



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Componente Práctico del Examen Complexivo presentado a la Unidad de Titulación como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“Estudio de la fertilización edáfica en cultivo establecido de banano en la Hacienda Isabel María”

AUTOR:

Vladimir Alfonso Vera Arana

TUTOR:

Ing. Agrop. Álvaro Pazmiño Pérez, MsC.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador
2018



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA



**COMPONENTES PRÁCTICO DE EXAMEN COMPLEXIVO PRESENTADO A
LA UNIDAD DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA

**“ESTUDIO DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA EN CULTIVO
ESTABLECIDO DE BANANO EN LA HACIENDA ISABEL MARÍA”**

APROBADA:

ING. OSCAR MORA CASTRO, MBA.
PRESIDENTE

ING. CARLOS BARROS VEAS, MSc.
PRIMER VOCAL

ING. DAVID MAYORGA ARIAS, MBA.
SEGUNDO VOCAL

DEDICATORIA

A DIOS, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A MI MADRE, HERMANOS Y ESPOSA

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más, por su amor, por los ejemplos de perseverancia, constancia que los caracterizan y por ser el motivo de mi constante lucha, por su paciencia, comprensión con el ritmo de vida y de trabajo lo he hecho siempre por que los amo.

Vladimir Alfonso Vera Arana

AGRADECIMIENTO

Agradezco A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Geris Onecima Arana Vera, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Antonio Vera, quien desde el cielo me cuida y me brinda su apoyo espiritual.

A mis hermanos Ing. Viviana Vera y Marcos Vera por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Agradezco al Ing. Álvaro Pazmiño por ser quien con calidad humana, conocimiento y paciencia condujo mis pasos para elaborar esta investigación.

A mi gran amigo Ing. Jairon Lamilla por quien sin esperar nada a cambio compartió sus conocimientos, alegrías y tristezas.

Al Abogado Carlos Ortega Barzola quien supo darme la mano cuando más lo necesitaba y cumplir sus promesas.

A mi esposa Gabriela Quinto por ser el ejemplo de lucha y perseverancia y de la cual he aprendido muchas cosas buenas; a mis sobrinos Luis y Carlos que con su apoyo me han sabido demostrar su gratitud y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

¡Gracias a ustedes!

Vladimir Alfonso Vera Arana

RESUMEN

ESTUDIO DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA EN CULTIVO ESTABLECIDO DE BANANO EN LA HACIENDA ISABEL MARÍA

AUTOR:

Vladimir Alfonso Vera Arana

TUTOR:

Ing. Agrop. Álvaro Pazmiño Pérez, MsC.

El componente práctico de examen complejo se estableció en diciembre de 2018 en la hacienda bananera Isabel María ubicada en la parroquia La Unión del cantón Babahoyo provincia de los Ríos, se estudió la fertilización que es implementada por el productor. Los objetivos del proyecto fueron: 1) Enunciar el proceso de fertilización en el cultivo establecido de banano mediante revisión literaria. 2) Reconocer diferentes maneras de fertilización en el cultivo de banano. 3) Determinar la incidencia de la fertilización edáfica aplicada en la hacienda. Se realizó una visita de campo a la hacienda con presencia del productor, se determinó que el programa de fertilización es aplicado sin utilizar exámenes de suelo y foliar como guía principal, sin seguir lo estipulado por la literatura. Para mejorar el caso se propone establecer un programa de fertilización como alternativa técnica de producción en la hacienda bananera Isabel María.

SUMMARY

ESTUDY OF SOIL FERTILIZATION IN CROP ESTABLISHED BANANA AT THE ISABEL MARIA FARM

AUTHOR:

Vladimir Alfonso Vera Arana

TUTOR:

Ing. Agrop. Álvaro Pazmiño Pérez, MsC.

