárea y el tipo de cacao cultivado (Salvador, Espinoza, & Rojas, 2012).

Uribe, Méndez, & Mantilla (1998), manifiestan que la investigación sobre fertilización edáfica y foliar en cacao, en Colombia, es escasa; por tanto, dispone de poca información sobre requerimientos nutricionales, dosis y épocas de aplicación de fertilizantes, según la edad y grado de sombrío de las plantaciones en diferentes zonas productoras. Se ha encontrado, en experimentos en Brasil que la fertilización del cacaotero, bajo sombra, produce pequeños incrementos en producción, mientras que a pleno sol hay incrementos considerables en rendimiento de grano. La fotosíntesis es más intensa en plantación sin sombra, con alta respuesta a la fertilización. En Santander, se documentó la necesidad de fertilizar cacaoteras a plena exposición solar, por la intensa actividad fotosintética que se refleja en altos rendimientos. Obtuvieron respuesta a la fertilización con N, con P, y K, lo que demuestra que, a plena exposición, adecuada fertilización puede ser rentable y, los rendimientos se sostienen a través del tiempo.

La fertilización depende fundamentalmente de la edad y el estado de las plantas, el grado de sombreado del cultivo, la fertilidad natural del suelo, las prácticas de manejo, la producción de cacao por hectárea y el tipo de cacao cultivado. Para cultivos adultos se recomienda dos aplicaciones anuales, después de las podas, en una época en que las lluvias sean poco intensas, pero se disponga de buena humedad. Estas etapas son las de mayor absorción de nutrientes porque todos los procesos fisiológicos están activados. En términos generales, existe una época clave en el manejo del cacao que corresponde al inicio de las lluvias, cuando el árbol se prepara para la formación de frutos. Posteriormente, desde este momento hasta la recolección de la cosecha, debe tenerse máximo cuidado con la protección sanitaria (Salvador, Espinoza, & Rojas, 2012).

Sánchez *et al.* (2005), con materiales híbridos de cacao, no detectaron efecto de la aplicación de distintas dosis 50, 100, 200, 400%, de fertilizante NPK (100%= 46 g/planta de N, 35 g de P y 40 g de K) sobre el rendimiento, esto sugiere la necesidad de profundizar en las causas que originan este tipo de comportamiento entre las que destaca la amplia variabilidad del material vegetal que usualmente existe en las plantaciones comerciales. Así, en un estudio amplio realizado por Bueno (2000), que comprendió diez localidades en el oriente colombiano en el cual se evaluaron diferentes dosis, siendo la más alta de 368 g/planta/año de N, 90 g de P₂O₅ y 600 g de K₂O, no hallaron diferencias significativas con relación a un testigo sin fertilizante.

Quiroz & Amores (2000), mencionan que no se ha encontrado beneficio económico con la fertilización del cacao, y en tal sentido, el hecho de aplicar fertilizantes al cultivo en forma remunerativa es más complicado que en la mayoría de los cultivos tropicales, y agrega que algunas de las dificultades se deben principalmente a la heterogeneidad genética del material vegetal (Leiva, 2012). Rondón (2000) reporta que los híbridos presentan alta variabilidad e incompatibilidad. Esta última característica es la principal causante de improductividad en poblaciones con un manejo tradicional. Pero la experiencia de Ecuador ha demostrado que cuando el nivel tecnológico se eleva, la productividad de los huertos puede duplicarse y hasta triplicarse. Entre las estrategias de mejoramiento tecnológico se destacan el uso de clones mejorados de cacao, de riego, podas sanitarias y abonamiento suficiente, acorde con la demanda del cultivar (Amores, 2008).

Los excesivos contenidos foliares de calcio, en el cacao, puede ser la causa de varios trastornos que afectan dicho cultivo, ya que se presenta un desbalance entre su concentración y la de potasio, boro y magnesio, en la planta debe haber un equilibrio entre ellos (Leiva, 2012).

En Brasil, en suelos rojos lateríticos, lo primordial es el encalamiento, para proveer Ca, y posteriormente la fertilización tiene como principal criterio, la disponibilidad de fósforo y potasio para dosificar la fertilización, de tal manera que siempre se aplicarán N, P y K, acorde con las tablas de formulaciones probadas en la Región de Bahía. Debido al tipo de suelos la respuesta es notoria (Chepote *et al.*, 2005).

Para Snoeck (2008) el principal método para definir los correctivos y las aplicaciones al cacaotero, es la interpretación del análisis de suelo, en otras etapas del cultivo, como fructificación, es posible afinar el diagnóstico con análisis foliar. Con base en estudios de suelo y fertilización definió los criterios de diagnóstico: %N, la relación: N/P_2O_5 , Total bases Intercambiables/N, contenido de bases, que permiten el desarrollo y la producción del cacao, en el evento que además del suelo el clima no sea favorable, se debe descartar estas zonas para producción. Los estudios que este investigador y su grupo han realizado, en distintos tipos de suelos, han mostrado que el cacao es un árbol con amplia adaptación y que su rendimiento o producción no es significativamente distinta cuando dispone de mayor nivel de nutrientes en el suelo. Contrariamente en Ecuador, se conoce que para la mantener la productividad, mayor de 2 ton/ha, se debe adicionar fertilizante, 1 ton/ha.

Los resultados de los estudios, en suelos sin problemas severos de pH, déficit de bases, han sido inconsistentes, la respuesta a la nutrición es distinta debido a la alta variabilidad genética del material empleado, híbridos, por el sombrío bajo el cual se establecen las plantaciones, condiciones que impiden la definición de un esquema preciso de aplicación de nutrientes. Por lo anterior la aplicación de nutrientes al cultivo se estima de manera empírica, y cuando se encuentra respuesta e incremento en la producción se mantiene las dosis. Es de tener en cuenta que este factor no es el principal limitante, por ello se ha relegado su exploración y estudio. Últimamente con la selección de clones productivos, aunque se viene manejando el mismo sistema bajo sombrío, se ha retomado el aspecto nutricional como determinante para el rendimiento, aun así, en clones es poco lo que se conoce respecto a demanda nutricional, excepto algunos trabajos realizados en Ecuador, pero se pretende avanzar en estos para lograr la estabilidad de la producción. Se puede concluir que las demandas nutricionales son diferentes dependiendo del material genético, se espera que la plantación con clones auto e intercompatibles, tenga mayor extracción de nutrientes y responda a la aplicación de fertilizantes (Leiva, 2012).

2.1.4. Análisis foliares en cacao

El análisis foliar se considera actualmente como una referencia indispensable para determinar el estado nutricional de las plantas, como los estados carenciales de elementos. Esto se debe a que los análisis foliares dan una indicación precisa de la absorción de los diferentes elementos por la planta, ya que las hojas son muy sensibles a los cambios de composición del medio nutritivo. La correcta utilización de esta práctica, requiere efectuar adecuadamente la toma de muestra de hojas, de modo que sea representativa del estado nutricional de la planta, y así interpretar correctamente los análisis (Múnera, 2012).

La evaluación del estado nutricional de un cultivo se realiza comparando los resultados obtenidos en una muestra foliar con otra denominada patrón de referencia; esta última es el producto de los resultados de investigación relacionados con el rendimiento (Rodríguez & Rodríguez, 2000); sin embargo, para realizar un buen diagnóstico, no basta con tomar muestras foliares, analizarlas e interpretar sus resultados con valores de referencia, su utilidad dependerá del análisis que los investigadores realicen acerca del porqué se presentan esos resultados. La interpretación de los resultados de los análisis foliares permite identificar

el nivel nutricional de las plantas. Una planta se considera normal cuando sus tejidos contienen los elementos en cantidades y proporciones adecuadas, es capaz de dar altas producciones y exhibir un buen aspecto visual (Malavolta, Vitti, & De Oliveira, 1997; Puentes, Menjivar, & Aranzazu, 2016).

El análisis foliar es el más recomendado para detectar posibles deficiencias de elementos menores, ya que sobre la base de esta interpretación se recomendarán los niveles de fertilización requeridos (Paredes, 2003).

Cuando se identifican deficiencias nutricionales, se recurre a la fertilización como una práctica que busca entre otras cosas corregir esas limitantes, lograr un buen desarrollo y rendimiento de los cultivos; sin embargo, es claro que la respuesta de las plantas depende de las condiciones edáficas, del medio que las rodea y del material vegetal (Puentes *et al.*, 2014).

Una de las formas de realizar un monitoreo o evaluación del estado nutricional en cultivos perennes como cacao, es mediante los análisis foliares, ya que se considera que la hoja es el órgano de la planta que refleja mejor el estado nutricional (Malavolta, Vitti, & De Oliveira, 1997). Estos análisis realizados de forma oportuna e interpretados adecuadamente, son una herramienta apropiada para corregir limitantes nutricionales del cultivo, y para determinar la concentración óptima de los nutrientes en una determinada época del ciclo del cultivo, que asegure los mejores rendimientos (Puentes, Menjivar, & Aranzazu, 2016).

El contenido de nutrientes de las hojas depende de diversos factores tales como: la edad, tipo y posición de la hoja en la planta a analizar que se muestrea, tipo genético de la planta, disponibilidad de nutrientes del suelo, la producción, el estado fitosanitario de la planta etc. En el diagnóstico nutricional deben tenerse en cuenta las posibles interferencias ocasionadas por el estado productivo de la planta. Cabe recordar que cada especie es fisiológicamente diferente y por lo tanto la selección del tejido indicador y del mejor momento de muestreo es también diferente; además, la acumulación de nutrimentos y la distribución de ellos dentro de la planta varía. Los datos de análisis se deben utilizar solamente como una guía en la interpretación de los resultados, teniendo en cuenta que los contenidos de nutrimentos pueden variar según la variedad, su tasa de crecimiento y por la presencia o ausencia de otro elemento (Múnera, 2012).

La fertilización foliar puede contribuir en la calidad y en el incremento de los rendimientos de las cosechas, y que muchos problemas de fertilización al suelo se pueden resolver fácilmente mediante la fertilización foliar. Se reconoce, que la absorción de los nutrimentos a través de las hojas no es la forma normal. La hoja tiene una función específica de ser la fábrica de los carbohidratos, pero por sus características anatómicas presenta condiciones ventajosas para una incorporación inmediata de los nutrimentos a los fotosintatos y la translocación de éstos a los lugares de la planta de mayor demanda (Trinidad & Aguilar, 1999).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la investigación

El estudio se llevó a cabo en la finca “La Elvira” en la periferia de la cabecera cantonal de Las Naves. La altura del sitio experimental es 110 msnm con las siguientes coordenadas: 1° 16’ 48.8’’ latitud Sur y 69° 18’ 31.62’’ longitud Oeste. La temperatura media anual es: 23 – 25°C. La precipitación media anual es: 1600 – 2500 mm. La heliofanía media anual es: 1103,3 horas luminosidad efectiva. La humedad relativa media anual es 87,1 % (GAD Las Naves, 2016). El sitio experimental es un terreno con cacao clonal de alta productividad sembrada con la variedad clonal INIAP 800 de alta productividad. La huerta donde se realizó el estudio se había sembrado en Febrero del 2012 con un distanciamiento de 3 x 3 m para una densidad de 1111 plantas/ha. Toda la huerta, incluyendo el sitio experimental, se benefició de las mismas prácticas culturales (abonamiento, podas, control de malas hierbas, etc.) aplicadas con igual intensidad durante el periodo de estudio (Diciembre 2016-Junio 2017).