The practical component of general examination, was established in December 2018 in the banana farm Isabel Maria, located in the parish of La Union in the Babahoyo city Los Rios province, studied fertilization that is implemented by the producer. The objectives of the project were: 1) Stating the process of fertilization in the established culture of bananas through literary review. 2) Recogniza different ways of fertilization in the cultivation of bananas. 3) To determine the incidence of soil fertilization applied at the hacienda. A field visit to the ranch with the presence of the producer was conducted, determined that the fertilization program is implemented without using soil test and leaf as main guide, without following stipulated by the literature. To improve the case it is proposed to establish a program of fertilization as alternative production technique on the banana farm Isabel Maria.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
SUMMARY	IV
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE TABLAS	VI
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	1
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
CAPITULO I	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. DEFINICIÓN DEL TEMA CASO DE ESTUDIO	3
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. PREGUNTAS ORIENTADAS PARA EL ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	3
CAPITULO II	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.1. EL SUELO EN LA AGRICULTURA.....	4
2.2. PH DEL SUELO.....	6
2.3. DENSIDAD APARENTE	7
2.4. FERTILIZANTES Y FERTILIZACIÓN.....	8
2.4.1. FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO (N).....	9
2.4.2. FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO (P).....	9
2.4.3. FERTILIZACIÓN CON POTASIO (K)	10
2.5. AFINIDAD QUÍMICA DE COMPOSICIÓN DE FERTILIZANTES.....	10
2.6. DENSIDAD DE PLANTAS	11
2.7. ENCALADO DE SUELO	12
2.8. REQUERIMIENTO DE NITRÓGENO, FOSFORO Y POTASIO PARA EL CULTIVO DE BANANO.....	13
2.9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	14
2.9.1. MÉTODO DE ESTUDIO	14
2.9.2. METODOLOGÍA.....	14
2.1. DESARROLLO DEL CASO.....	16
2.2. SITUACIONES DETECTADAS	17
2.3. SOLUCIONES PLANTEADAS.....	19
2.4. CONCLUSIONES	20
2.5. PROPUESTA PARA MEJORAR EL CASO	20
2.6. RECOMENDACIONES.....	20
2.9.3. <i>OBJETIVOS</i>	21
2.9.4. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	21
2.9.5. METODOLOGÍA	21
2.9.6. PRE-VISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	22
BIBLIOGRAFÍA	23
ANEXOS	27

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. NIVELES DE pH Y PORCENTAJE PROMEDIO DE INFECCIÓN (PPI) EN SUELOS DE FINCAS BANANERAS CON PRESENCIA DE SIGATOKA NEGRA EN LAS ZONAS ALTA (A), MEDIA (M) Y BAJA (B) INCIDENCIA EN EL DEPARTAMENTO DE MAGDALENA – COLOMBIA	6
TABLA 2. EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES DEL BANANO EN KG/HA	9
TABLA 3. COMPATIBILIDAD QUÍMICA DE MEZCLA DE FERTILIZANTES	10
TABLA 4. DENSIDADES DE POBLACIÓN Y ARREGLOS ESPACIALES UTILIZADOS EN CULTIVOS DE BANANO.....	12
TABLA 5. COMPOSICIÓN DE MATERIALES ENCALANTES	13
TABLA 6. DOSIS DE FERTILIZANTES EN CULTIVO DE BANANO DE ACUERDO CON LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELO	13
TABLA 7. PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN EN CULTIVO ESTABLECIDO DE BANANO EN HACIENDA ISABEL MARÍA, PARROQUIA LA UNIÓN CANTÓN BABAHOYO, AÑO 2018	17

INTRODUCCIÓN

El banano es el cultivo tradicional que se encuentra en primer lugar entre los productos vegetales exportables en el Ecuador y uno de los cultivos de mayor importancia económica a nivel mundial, después de los cereales.

El Ecuador es conocido por más de cuatro décadas como líder mundial en la producción de banano, contando con las condiciones climáticas idóneas para el desarrollo de las plantaciones, y la fertilidad de sus suelos que hacen de éste el cultivo con mayor extensión sembrada en todo el país. En el año 2016 se registró una superficie de 18622 hectáreas, concentrándose en la provincia de Los Ríos la mayor superficie plantada, correspondiendo al 33.67 % de participación en área con una producción del 43.23 % del total nacional. (INEC, 2016)

La introducción de N-P-K, el manejo y técnicas modernas para la fertilización de los cultivos de banano son las variables que mantienen la calidad de las plantaciones ya que este acelera o atrasa su crecimiento vegetativo. Sin embargo con el tiempo han surgido procesos para administrar fertilizantes a estos cultivos, como dosificaciones o nuevos productos que proporcionan un control más estructurado para el desarrollo de las plantas de banano, lo que aporta mayor eficiencia al obtener la fruta.

En vista a esto se planteó realizar este trabajo, con el fin de comparar las técnicas de fertilización de la hacienda bananera Isabel María con las mencionadas en la literatura, y de esta manera determinar que método sería el adecuado para un mayor rendimiento del cultivo de banano.

OBJETIVO GENERAL

Comparar las técnicas de fertilización edáfica de la hacienda bananera Isabel María con las dictaminadas en la literatura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Enunciar el proceso de fertilización en el cultivo establecido de banano mediante revisión literaria
- Reconocer diferentes maneras de fertilización en el cultivo de banano
- Determinar el programa de fertilización edáfica aplicada en la hacienda.

CAPITULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. DEFINICIÓN DEL TEMA CASO DE ESTUDIO

Estudio de la fertilización edáfica en cultivo establecido de banano en la hacienda Isabel María

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los conceptos sobre el manejo de fertilizantes en los cultivos de banano son los factores que particularmente han concedido que existieran grandes rendimientos en las empresas dedicadas a estos cultivos. Gracias a esos conocimientos por décadas existen productores capacitados para administrar una empresa bananera. Pero existen haciendas donde no son aplicados los métodos expresados por la literatura ocasionando rendimientos no esperados o cultivos susceptibles a enfermedades, afectando al PIB del país.

1.3. PREGUNTAS ORIENTADAS PARA EL ANÁLISIS DEL PROBLEMA

- ¿La fertilización edáfica aplicada en la hacienda cumple con lo recomendado en la literatura?
- ¿La dosificación de fertilizantes en la hacienda Isabel María contribuye a una buena producción?

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. EL SUELO EN LA AGRICULTURA

El suelo es la capa superficial de la tierra, que mantiene como función principal sobrellevar la vegetación, constituido por una estructura muy caracterizada que identifica al ecosistema agrícola, convirtiéndose en la principal plataforma para crear la vida de las plantas y fuente primordial para los elementos nutritivos. Razón esencial por la que todos los seres vivos del planeta nos encontramos directa o indirectamente dependientes del manto fértil terrestre.

Hurter (2017) entrega un claro ejemplo sobre la fertilidad del suelo. “Al sembrar 200 kg/hectárea de trigo, después de su germinación, la pausa estacional, el macollaje, la brotación, el espigamiento, la floración, llenado de grano y maduración aportan una cosecha de 4000 kg/hectárea” (pág. 9). Explicando la cualidad que mediante un ciclo los nutrientes que se encuentran en el suelo pueden expresarse sobre su superficie, denominándolo “La polaridad entre arriba y abajo”.

Recapitulando, el suelo en la agricultura se encuentra combinado entre compuestos minerales que sirven como alimento, la tierra que suspende la humedad y microorganismos que facilitan la transformación de ciertos nutrientes, ayudando indubitablemente con la conservación de sus propiedades y cualidades. Al existir un contenido de nutrientes equilibrado, materia orgánica y con el suficiente oxígeno se optimizan los rendimientos en las cosechas, pero es creíble que al mantener un excelente programa de prácticas agrícolas los cultivos no prosperan si la estructura del suelo no se encuentra equilibrada.

En la fertilidad de suelos agrícolas debe existir una adecuada acumulación de materia orgánica (MO) y con la interacción de los factores biológicos, edáficos y climáticos se convierten en un solo organismo natural. Y a través del tiempo estas cualidades se van deteriorando, por lo que se debe mantener constantes evaluaciones en las variables posibles que ayuden a informar sobre el estado físico, químico y biológico del suelo.

Para tener el conocimiento técnico sobre el contenido de materia orgánica, micro y macro-nutrientes en los suelos agrícolas (Karlen, y otros, 1997; Bautista, Etchevers, del Castillo, & Gutiérrez, 2004; Báez, Limón, González, Ramírez, & Bautista, 2017) se debe realizar monitoreos para determinar su condición y así definir el potencial productivo a escalas de tiempo determinado. Pero existen agricultores que no toman esta precaución y emplean dosificaciones excesivas de agro-fertilizantes químicos, distorsionando el contenido nutricional del suelo afectando directamente al costo de producción y contaminación ambiental.

Ahora bien, se mencionó sobre la importancia del suelo en la productividad agrícola referente a su contenido; otra de sus principales funciones es la de permitir la resistencia y penetración de las raíces de las plantas de acuerdo a su densidad aparente, permitiendo un adecuado desarrollo en las raíces, mismas que sirven como soporte de las plantas. Es el caso del órgano radicular del banano¹ (Galán, y otros, 2017) que mantiene una longitud entre los 3 y 5 metros en las raíces de primer orden, mientras que las de segundo orden tienen una longitud de 15 a 30 centímetros y de ellas se originan otras menores que oscilan entre 1 a 4 centímetros de longitud. (pág. 3)

¹ En la planta de banano durante su ciclo vegetativo el número de raíces varía en relación al cultivar: en el Poyo se ha contado entre 300 y 700, en Gros Michel se contaron hasta 700 raíces. (Monnet & Charpentier, 1965)

2.2. PH DEL SUELO.

Los suelos para el cultivar de banano deben poseer buena textura, presentar una mezcla de arcilla, arena y materia orgánica ostentando un perfil mayor a 1.20 metros de profundidad, (...). Buena retención del agua y una porosidad adecuada que permita la aireación (Millán & Ciro, 2016, pág. 168). En cuanto al pH (Potencial hidrógeno) adecuado (Moreno, Blanco, & Mendoza, 2009; Gamboa, 2017) es de 4.70 hasta 7.4