3.2. Tipo de investigación

Investigación de tipo experimental para evaluar la nutrición foliar, crecimiento y rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L), establecido en dos suelos con diferencias en su calidad agrícola

3.3. Métodos de investigación

Se utilizó el método inductivo para la delimitación de las variables evaluadas, mientras que se aplicó el método deductivo para identificar los efectos específicos de cada tipo de calidad de suelo en las variables agronómicas evaluadas, y en el contenido foliar. Además de hizo uso del método comparativo para la comparación de los parámetros de nutrición foliar, crecimiento y rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L), en ambos lotes en estudio.

3.4. Fuentes de información

Observación directa del comportamiento de variables seleccionadas en función de la calidad del suelo. Además, se usaron fuentes secundarias (textos, revistas científicas, documentos y

otros) con el fin de obtener información contextual y puntual sobre los cambios en la nutrición foliar, crecimiento y rendimiento del cacao en función de la calidad del suelo.

3.5. Tratamientos y análisis estadístico

Se estudiaron dos poblaciones de cacao con respecto a la calidad del suelo donde se encuentran establecidas. A partir de esta premisa se evaluaron las respuestas vegetativa, nutritiva y productiva del cultivo frente a los cambios en las características del suelo. Las poblaciones estudiadas y el suelo donde están asentadas dichas poblaciones de plantas recibieron la denominación de Lote A y Lote B respectivamente. El cacao se sembró en Febrero del 2012 a un distanciamiento de 3 x 3 m que representa una densidad de 1111 plantas/ha. Cada población está conformada por 49 árboles que comenzaron a producir poco después de los 2 años de edad. Cabe indicar que el Lote A se encuentra establecido en un terreno con una pendiente del 7%. La pendiente del Lote B es menos inclinada.

Se asumió como hipótesis que la calidad del suelo en que está asentada cada población es distinta. El análisis previo de los datos históricos de rendimiento de peso fresco de la huerta donde se establecieron las parcelas, conjuntamente con la apariencia de las plantas llevó al establecimiento de esta hipótesis. Su comprobación fue el objetivo central del estudio. Con este fin se evaluó el comportamiento de variables asociadas al suelo, nutrición foliar, crecimiento y rendimiento de peso fresco del cacao. Se obtuvieron muestras de suelo y foliar en cada población representada por los Lotes A y B. En las muestras de suelo se condujo el análisis de fertilidad y textura. En las muestras foliares se condujeron determinaciones del contenido nutritivo. La comparación de ambas poblaciones se realizó separando las medias muestrales mediante la prueba $DMS_{0.05}$ basadas en la distribución probabilística de “t”.

Se realizaron correlaciones entre variables asociadas a la calidad del suelo y variables asociadas a la concentración nutritiva de las hojas con el rendimiento acumulado de peso de cacao fresco por planta. Se identificaron las correlaciones con significancia estadística para construir respectivas regresiones. El propósito de la construcción de las regresiones fue para explorar si una o varias mostraban promesa como modelos de predicción del rendimiento.

3.5.1. Manejo del experimento

El manejo de ambas poblaciones de árboles de cacao en los Lotes A y B fue similar. Se condujeron bajo condiciones de secano (sin riego). Cada planta recibe anualmente 700 gramos de fertilizante como una mezcla de urea y fertilizante completo. La mayor proporción de la mezcla corresponde a la urea. Previo al inicio del estudio los arboles habían recibido una poda de descope-formación a mediados del 2016. Cuando hubo necesidad el control de malezas este se hizo manualmente.

3.5.1. Variables registradas

3.5.1.1. Análisis de suelo

Cada Lote se dividió en 4 partes iguales. De cada cuadrante se tomó una muestra compuesta de suelo. Cada muestra se conformó a su vez con al menos 6 sub muestras que se mezclaron en un balde para obtener una muestra por cuadrante. Se obtuvo una muestra adicional para cada Lote siguiendo una línea de recorrido en zig-zag conformada con al menos 12 sub muestras. En total se completaron 5 muestras compuestas para el Lote A y 5 muestras compuestas para el Lote B. Luego de su identificación las muestras se llevaron al Laboratorio del Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP-Quevedo para el análisis de fertilidad y textura. El muestreo se realizó la última semana de Marzo 2017. Al momento de comparar las poblaciones de los Lotes A y B, el tamaño muestral de cada variable-resultado del análisis químico fue de $n = 5$. Por esta razón para la comparación de ambas poblaciones a través de sus muestras se aplicó la Prueba DMS_{0.05} basada en la Distribución de “t”.

3.5.1.2. Análisis foliar

Las muestras foliares se recolectaron a mediados de Abril 2017. Se seleccionaron aleatoriamente 5 árboles con este propósito en cada Lote. Sin tomar en cuenta los dos primeros árboles de la primera hilera de cada Lote se seleccionaron para el muestreo los arboles # 3, 13, 23, 33, 43. Como ya quedó señalado cada Población estudiada tiene 49 árboles. Similar procedimiento se aplicó en los Lotes A y B. Cuando en un sitio donde debía

estar una planta designada para muestrearse estaba vacío, o existía una planta anormal por su crecimiento reducido, o sencillamente la planta adolecía de una condición raquítica (posiblemente porque era una resiembra tardía) se tomó la muestra del árbol contiguo. La muestra de cada árbol seleccionado estuvo conformada por 20 hojas tomadas de los 4 puntos cardinales del tercio superior de la copa. Con este fin cada vez se desprendía la tercera o cuarta hoja de un brote terminal maduro. Las 20 hojas por árbol procedieron de un total de 20 brotes terminales con al menos dos meses de edad. Por tanto, de cada población se obtuvieron 5 muestras compuestas de 20 hojas que correspondieron a igual número de árboles. Debidamente etiquetadas las muestras se enviaron al Laboratorio del INIAP-Quevedo para las determinaciones nutritivas. Al momento de comparar las poblaciones de los Lotes A y B, el tamaño muestral de cada variable-resultado del análisis nutritivo foliar fue de $n = 5$. Por esta razón para la comparación de las Poblaciones en estudio mediante sus respectivas muestras se aplicó la Prueba DMS_{0.05} basada en la Distribución de “t”.

3.5.1.3. Longitud de la circunferencia de una rama principal y secundaria

En Enero 2017 se marcó con pintura una sección de una rama principal y una rama secundaria en cada uno de 8 árboles seleccionados dentro de las Poblaciones en los Lotes A y B. Inmediatamente se hizo una medición de la longitud de la circunferencia en la sección marcada. Seis meses más tarde, en el mes de Junio, se realizó otra medición en las mismas ramas y en las mismas secciones marcadas en Enero. Las poblaciones estudiadas se compararon a través de las medias de longitud de la circunferencia provenientes de una muestra de tamaño $n = 8$ para cada Población. Con este fin utilizó la prueba de la DMS_{0.05} basada en la distribución probabilística de “t”.

3.5.1.4. Crecimiento semestral de la longitud de la circunferencia de una rama principal y secundaria.

Se calculó restando la lectura final realizada en Junio de la lectura inicial realizada en Enero para obtener una diferencia. El valor de esta diferencia se dividió para 6 para calcular la tasa de crecimiento semestral de la longitud de la circunferencia, tanto de la rama principal como de la rama secundaria, seleccionadas para esta evaluación.

3.5.1.5. Rendimiento de peso de cacao fresco acumulado por árbol

Se realizó la cosecha de toda la población de árboles en los Lotes A y B durante el periodo de estudio. La cosecha se realizó y registró por cada árbol. Puesto que se tuvo acceso al registro histórico de la cosecha de los árboles de cada población (debido a que se había realizado un experimento previo de comparación de clones) desde que comenzaron a producir, es decir en los primeros meses del 2014 (se sembraron en Enero. del 2012), toda la cosecha se acumuló para obtener la variable rendimiento de cacao fresco acumulado por planta. Para comparar el rendimiento de las poblaciones estudiadas se usaron las cifras de rendimiento acumulado de una muestra de $n = 8$ árboles. En el grupo estuvieron incluidos los 5 árboles de los que se habían obtenido previamente las muestras foliares para el análisis nutritivo. Los 3 árboles restantes se seleccionaron aleatoriamente del grupo de 49 árboles en cada población. Sin embargo, dado que el tamaño de las muestras de suelos y foliares correspondientes a las Poblaciones en los Lotes A y B es $n = 5$, para correr las correlaciones y regresiones planificadas en el estudio, se utilizó el rendimiento de cacao fresco acumulado solo de cada uno de los 5 árboles usados para el muestreo foliar en cada Lote. Sin embargo, es importante señalar en este punto que la media de estos 5 árboles estimó bastante bien la media poblacional.

3.6. Recursos humanos y materiales

Al menos 8 semanas completas de trabajo del estudiante tesista. La tutoría del Director de Tesis completó al menos 3 semanas de trabajo, incluyendo 2 días (en diferentes fechas) de visita al sitio experimental, 0.5 día de entrenamiento previo del estudiante en una huerta clonal comercial sobre la metodología para muestrear suelos, hojas y el permanente asesoramiento en la medición de variables seleccionadas, organización, análisis estadístico, interpretación, redacción y otras. La contribución de la tutoría en la redacción del documento final de tesis fue significativa.

El sitio experimental donde se establecieron las parcelas para la realización de la fase de campo del presente estudio fue proporcionado por el Sr. Omar Tarqui propietario de la finca cacaotera donde se condujo la investigación. Se asigna al uso de la tierra en el área cubierta por el experimento un valor de \$ 50.00 por 6 meses (a manera de arrendamiento). Se

utilizaron al menos 80 horas de tiempo de computación con un costo de \$ 80.00 para construir la base de datos, realizar análisis estadísticos, redactar los capítulos del Proyecto de Investigación, etc. Se invirtieron \$ 560.00 para el pago de servicios de análisis de suelos y foliar (por parte de estudiante tesista). Teniendo en cuenta el sueldo básico los dos meses que le tomó al estudiante completar su trabajo de campo y oficina hasta culminar con la redacción de su Proyecto de Investigación estima un costo de \$ 750.00. Las tres semanas de trabajo invertidas por el profesor Tutor de investigación tienen un costo de \$ 2400.00. Otros gastos (transporte, alimentación, materiales menores, gestión de información de distintas fuentes, papelería, comunicaciones, etc.) ascienden a \$ 200.00. Por tanto, el costo total aproximado de la investigación ascendió a \$ 3600.00.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis de suelo

Los resultados del análisis de suelos se presentan en la Tabla 1. Los Lotes A y B se diferencian significativamente para el pH y contenido de NH_4 . A pesar de la ausencia de diferencias estadísticamente significativas hay indicadores con valores claramente inferiores en el Lote B sugiriendo que este Lote es de menor calidad. La menor concentración de M.O y el bajo contenido de P confirman esta situación.

El contenido de P en el Lote B, igual a 9.8 ppm, es insuficiente y se encuentra a gran distancia del contenido en el Lote A. La diferencia se ubica cerca del nivel de significación estadística. Se esperaría que con un muestreo más intensivo del suelo se revelen diferencias significativas no solo para estos indicadores, sino también para otros como los contenidos de bases (Ca, K y Mg) y micronutrientes. Cabe señalar que los índices de suficiencia para estos elementos están en la categoría de alto.

Las relaciones Ca/Mg, Mg/K y $\text{Ca} + \text{Mg} / \text{K}$ muestran valores que en general se enmarcan en los rangos considerados como aptos. El análisis textural en la Tabla 2 muestra que el Lote B difiere en el contenido de arcilla con respecto al Lote A.

Tabla 1. Resultados de los análisis de suelo realizados en un lote con alta calidad nutricional (A) y otro de baja calidad nutricional (B) sembrados con cacao INIAP 800 en la zona de pie de monte, cantón Las Naves.

Lotes	M.O.	pH	NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K
Lote A	3,74 a	6,18 a	20,80 a	18,60 a	1,37 a	17,60 a	3,58 a	6,00 a	12,14 a	7,12 a	90,20 a	9,34 a	0,49 a	4,90 a	2,65 a	15,70 a
Lote B	3,28 a	5,66 b	8,60 b	9,80 a	1,22 a	15,00 a	3,34 a	5,00 a	11,68 a	9,88 a	103,00 a	12,72 a	0,42 a	4,46 a	2,75 a	15,09 a
DMS_{0.05}	0,63	0,47	12,14	10,05	0,28	2,69	0,63	1,92	2,19	3,75	20,24	3,69	0,12	0,52	0,37	1,97

Tabla 2. Características texturales de ambos Lotes

Lotes	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
Lote A	41,40	40,20	18,40	Franco
Lote B	27,00	43,40	29,60	Franco arcilloso
DMS_{0.05}				

4.1.2. Análisis foliar

Los resultados del análisis foliar se presentan en la Tabla 3. Las plantas en el Lote A muestran contenidos significativamente más altos para el N, P, K, Ca, Mg y S. Por el contrario, los contenidos de Fe, Mn y B foliar son significativamente superiores en las plantas del Lote B. Los valores foliares en el Lote A se hallan en general dentro del rango considerado de suficiencia para los nutrientes señalados. En el Lote B los contenidos de Fe, Mn y B se enmarcan en la categoría de excesivo.

4.1.3. Crecimiento y producción

Los resultados del crecimiento de la longitud de la circunferencia de las ramas principales y secundarias, número de hojas y peso fresco acumulado por árbol se presentan en la Tabla 4. Las diferencias entre los Lotes A y B para cualquiera de las variables registradas son estadísticamente significativas a favor del Lote A. En el periodo de estudio (6 meses) la tasa de crecimiento de la longitud de la circunferencia de las ramas, principales o secundarias, prácticamente se duplicó en las plantas del Lote A. El número de hojas por árbol en el Lote A superó con el 17.3% al Lote B. El peso de cacao fresco acumulado por planta en los últimos 3.5 años casi triplicó el rendimiento en el Lote B.

4.1.4. Correlaciones y regresiones

La tabla 5 contiene los coeficientes de correlación y probabilidades de significación para las correlaciones entre los resultados análisis de suelos con el rendimiento acumulado de cacao fresco por árbol. La tabla 6 contiene las correlaciones entre los resultados del análisis foliar con el rendimiento acumulado de cacao fresco. Con base a estas Tablas se calcularon las respectivas regresiones solo para aquellas correlaciones dotadas de coeficientes estadísticamente significativos.

Tabla 3. Resultados de los análisis foliares en dos plantaciones de cacao INIAP 800 establecidas en un lote con alta calidad nutricional (A) y otro de baja calidad nutricional (B) en la zona de pie de monte, cantón Las Naves.

Lotes	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
Lote A	2,02 a	0,19 a	1,76 a	1,68 a	0,48 a	0,24 a	47,00 a	7,60 a	71,00 b	104,00 b	50,60 b
Lote B	1,40 b	0,13 b	1,29 b	1,68 a	0,41 b	0,13 b	54,60 a	6,80 a	91,80 a	239,20 a	83,20 a
DMS _{0.05}	0,27	0,06	0,19	0,37	0,07	0,03	10,30	1,36	18,17	32,35	21,94

Tabla 4. Resultados del crecimiento y producción de dos plantaciones de cacao INIAP 800 establecidas en un lote con alta calidad nutricional (A) y otro de baja calidad nutricional (B) en la zona de pie de monte, cantón Las Naves.

Lotes	Grosor de la rama principal (cm)			Grosor de la rama secundaria (cm)			Número de hojas/planta	Peso acumulado cacao fresco, g/árbol
	Inicial	Final	Tasa de crecimiento	Inicial	Final	Tasa de crecimiento		
Lote A	24.81 a	25.32 a	0.51 a	5.10 a	6.00 a	0.90 a	2257.5 a	13056.00 a
Lote B	17.91 b	18.18 b	0.27 b	3.50 b	4.00 b	0.50 b	1923.5 b	4736.00 b
DMS _{0.05}	2.68	2.77	0.09	0.70	0.62	0.16	100.95	8896.00

Tabla 5. Coeficiente de correlación entre parámetros de fertilidad del suelo y el rendimiento de cacao fresco por árbol

Parámetros	pH	NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	M.O.	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg+K	ΣBases	Rendimiento
pH	1	0,37	0,43	0,12	0,01	0,15	0,5	0,89	0,0043	0,0049	0,03	0,65	0,05	0,11	0,49	0,61	0,02	0,17
NH₄	0,32	1	0,03	0,88	0,26	0,96	0,92	0,42	0,41	0,66	0,28	0,83	0,67	0,03	0,9	0,12	0,39	0,16
P	0,28	0,68*	1	0,22	0,03	0,14	0,49	0,05	0,09	0,98	0,01	0,44	0,11	0,27	0,95	0,4	0,04	0,01
K	0,53	0,05	0,43	1	0,0028	0,01	0,81	0,1	0,04	0,45	0,02	0,45	0,01	0,62	0,06	0,12	0,00081	0,12
Ca	0,78*	0,39	0,67*	0,83**	1	0,01	0,5	0,15	0,0005	0,16	0,0003	0,66	0,0044	0,18	0,33	0,94	1,5E-07	0,03
Mg	0,49	-0,02	0,5	0,79*	0,80*	1	0,13	0,31	0,0029	0,54	0,02	0,6	0,01	0,64	0,96	0,68	0,0011	0,16
S	0,24	-0,04	0,25	0,09	0,24	0,52	1	0,98	0,24	0,87	0,62	0,18	0,24	0,31	0,09	0,4	0,41	0,15
Zn	0,05	0,29	0,62	0,55	0,49	0,36	-0,01	1	0,44	0,23	0,26	0,16	0,1	0,35	0,21	0,52	0,11	0,12
Cu	“-0,81**	-0,29	-0,56	“-0,66*	-0,89**	-0,83**	-0,41	-0,27	1	0,11	0,01	0,75	0,03	0,49	0,93	0,61	0,00074	0,13
Fe	“-0,81**	-0,16	-0,01	-0,27	-0,48	-0,22	0,06	0,42	0,53	1	0,12	0,49	0,45	0,24	0,61	0,63	0,28	0,73
Mn	“-0,67*	-0,38	“-0,74*	“-0,72*	-0,91**	“-0,71*	-0,18	-0,39	0,76*	0,53	1	0,70	0,01	0,23	0,46	0,8	0,00087	0,03
B	0,17	0,08	0,28	0,27	0,16	0,19	0,46	0,48	-0,11	0,25	-0,14	1	0,07	0,99	0,67	0,51	0,6	0,13
M.O.	0,64	0,15	0,54	0,79*	0,81**	0,76*	0,41	0,55	“-0,69*	-0,27	“-0,80*	0,6	1	0,59	0,4	0,63	0,0032	0,04
Ca/Mg	0,53	0,69*	0,39	0,18	0,46	-0,17	-0,36	0,33	-0,25	-0,41	-0,42	-0,01	0,2	1	0,14	0,42	0,35	0,21
Mg/K	-0,25	-0,04	-0,03	-0,62	-0,34	-0,02	0,56	-0,44	0,03	0,19	0,26	-0,16	-0,3	-0,51	1	0,03	0,36	0,57
Ca+Mg+K	0,18	0,52	0,3	-0,52	0,03	-0,15	0,3	-0,23	-0,18	-0,18	-0,09	-0,23	-0,18	0,29	0,68*	1	0,87	0,71
ΣBases	0,70*	0,31	0,66*	0,88**	0,99**	0,87**	0,3	0,54	-0,88**	-0,38	-0,88**	0,19	0,83**	0,33	-0,32	-0,06	1	0,03
Rendimiento	0,47	0,48	0,76*	0,52	0,69*	0,48	0,49	0,52	-0,51	-0,13	“-0,69*	0,51	0,66*	0,43	-0,21	0,14	0,68*	1

*: Significancia estadística en el nivel 0.05; **: Significancia estadística en el nivel 0.01

Tabla 6. Coeficientes de correlación de contenidos foliares nutritivos entre sí y con el rendimiento de cacao fresco por árbol.

Parámetros	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Rendimiento
N	1	0,05	0,01	0,82	0,1	0,01	0,21	0,27	0,01	0,0013	0,01	0,00074
P	0,63	1	0,00099	0,76	0,65	0,01	0,82	0,1	0,00077	0,01	0,23	0,01
K	0,79	0,87	1	0,65	0,1	0,00037	0,57	0,03	0,0031	0,00026	0,11	0,01
Ca	0,8	0,11	-0,16	1	0,07	0,83	0,41	0,06	0,69	0,83	0,2	0,52
Mg	-0,56	-0,16	-0,55	0,59	1	0,17	0,08	0,24	0,28	0,13	0,31	0,2
S	0,8	0,76	0,9	0,08	-0,47	1	0,89	0,13	0,02	0,0028	0,04	0,0016
Zn	-0,43	-0,08	-0,21	0,29	0,58	0,05	1	0,92	0,24	0,29	0,45	0,59
Cu	0,39	0,55	0,68	-0,61	-0,41	0,51	-0,04	1	0,4	0,33	0,56	0,4
Fe	-0,75	-0,88	-0,83	-0,14	0,38	-0,72	0,41	-0,3	1	0,00045	0,04	0,01
Mn	-0,86	-0,79	-0,91	-0,08	0,52	-0,83	0,37	-0,34	0,9	1	0,0049	0,0024
B	-0,74	-0,42	-0,54	-0,44	0,36	-0,65	0,27	0,21	0,67	0,81	1	0,01
Rendimiento	0,88	0,75	0,79	0,23	-0,44	0,85	-0,2	0,3	-0,8	-0,84	-0,75	1

*: Significancia estadística en el nivel 0.05; **: Significancia estadística en el nivel 0.01

4.1.5. Regresiones del rendimiento acumulado de cacao fresco/planta sobre parámetros de la fertilidad del suelo

Los Gráficos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 muestran las regresiones del peso acumulado de cacao fresco sobre el porcentaje de materia orgánica (M.O.), disponibilidad de P, disponibilidad de K, disponibilidad de Mn, disponibilidad de Ca y la Suma de bases. La regresión es negativa para el caso del Mn puesto que el peso fresco acumulado por planta disminuye a medida que la disponibilidad de este micronutriente aumenta en la solución del suelo. La regresión del peso fresco acumulado sobre la disponibilidad de P tiene el R^2 más alto. Es decir que la variación en el contenido de P explica un gran porcentaje de la variación del rendimiento de peso fresco. El coeficiente de X es alto correspondiente a una pendiente muy aguda que refleja una alta tasa de cambio del rendimiento con cada unidad de cambio de la materia orgánica (M.O.) Igual argumento puede decirse respecto a la tasa de cambio del rendimiento de peso fresco respecto al K.

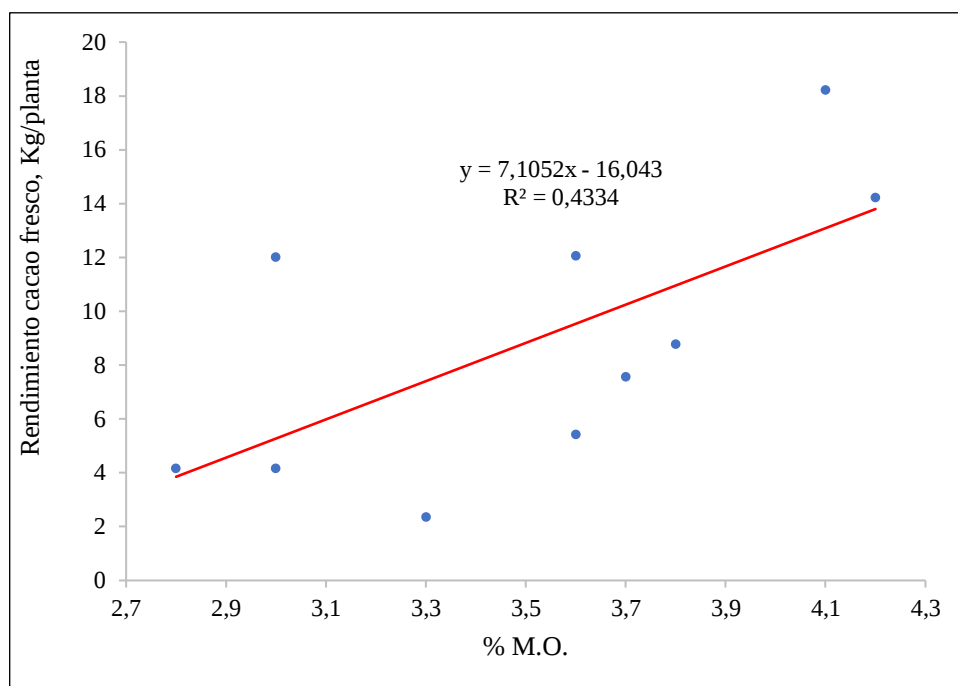


Gráfico 1. Regresión del peso de cacao fresco acumulado de cacao fresco (kg) por planta sobre el porcentaje de materia orgánica.

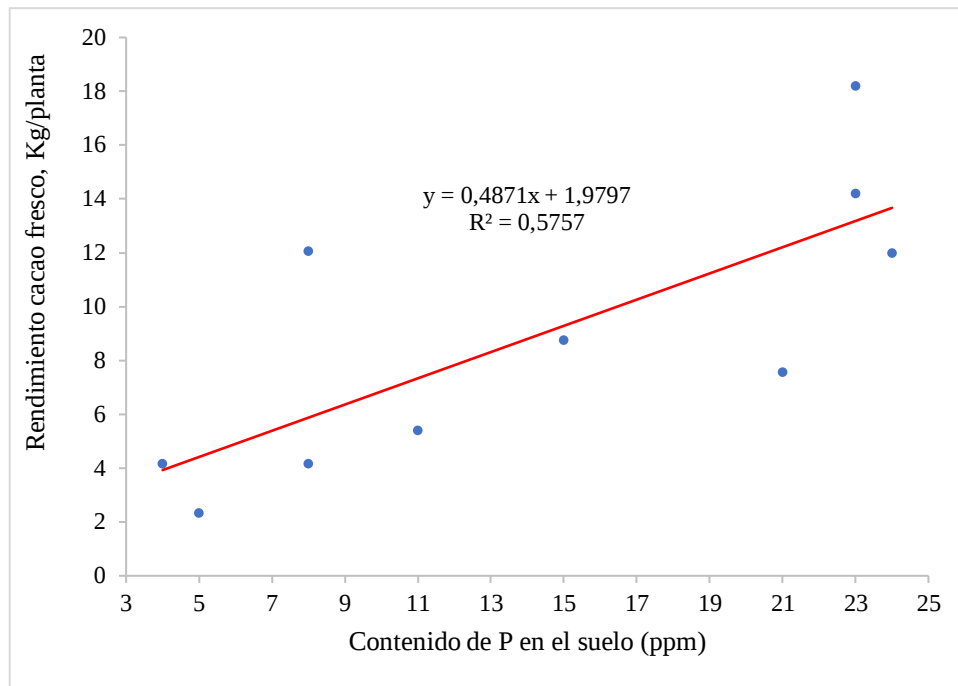


Gráfico 2. Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido de P en el suelo

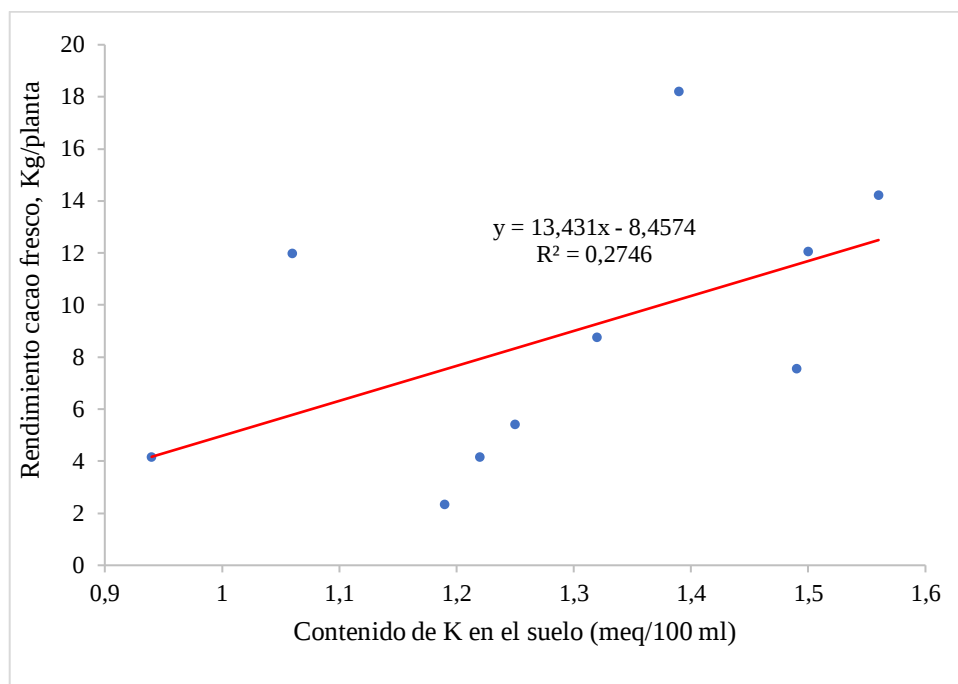


Gráfico 3. Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido de K en el suelo

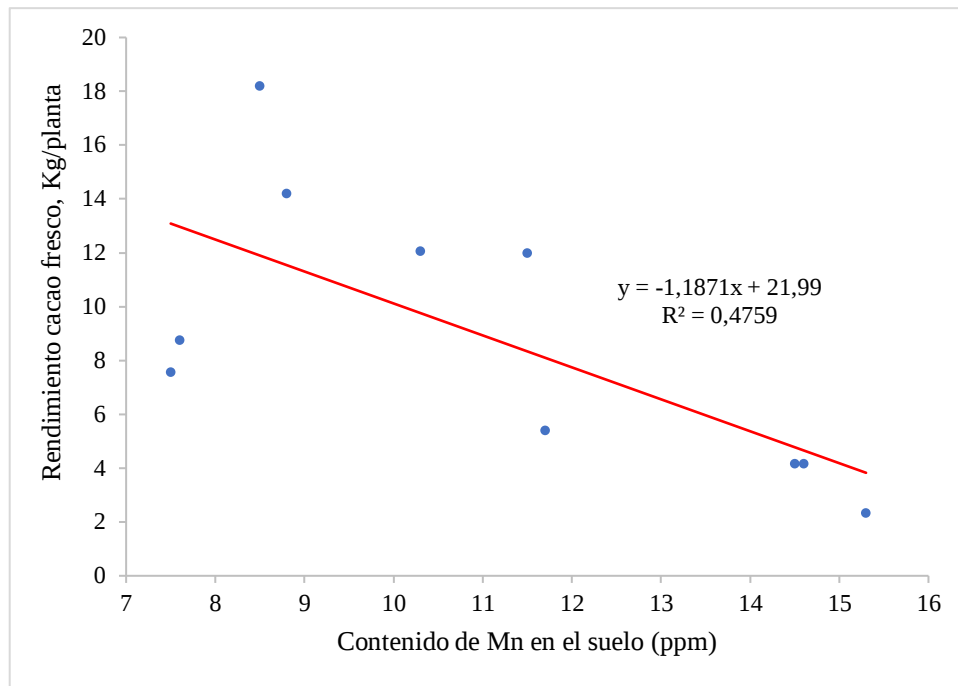


Gráfico 4. Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido de Mn en el suelo

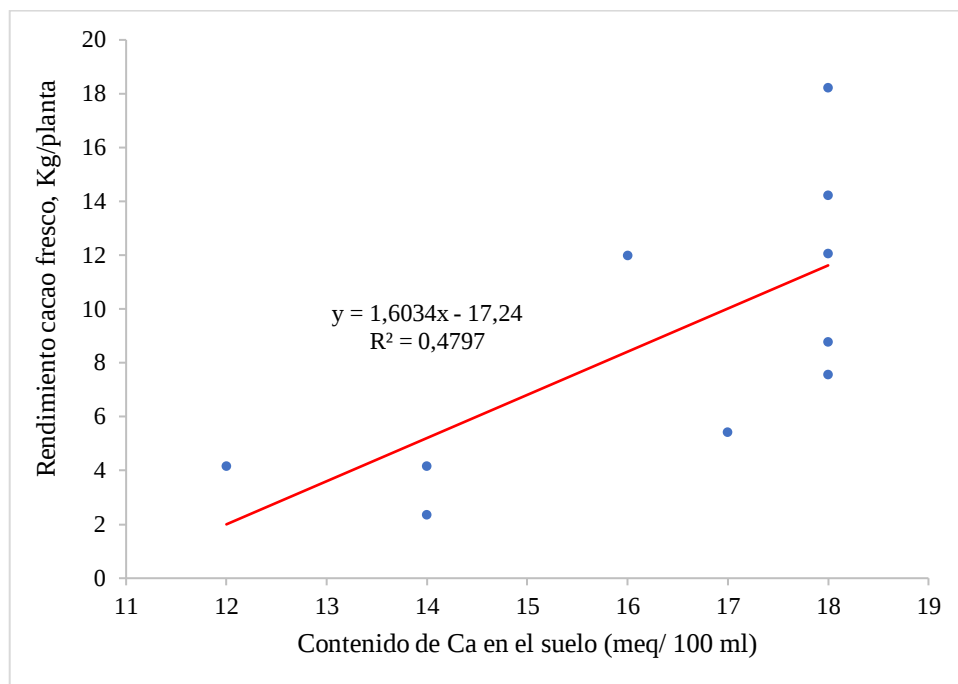


Gráfico 5. Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido de Ca en el suelo

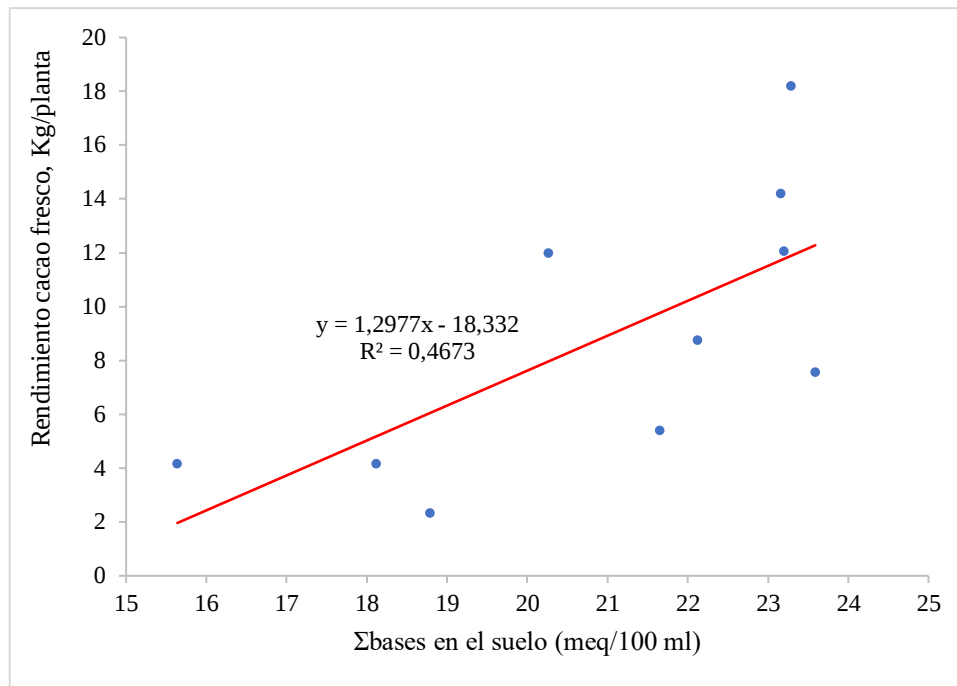


Gráfico 6. Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre la Suma de bases

4.1.6. Regresiones del rendimiento de cacao fresco acumulado/planta sobre el contenido nutritivo foliar del cacao

Las regresiones del peso de cacao fresco acumulado por planta respecto a los contenidos nutritivos foliares de N, P, K, S, Fe, Mn y B se presentan en las Figuras 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13. La regresión del rendimiento sobre los contenidos de N, S y Mn foliar presentan los mayores valores de R^2 , superiores a 0.70. Las regresiones del peso fresco con los micronutrientes son negativas. El rendimiento de cacao fresco disminuye con el aumento de la concentración de Fe, Mn y B en el tejido foliar. Aunque las tasas de esta disminución por unidad de cambio son bajas la significación estadística de la correlación respectiva confirma que un exceso foliar de este nutriente está deprimiendo en forma consistente el rendimiento de peso fresco por planta.

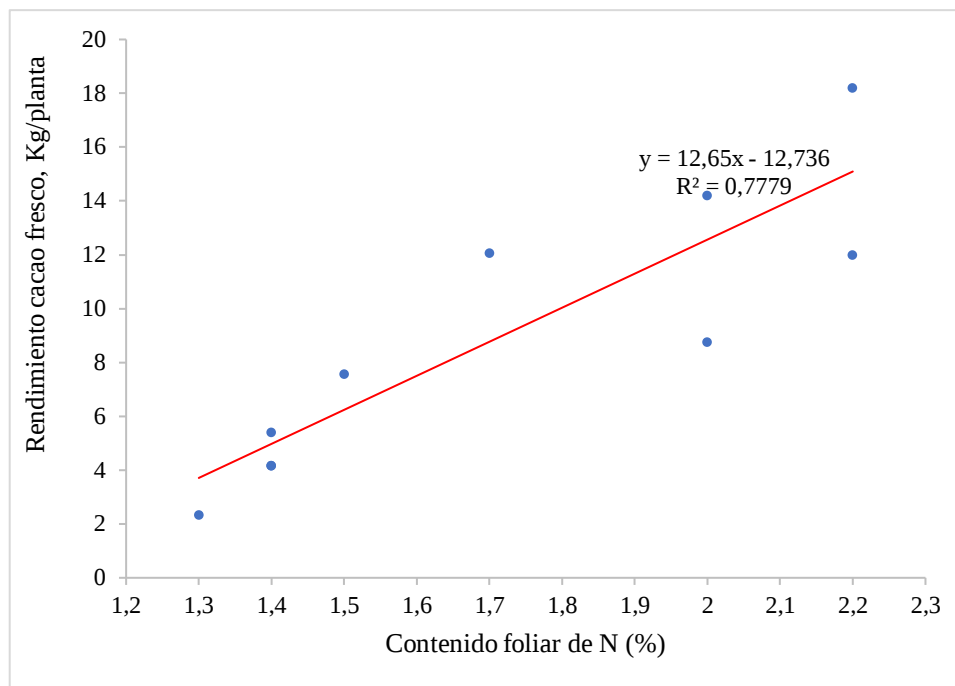


Gráfico 7. Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido foliar de N (%)

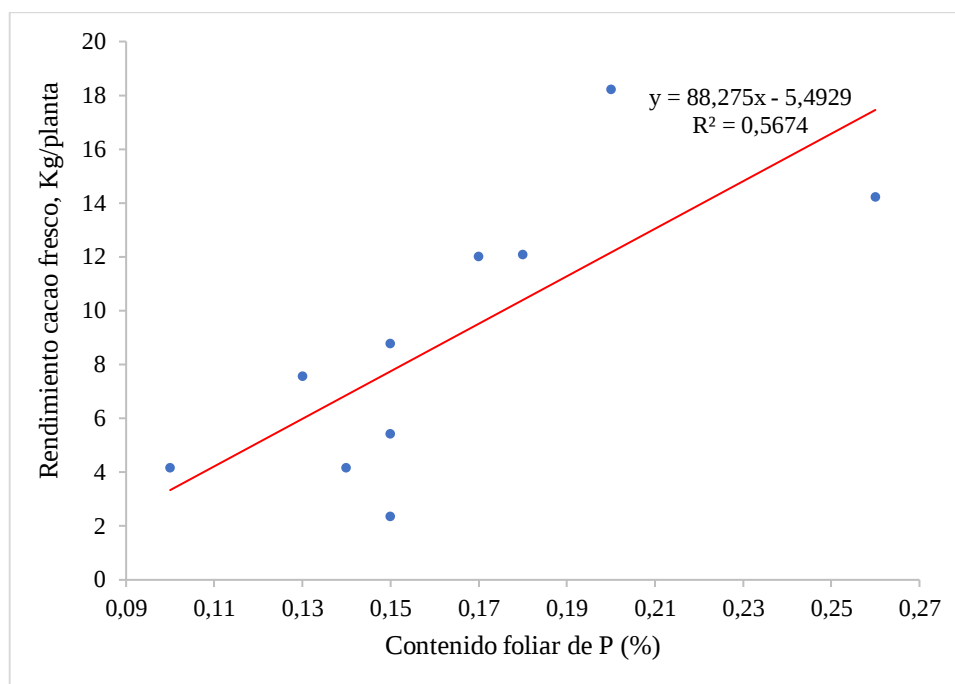


Gráfico 8. Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido foliar de P (%).

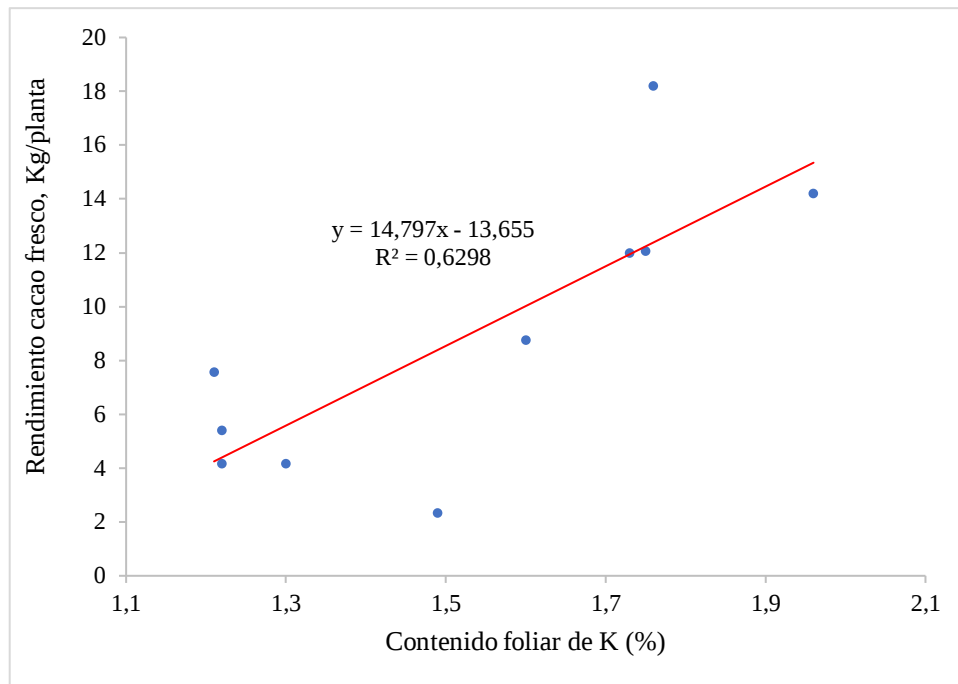


Gráfico 9. Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido foliar de K (%)

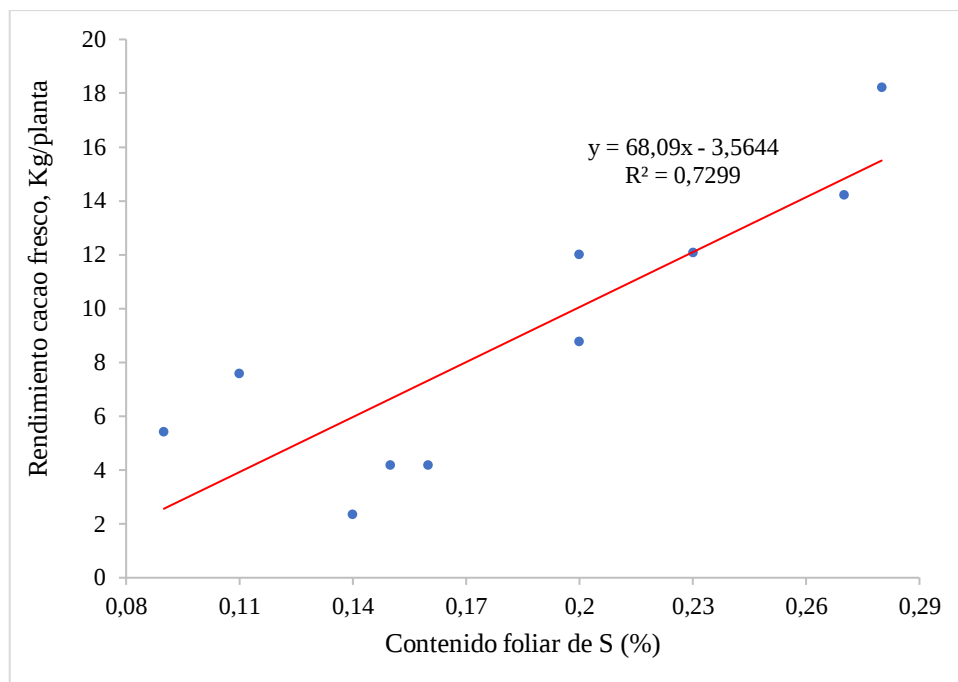


Gráfico 10. Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido foliar de S (%).

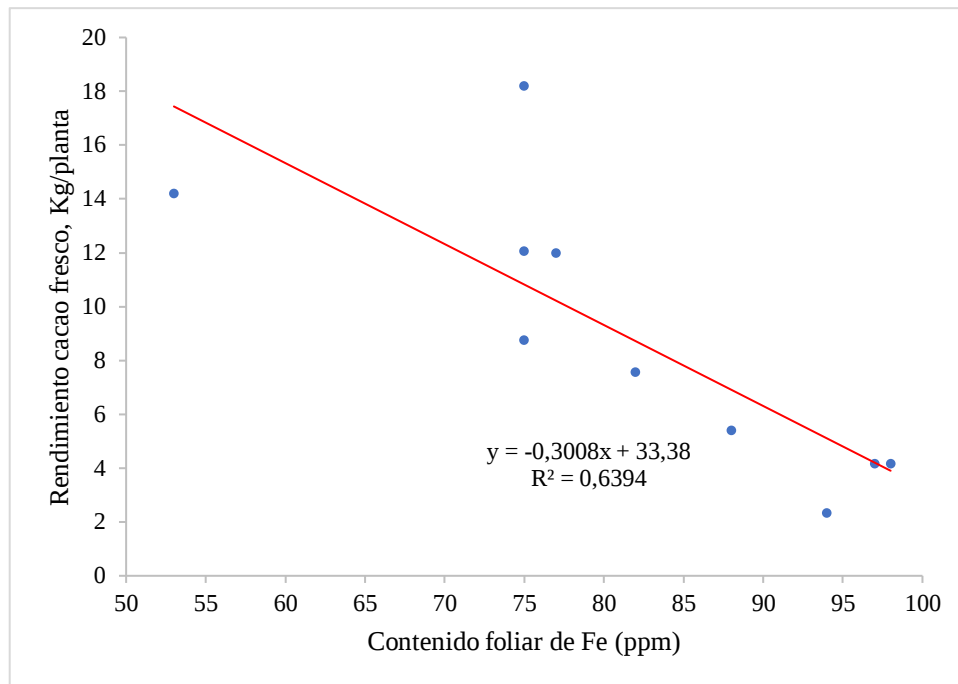


Gráfico 11. Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre contenido foliar de Fe (ppm).

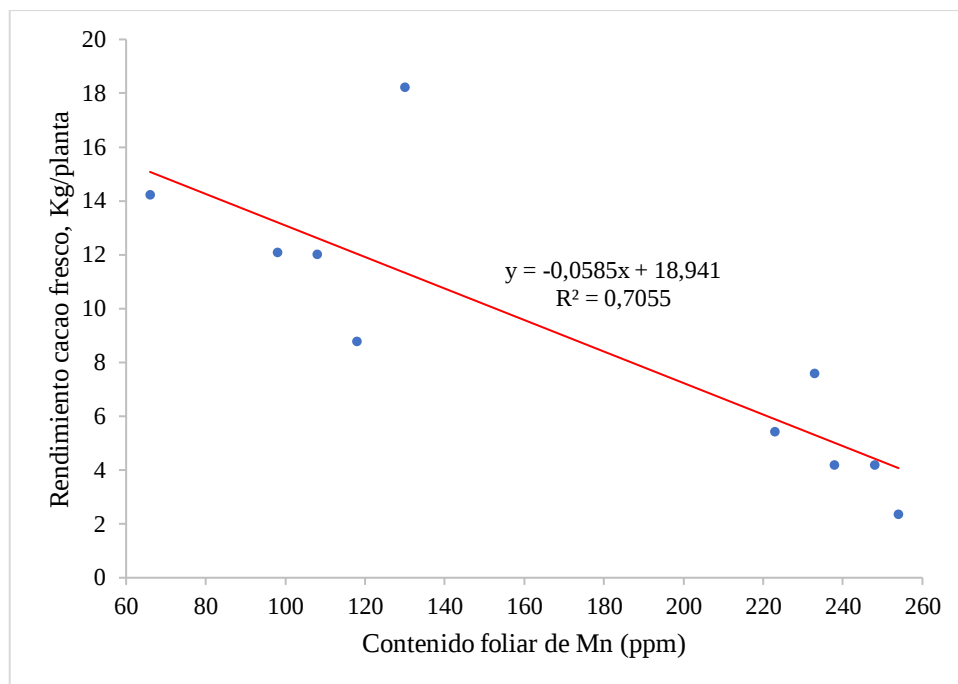


Gráfico 12. Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido foliar de Mn (ppm).

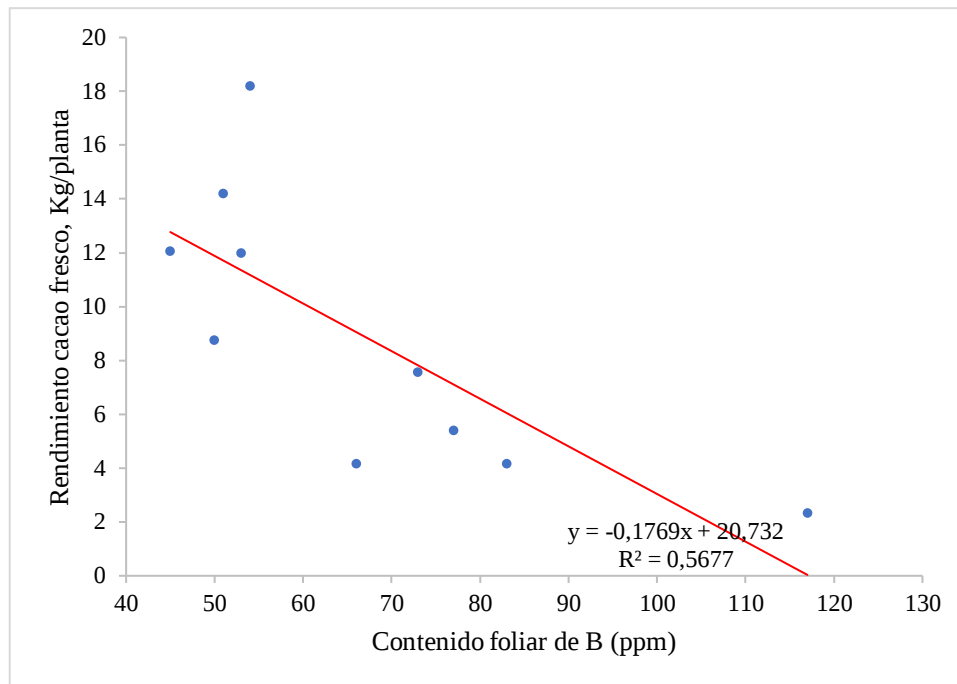


Gráfico 13. Regresión del peso de cacao fresco (kg) acumulado por planta sobre el contenido foliar de B (ppm).

4.2. Discusión

La calidad del suelo en los Lotes A y B tiene en el pH una de las principales variables diferenciadoras. La menor acidez en el Lote A (pH= 6.18) se apoya en el mayor contenido de bases del suelo (22.41 meq/100 ml). La sensibilidad del pH a los cambios en la suma de bases es ampliamente conocida (Zapata, 2004). Por otro lado, la mayor concentración de NH_4 (20.80 ppm) en el lote A parece responder al mayor contenido de materia orgánica (M.O.) en el suelo (3.74 %), aunque no es estadísticamente diferente al del Lote B. Sin embargo, es cierto que a medida que crece el contenido de materia orgánica (M.O.) se producen tasas superiores de mineralización de N (Fuentes & González, 2007). Es lo que parece haber sucedido en el presente caso y la misma explicación se aplica a la disponibilidad de S (6.00 ppm en el Lote A) que al igual que el N tiene en la materia orgánica (M.O.) su principal fuente natural (Combatt, Novoa, & Barrera, 2012). Complementariamente, el pH también parece estar controlando la tasa de mineralización de N y S, aumentando o disminuyendo la actividad microbiana que actúa sobre este proceso (Graetz, 2000; Julca *et al.*, 2006). Los contenidos más bajos de ambos nutrientes se midieron en el Lote B (8.60 y 5.00 ppm de NH_4 y S, respectivamente) que tiene el suelo con mayor acidez.

En otro ámbito, a pesar de la amplia brecha observada para el contenido de P disponible, la diferencia no alcanza significación estadística. No obstante, las cifras sugieren que la escasez de P está anclando el desarrollo y en consecuencia la productividad del cacao en el Lote B. Las bajas tasas mensuales para el crecimiento de la longitud de circunferencia de ramas principales y secundarias corresponden casi a la mitad de las tasas registradas en el Lote A, confirmándose así el retraso en el desarrollo vegetativo. Un muestreo más intensivo del suelo podría ser capaz de revelar una diferencia real para el contenido de P cuya deficiencia tiene gran influencia sobre el crecimiento, volumen de biomasa, inicio de la producción y rendimiento en la mayoría de los cultivos, incluido el cacao (Salinas *et al.*, 2007).

Tanto el número de hojas por planta (1923.50 hojas) como el rendimiento (4736.00 g/planta) se contrajeron significativamente en el Lote B. Como es usual en estos casos, el bajo contenido de P (9.80 ppm) en el suelo del Lote B es responsable de la baja concentración foliar de este nutriente (0.13 %), condición responsable de la baja tasa de crecimiento y productividad del cacao, en coincidencia con lo expresado por varios autores (Chepote *et al.*, 2005; Leiva, 2012; Múnera & Meza, 2014). La concentración de P foliar en las plantas del Lote A (0.19 %), demostrando ser estadísticamente superior a la del Lote B, respalda esta conclusión. Además, el rendimiento acumulado de cacao fresco por planta en el Lote A (13060 g/planta) casi llegó a triplicar al del Lote B, sugiriendo que la escasez de P en el sistema suelo-planta es ciertamente aguda en este último. El mayor contenido de N foliar en el Lote A (2.02 %) parece responder al mayor nivel de materia orgánica (M.O.) en el suelo con más capacidad para mineralizar N orgánico, aunque la significación estadística para esta variable estuvo ausente. A su vez, el menor contenido de K foliar en el mismo Lote B (1.29 %) parecer provenir de la limitación impuesta por la escasez de P en la extensión radicular y capacidad de absorción del cultivo, otra consecuencia del bajo contenido de P según varios autores (Gutiérrez, 2002; De Cires, 2009; Rojas, 2013). Debido a que el nivel de K disponible en el suelo de ambos lotes es alto, era de esperarse que tal condición se vea reflejada en su concentración foliar, asumiendo la ausencia de otras limitaciones nutritivas. Sin embargo, no fue lo que ocurrió por lo que la amplitud de la diferencia observada apoya la idea de que la insuficiencia de P es un limitante de la absorción de los nutrientes, en este caso particular del K y su concentración foliar.

En el ámbito de los micronutrientes los mayores contenidos foliares de Fe (91.80 ppm), Mn (239.20 ppm) y B (83.20 ppm) en el Lote B responden a una reacción a la solubilidad

incrementada de estos nutrientes por la mayor acidez del suelo este lote; resultado concordante con algunos reportes sobre el tema (Molina, 2001; Salinas *et al.*, 2007; De Cires, 2009). El decrecimiento del rendimiento de cacao fresco con los contenidos superiores de Mn y B foliar en el Lote B, un fenómeno confirmado por las respectivas regresiones, es un resultado poco conocido en la práctica local pero consistente con lo expresado por varios autores (Quaggio *et al.*, 2003; Rodríguez *et al.*, 2014). En síntesis, el mejor desempeño vegetativo y productivo por planta en el Lote A es consecuencia de la mejor calidad del suelo que está dotado con niveles superiores de los variables pH, materia orgánica (M.O.) y P y otras características de fertilidad. Al contrario, la menor expresión vegetativa y productiva en el Lote B, combinada con niveles foliares estadísticamente incrementados para el Mn y B, como consecuencia de la mayor solubilidad de ambos en un entorno edáfico de mayor acidez, ubican al suelo como de menor calidad al suelo de este Lote. Los contenidos foliares estadísticamente disminuidos para el N (1.40 %), P (0.13 %), K (1.29 %), S (0.13%) y Mg (0.41 %), confirman la menor disponibilidad de dichos nutrientes e inferior calidad del suelo en el Lote B. Además, el mayor porcentaje de arcilla en el suelo de este Lote puede estar contribuyendo también a su calidad disminuida, posiblemente por causa del estrés hídrico más agudo en la época seca. Los suelos franco arcillosos presentan menor cantidad de agua disponible que los suelos francos como el que predomina en el Lote A. El acceso de las plantas al P del suelo se reduce al disminuir el contenido de agua en el suelo (De Cires, 2009).

Los coeficientes más altos de determinación en las regresiones del rendimiento de cacao fresco sobre los contenidos foliares de N (0.78), S (0.73) y Mn (0.71) explican gran parte de la varianza de esta variable en las plantas de los Lotes A y B. Con una mayor densidad de datos provenientes de estudios adicionales en esta línea de trabajo dichos contenidos podrían servir como predictores aceptables del rendimiento. La significación estadística de la regresión del rendimiento sobre el P dotado del coeficiente de determinación más alto con 0.58, comparado con otras variables del suelo, tiene capacidad para explicar una porción importante de la variación del rendimiento, sugiriendo que también podría ser un buen predictor del rendimiento si logra incrementarse la precisión de su estimación. En general la variación de los contenidos foliares muestra más promesa predictiva del rendimiento que los parámetros del suelo. Deben alentarse más estudios en esta dirección para construir un modelo matemático con este fin, posiblemente a partir de una regresión múltiple de variables foliares y de suelo seleccionadas a partir de los hallazgos del presente estudio.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El Lote A correspondiente a un suelo con alta calidad nutricional, mostró una notable diferencia en cuanto a la disponibilidad nutricional para el cultivo de cacao, lo que se vio reflejado en el análisis foliar, cuyos resultados arrojaron mayor contenido nutricional en el follaje (2.02, 0.19, 1.76, 1.68, 0.48 y 0.24 % de N, P, K, Ca, Mg y S, respectivamente, y 47.00 ppm de Zn y 7.60 ppm de Cu), observándose que las plantas en dicho suelo presentaron un mayor engrose tanto de la rama principal como de la rama secundaria (0.51 y 0.90 cm, en su orden), mayor número de hojas por árbol (2257.50 hojas), produciendo además un mayor rendimiento acumulado por planta con 13056.00 gramos.
- El pH influye en la tasa de mineralización de nitrógeno y azufre, observándose que los contenidos más bajos de ambos nutrientes se midieron en el Lote B (8.60 y 5.00 ppm de NH₄ y S, respectivamente) que tiene el suelo con mayor acidez (pH= 5.66).
- La principal propiedad diferenciadora de la calidad del suelo es el pH (6.18 en el Lote A y 5.66 en el Lote B), seguido por la disponibilidad de materia orgánica (M.O.) (3.74% en el Lote A y 3.28% en el Lote B) y disponibilidad de fósforo (18.60 ppm en el Lote A y 9.80 ppm en el Lote B). Estas características explicaron en orden decreciente proporciones más altas de la varianza del rendimiento.
- Los contenidos foliares de N, S y Mn reflejaron la calidad nutritiva del suelo y mostraron la mayor capacidad para predecir el rendimiento con coeficientes de determinación de 0.7779, 0.7299 y 0.7055, respectivamente, y coeficientes de correlación de 0.88, 0.85 y -0.84, en su orden.

5.2. Recomendaciones

- Planificar y ejecutar un estudio con el objetivo de aumentar el alcance y la precisión en la estimación de los contenidos nutritivos foliares.
- Construir un modelo predictivo del rendimiento de cacao, con especificidad para la zona de Las Naves, a fin de constituir una valiosa herramienta para formular recomendaciones de fertilización, contribuyendo a la eficiencia en el uso de este insumo y rentabilidad de la actividad cacaotera.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura citada

- Albán, D. (2011). Estructura y dinámica de las exportaciones de cacao ecuatoriano en el período 2007-2010. Tesis para la obtención del título de Economista. Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 102 p.
- Amores, F. (2008). Diferencias entre el cacao Nacional y CCN-51 desde el punto de vista agronómico, físico, químico y organoléptico. En Seminario Internacional de cacao. Avances de Investigación. Floridablanca-Colombia.
- Bhattacharjee, R., & Kumar, P. (2007). Cacao. En *Cocoa genome mapping and molecular breeding*. Springer 7: 127-142 pp.
- Braudeau, J. (1970). *El Cacao*. Blume. Barcelona-España. 297 p.
- Bueno, T. (2000). Fundamentos para la siembra de plantaciones de cacao de alto rendimiento con énfasis en la selección de material genético y el suelo. Boletín de Produmedios. Federación Nacional de Cacaoteros. Bogotá-Colombia. 16 p. .
- Cevallos, J. (2011). Producción y comercialización cacao en el Ecuador período 2009 – 2010. Tesis previa la obtención del título de Economista. Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 87 p.
- Chanatásig, V. (2004). Inducción de la embriogénesis somática en clones superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.), con resistencia a enfermedades fungosas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba-Costa Rica. 86 p.
- Chepote, R., Andrade, G., L. E., & Gama, R. (2005). Recomendacoes de corretivos e fertilizantes na cultura do cacao na Soul da Bahia. CEPLAC. Ilheus-Brasil. 36 p.
- Coello, M., & Haro, R. (2012). Caracterización de sistemas agroforestales comúnmente asociados al cultivo de cacao en la zona de Febres Cordero, provincia de Los Ríos. Universida Técnica de Babahoyo. Babahoyo-Ecuador. 148 p.
- Combatt, E., Novoa, R., & Barrera, J. (2012). Caracterización química de macroelementos en suelos cultivados con plátano (*Musa AAB* Simmonds) en el departamento de Córdoba, Colombia. *Acta Agronómica* 61(2): 166-176 pp.
- De Almeida, A., & Valle, R. (2008). Ecophysiology of the Cacao tree. *Journal of Plant Physiology* 19: 425-448 pp.
- De Cires, A. (2009). Estrés nutricional de las plantas. Universidad de Sevilla. Sevilla-España. 154 p.
- Dias, L. (2001). Genetic improvement of Cacao. Editora Folha de Vicosa. Viçosa-Brasil. 578 p.

- Espinoza, J., & Ríos, L. (2016). Caracterización de sistemas agroecológicos para el establecimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.), en comunidades afrodescendientes del Pacífico Colombiano (Tumaco- Nariño, Colombia). *Acta Agronómica* 65(3): 211-217 pp.
- Fuentes, W., & González, O. (2007). Estimación de la mineralización neta de nitrógeno del suelo en sistemas agroforestales y a pleno sol en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.), en el pacífico de Nicaragua, departamento de Carazo. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua-Nicaragua. 98 p.
- GAD Las Naves. (2016). Reseña histórica de Las Naves. Obtenido de <http://www.municipiodelasnaves.gob.ec/naves/index.php/component/content/article?id=128:resena-historica>
- García, C. (2014). El cacao y su incidencia en la industria nacional de elaborados de cacao en el período 2008-2012. Tesis para optar el grado de Magister en Finanzas y Proyectos Corporativos. Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 141 p.
- Gómez, A., & Azócar, A. (2002). Áreas potenciales para el desarrollo del cultivo cacao en el Estado Mérida. *Revista Agronomía Tropical* 52(4): 403-425 pp.
- Gómez, S. (2010). Evaluación de la propagación in vitro en cinco clones promisorios de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis de Grado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Ciudad de Guatemala-Guatemala. 88 p.
- Graetz, H. (2000). Suelos y fertilización: Manual para educación agropecuaria. Séptima reimpresión. Editorial Trillas. México DF-México. 80 p.
- Graziani, L., Ortiz, L., Angulo, J., & Parra, P. (2002). Características físicas del fruto de cacaos tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela . *Agronomía Tropical* 52(3): 343-362 pp.
- Gutiérrez, M. V. (2002). Mecanismos de absorción de nutrientes por el follaje. En CIA-UCR, Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones. Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA)-Universidad de Costa Rica (UCR). San José-Costa Rica. 1-6 pp.
- Jaimes, J., & Aranzazu, F. (2010). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.), en Colombia con énfasis en Monilia (*Moniliophthora roreri*). CORPOICA, FEDECACAO, MADR. Bogotá-Colombia. 90 p.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)* 24(1): 49-61 pp.
- July, W. (2016). La variabilidad genética del cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional Boliviano. *Apthapi* 2(1): 78-84 pp.
- Leiva, E. (2012). Aspectos para la nutrición del cacao (*Theobroma cacao* L.). Universidad Nacional de Colombia. Medellín-Colombia. 13 p.

- León, J. (2000). Botánica de los Cultivos Tropicales. Tercera Edición. IICA. San José-Costa Rica. 678 p.
- Malavolta, E., Vitti, G., & De Oliveira, S. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas. Principios e aplicações. 2a edição. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. Piracicaba-Brasil. 319 p.
- Marcano, M., Pugh, T., Cros, E., Morales, S., Páez, E., & Courtiois, B. (2007). Adding value to Cacao (*Theobroma cacao* L.) germplasm information with domestication history and admixture mapping. *Theoretical Applied Genetic* 114: 877-884 pp.
- Mejía, L., & Argüello, C. (2000). Tecnología para el mejoramiento de sistemas de producción de cacao. CORPOICA. Bucaramanga-Colombia. 144 p.
- Molina, E. (2001). Acidez de suelo y encalado. ACCS. San José-Costa Rica. 18 p.
- Múnera, G. (2012). Manual general: Análisis de suelos y tejido vegetal. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira-Colombia. 40 p.
- Múnera, G., & Meza, D. (2014). El fósforo: elemento indispensable para la vida vegetal. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira-Colombia. 52 p.
- Paredes, M. (2003). Manual del cultivo del cacao. Ministerio de Agricultura de Perú. Perú. 237 p.
- Ploetz, R. (2007). Cacao diseases: important threats to chocolate production worldwide. *Phytopathology* 97: 1634-1647 pp.
- Puentes, P., Menjivar, J., Gómez, A., & Aranzazu, F. (2014). Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento. *Acta Agronómica* 63: 145-152 pp.
- Puentes, Y., Menjivar, J., & Aranzazu, F. (2016). Concentración de nutrientes en hojas, una herramienta para el diagnóstico nutricional en cacao. *Agronomía Mesoamericana* 27(2):329-336 pp.
- Quaggio, J., Dirceu, M., Cantarella, H., & Aprigio, T. (2003). Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeira Pêra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(5): 627-634 pp.
- Quintero, M., & Díaz, K. (2004). El mercado mundial del cacao. *Agroalimentaria* 9(18): 47-59 pp.
- Quiroz, J., & Amores, F. (2000). Rehabilitación de plantaciones de cacao en Ecuador. *Manejo Integrado de Plagas* 63: 73-80 pp.

- Quiroz, J., & Paladines, M. (2013). Guía técnica del cultivo de cacao para la Amazonía Norte. Obtenido de https://www.feedingknowledge.net/home?p_p_id=1_WAR_feeding_knowledgeportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&_1_WAR_feeding_knowledgeportlet_cmd=serveAttachment&_1_WAR_feeding_knowledgeportlet_stepAttachmen
- Reyes, H., & Capriles, L. (2000). El cacao en Venezuela. Chocolates El Rey. Caracas-Venezuela. 270 p.
- Rodríguez, O., & Rodríguez, V. (2000). Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. Revista de la Facultad de Agronomía LUZ 17: 449-470 pp.
- Rodríguez, V., Cabrera, S., Martínez, G., Chabbal, M., & Mazza, S. (2014). Fertilización foliar con Zinc y Manganeso en huertos de naranjo ‘Valencia Late’. Cultivos Tropicales 35 (4): 100-105 pp.
- Rojas, A. (2013). Aplicación de diferentes fuentes y dosis de fertilizantes fosfatados en el cultivo de soja en un oxisol. Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo-Paraguay. 67 p.
- Rondón, J. (2000). Mejoramiento genético del cacao (*Theobroma cacao* L.). En L. Mejía, & C. Argüello, Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. CORPOICA. Bucaramanga-Colombia. 37-49 pp.
- Salinas, R., Sánchez, E. R., Lao, M., & Romero, L. (2007). Producción de biomasa y rendimiento en judía verde (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Strike en respuesta a la fertilización. Phytón (Buenos Aires) 81(1): 35-39 pp.
- Salvador, N., Espinoza, E., & Rojas, J. (2012). Manual del cultivo de cacao blanco de Piura. CEPICAFÉ. Piura-Perú. 60 p.
- Sánchez, L., Parra, D., Gamboa, E., & Rincón, J. (2005). Rendimiento de una plantación comercial de cacao ante diferentes dosis de fertilización con N P K, en el sureste del estado Táchira, Venezuela. Bioagro 17(2): 119-122 pp.
- Smyth, A. (1967). Selección de suelos para cacao. Boletín sobre suelos N° 5. F.A.O. Roma-Italia. 77 p.
- Snoeck, D. (2008). The soil diagnostic method for formulating fertilizer requirements of cocoa in Ghana. CIRAD. 15th International Cocoa Research Conference. 387-396 pp.
- Trinidad, A., & Aguilar, D. (1999). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Terra Latinoamericana 17(3): 247-255 pp.

- Uribe, A., Méndez, H., & Mantilla, J. (1998). Efecto de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio sobre la producción de cacao en suelo del Departamento de Santander. *Revista Suelos Ecuatoriales* 28: 31-36 pp.
- Wood, G. (1982). Cacao. Compañía Editorial Continental S.A. México, D.F-México. 329 p.
- Zapata, R. (2004). Química de los procesos pedogenéticos del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín-Colombia. 200 p.

CAPÍTULO VII

ANEXOS



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"

LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24

Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre :	Espinoza Sánchez Jorge Luis
Dirección :	
Ciudad :	Quevedo
Teléfono :	
Fax :	

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre :	Sin Nombre
Provincia :	Bolívar
Cantón :	Las Naves
Parroquia :	
Ubicación :	

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual :	cacao
Nº Reporte :	2105
Fecha de Muestreo :	07/04/2017
Fecha de Ingreso :	07/04/2017
Fecha de Salida :	17/04/2017

Nº Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm		meq/100ml			ppm						
	Identificación	Area		NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
83118	Muestra 1 Lote A		6,1 LAc	10 B	23 A	1,39 A	18 A	3,9 A	8 B	13,4 A	6,1 A	103 A	8,5 M	0,60 M	
83119	Muestra 1 Lote B		5,7 MeAc	4 B	5 B	1,19 A	14 A	3,6 A	7 B	10,5 A	8,7 A	106 A	15,3 A	0,50 M	
83120	Muestra 2 Lote A		6,0 MeAc	27 M	23 A	1,56 A	18 A	3,6 A	5 B	14,4 A	8,4 A	105 A	8,8 M	0,62 M	
83121	Muestra 2 Lote B		5,3 Ac RC	6 B	4 B	0,94 A	12 A	2,7 A	5 B	10,2 A	14,9 A	106 A	14,5 M	0,44 B	
83122	Muestra 3 Lote A		6,3 LAc	11 B	8 B	1,50 A	18 A	3,7 A	6 B	11,0 A	7,4 A	82 A	10,3 M	0,40 B	
83123	Muestra 3 Lote B		5,5 Ac RC	8 B	8 B	1,22 A	14 A	2,9 A	3 B	12,2 A	11,6 A	105 A	14,6 M	0,40 B	
83124	Muestra 4 Lote A		6,7 PN	20 M	15 M	1,32 A	18 A	3,5 A	5 B	10,3 A	5,3 A	60 A	7,6 M	0,44 B	
83125	Muestra 4 Lote B		6,1 LAc	15 B	11 M	1,25 A	17 A	3,4 A	5 B	13,1 A	7,5 A	101 A	11,7 M	0,42 B	
83126	Muestra 5 Lote A		5,8 MeAc	36 M	24 A	1,06 A	16 A	3,2 A	6 B	11,6 A	8,4 A	101 A	11,5 M	0,39 B	
83127	Muestra 5 Lote B		5,7 MeAc	10 B	21 A	1,49 A	18 A	4,1 A	5 B	12,4 A	6,7 A	97 A	7,5 M	0,34 B	

INTERPRETACION				
pH		Elementos: de N a B		
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino		M = Medio
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino		A = Alto

METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES
pH	= Suelo: agua (1:2,5)	Olsen Modificado
N,P,B	= Colorimetría	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
S	= Turbidimetría	Fosfato de Calcio Monobásico
K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Absorción atómica	B,S

X. W. [Signature]
LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS



+ [Signature]
RESPONSABLE LABORATORIO

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



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

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre :	Espinoza Sánchez Jorge Luis
Dirección :	
Ciudad :	Quevedo
Teléfono :	
Fax :	

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre :	Sin Nombre
Provincia :	Bolívar
Cantón :	Las Naves
Parroquia :	
Ubicación :	

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual :	cacao
N° de Reporte :	2105
Fecha de Muestreo :	07/04/2017
Fecha de Ingreso :	07/04/2017
Fecha de Salida :	17/04/2017

N° Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)		Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l)½	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na		C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	RAS	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
83118						4,1 M	4,6	2,81	15,76	23,29			41	41	18	Franco
83119						3,3 M	3,8	3,03	14,79	18,79			25	43	32	Franco-Arcilloso
83120						4,2 M	5,0	2,31	13,85	23,16			41	43	16	Franco
83121						3,0 M	4,4	2,87	15,64	15,64			35	41	24	Franco
83122						3,6 M	4,8	2,47	14,47	23,20			29	41	30	Franco-Arenoso
83123						2,8 B	4,8	2,38	13,85	18,12			23	41	36	Franco-Arcilloso
83124						3,8 M	5,1	2,65	16,29	22,82			51	37	12	Franco
83125						3,6 M	5,0	2,72	16,32	21,65			25	45	30	Franco-Arcilloso
83126						3,0 M	5,0	3,02	18,11	20,26			45	39	16	Franco
83127						3,7 M	4,3	2,75	14,83	23,59			27	47	26	Franco

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

x. W. Espinoza
LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS



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

+ [Signature]
RESPONSABLE LABORATORIO

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

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



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"

LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24

Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre :	Espinoza Jorge Luis	Nombre :	Sin Nombre (Lote A)	Cultivo :	CACAO
Dirección :		Provincia :	Bolívar	N° de Reporte :	2050
Ciudad :	Las Naves	Cantón :	Las Naves	Fecha de Muestreo:	20/03/2017
Teléfono :		Parroquia :		Fecha de Ingreso :	20/03/2017
Fax :		Ubicación :		Fecha de Salida :	30/03/2017

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		N							P						
	Identificación	Area	N							P						
60628	Muestra 1		2,2	A	0,20	E	1,76	A	1,80	E	0,42	A	0,28	E	57	A
60629	Muestra 2		2,0	A	0,26	E	1,96	A	1,79	E	0,47	A	0,27	E	52	A
60630	Muestra 3		1,7	D	0,18	A	1,75	A	1,60	E	0,39	D	0,23	E	53	A
60631	Muestra 4		2,0	A	0,15	A	1,60	D	1,68	E	0,39	D	0,20	A	36	A
60632	Muestra 5		2,2	A	0,17	A	1,73	A	1,51	E	0,39	D	0,20	A	37	A



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

[Signature]
LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

[Signature]
RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 3. Análisis foliar de las muestras del Lote A (alta calidad nutricional)



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"

LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24

Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Espinoza Jorge Luis
Dirección :
Ciudad : Las Naves
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : Sin Nombre (Lote B)
Provincia : Bolívar
Cantón : Las Naves
Parroquia :
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo : CACAO
N° de Reporte : 2181
Fecha de Muestreo: 02/05/2017
Fecha de Ingreso : 02/05/2017
Fecha de Salida : 16/05/2017

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)							(ppm)						
	Identificación	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
60963	Lote 1		1,3 D	0,15 A	1,49 D	1,30 E	0,42 A	0,14 D		52 A	9 D	94 A	254 A	117 E		
60964	Lote 2		1,4 D	0,14 D	1,30 D	1,76 E	0,55 A	0,15 D		69 A	7 D	97 A	238 A	83 E		
60965	Lote 3		1,4 D	0,10 D	1,22 D	1,78 E	0,47 A	0,16 D		62 A	6 D	98 A	248 A	66 E		
60966	Lote 4		1,4 D	0,15 A	1,22 D	1,90 E	0,54 A	0,09 D		48 A	6 D	88 A	223 A	77 E		
60967	Lote 5		1,5 D	0,13 D	1,21 D	1,65 E	0,44 A	0,11 D		42 A	6 D	82 A	233 A	73 E		

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



INTERPRETACION
D = Deficiente
A = Adecuado
E = Excesivo

LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 4. Análisis foliar de las muestras del Lote B (baja calidad nutricional)

Anexo 5. Datos de grosor de rama principal y secundaria y número de hojas por planta en el Lote A

No. de planta	Grosor de la rama principal		Grosor de la rama secundaria		Número de hojas por planta
	Inicial (cm)	Final (cm)	Inicial (cm)	Final (cm)	
6	29.50	30.10	4.50	5.50	2493.00
12	22.90	23.35	4.60	5.90	2156.00
18	23.25	23.67	5.40	6.30	2260.00
24	25.50	25.95	5.80	6.70	2338.00
30	28.30	28.85	5.10	5.90	2396.00
36	21.25	21.70	4.70	5.60	2097.00
42	25.20	25.65	6.10	6.90	2391.00
48	22.60	23.30	4.60	5.20	1929.00
Promedio	24.81	25.32	5.10	6.00	2257.50

Anexo 6. Datos de grosor de rama principal y secundaria y número de hojas por planta en el Lote B

No. de planta	Grosor de la rama principal		Grosor de la rama secundaria		Número de hojas por planta
	Inicial (cm)	Final (cm)	Inicial (cm)	Final (cm)	
7	19.10	19.29	3.80	4.30	2008.00
12	17.03	17.26	3.90	4.30	1853.00
18	17.70	18.10	3.50	3.90	1893.00
24	17.04	17.38	3.80	4.40	1878.00
30	20.26	20.51	3.50	4.10	2014.00
37	18.25	18.52	3.80	4.30	1977.00
42	22.60	22.90	2.90	3.40	2172.00
48	11.30	11.51	2.80	3.30	1593.00
Promedio	17.91	18.18	3.50	4.00	1923.50

Anexo 7. Datos del rendimiento acumulado por planta en los Lotes A y B

No. de muestra	Rendimiento acumulado por planta en kilogramos		Rendimiento acumulado por planta en gramos	
	Lote A	Lote B	Lote A	Lote B
Muestra 1	18.22	2.35	18220	2350
Muestra 2	14.22	4.17	14220	4170
Muestra 3	12.07	4.17	12070	4170
Muestra 4	8.77	5.42	8770	5420
Muestra 5	12.00	7.57	12000	7570
Promedio	13.06	4.74	13056.00	4736.00



Anexo 8. Identificación de árboles seleccionados



Anexo 9. Registro del peso de hojas (g)



Anexo 10.Medición del grosor de la rama principal



Anexo 11.Medición del grosor de las ramas secundarias



Anexo 12.Recolección de muestras para análisis foliar



Anexo 13. Mazorcas listas para ser cosechadas