Los suelos que presentan un potencial hidrógeno (pH) en extremo ocasionan toxicidad, deteriorando así las raíces de las plantas de banano haciéndolas susceptibles a la infección de *Micosphaerella fijiensis* (Sigatoka negra) provocando innumerables pérdidas en la producción al no realizarse un debido tratamiento para nivelar el pH en los suelos para banano. En la tabla 1 podemos observar que existe una correlación directa positiva en los niveles de pH del suelo con el porcentaje promedio de infección (PPI) de Sigatoka negra. (Aguirre, Piraneque, & Ramírez, 2018, págs. 1-5)

Tabla 1. Niveles de pH y porcentaje promedio de infección (PPI) en suelos de fincas bananeras con presencia de Sigatoka negra en las zonas alta (A), media (M) y baja (B) incidencia en el Departamento de Magdalena – Colombia

<i>Zona</i>	<i>PPI</i>	<i>pH</i>
A	3.60	6.23
M	3.26	6.39
B	2.10	5.48
<i>Correlación de Spearman entre PPI y pH</i>		
pH (unid)		r = 0.30

Adaptado de: Aguirre, Piraneque, & Ramírez (2018)

2.3. DENSIDAD APARENTE

La densidad aparente es uno de los parámetros tomados en cuenta para verificar la calidad del suelo, (Ingaramo, Paz, & Dugo, 2003) como indicador de la estructura, resistencia mecánica y cohesión (pág. 2). Es expresada por unidad de volumen en g/m^3 , esta variable determina la resistencia que tiene el suelo al crecimiento radicular de las plantas, variando de acuerdo a la textura y estructura que presenta el suelo. Amézquita, Chávez, Molina, Hoyos, y Galvis (2003) afirman:

Los suelos que presentan textura arcillosa tienden a presentar pobres condiciones de labranza, una baja permeabilidad, alta retención de agua siendo susceptibles a la erosión hídrica, debido que el contenido que presenta en arcilla es asociado directamente con la densidad aparente y con la conductividad hidráulica del suelo. (pág. 2)

De la misma forma la densidad aparente va de la mano con el crecimiento y expansión de las raíces incidiendo en el contenido de la materia orgánica. Una densidad aparente que presente 1.1 g/cm^3 corresponde a suelos con texturas arcillosa y los suelos francos presentan una densidad aparente de 1.4 g/cm^3 . Con la fórmula:² $P = S \times Pr \times Da$ podremos hacer cálculos para determinar el peso de una hectárea en toneladas, sabiendo siempre la densidad aparente del horizonte y de su fondo.

$$P = S \times Pr \times Da \quad \text{ec (1)}$$

Donde:

² Mite F., Montato N., & Romero G. (1982). Resumen de la investigación sobre fertilización en banano desarrolladas por el Departamento de Suelo del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP). Estación Experimental Pichilingue. Ecuador

P = Peso de un hectárea en toneladas

S = Área de una hectárea

Pr = Fondo del horizonte A

Da = Densidad aparente en ton m³

2.4. FERTILIZANTES Y FERTILIZACIÓN

El banano al igual que otros cultivos necesita de ciertos nutrientes y un adecuado programa de fertilización para obtener grandes rendimientos. De estos nutrimentos esenciales para su adecuado desarrollo de cierto modo algunos son requeridos en cantidades bajas, conocidos como micro-nutrientes tales como el cobre (Cu), hierro (Fe), boro (B), manganeso (Mn) y zinc (Zn). Y otros que son requeridos en grandes cantidades conocidos como macro-nutrientes, entre ellos tenemos al nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg); siendo el nitrógeno, fósforo y potasio los nutrientes que el cultivo de banano necesita en mayores cantidades en comparación con los demás elementos esenciales.

Bazurto, Sánchez, y Salinas (2017) citado por Aguirre, Piraneque, y Ramírez (2018) sugieren. “El monocultivo de banano la fertilización debe ser proporcional a los requerimientos por etapa fenológica, si se espera obtener una mejor producción” (pág. 1). Pues es de vital importancia porque de allí impera el programa de fertilización, desde la formación de raíces seguido por el desarrollo del pseudotallo, el brote y crecimiento de sus hijos, la brotación floral dando origen al racimo.

Dentro de las fases fenológicas del banano el potasio (K) es el nutriente o nutrimento que requiere en mayores cantidades, en especial para el desarrollo del

fruto. Como podemos ver en la tabla 2, el cultivo de banano extrae 400 kg/ha de potasio (K) el doble que el nitrógeno.

Tabla 2. Extracción de nutrientes del banano en kg/ha

<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>S</i>	<i>B</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Mo</i>	<i>Mn</i>
200	70	400	60	40	50	3.2	6.6	0.5	0.2	3

Adaptado de: Augura (2012)

En terrenos bajos de nitrógeno (N) como en la hacienda “San Andrés” Milagro, Guayas con porciones de 100 g/planta con 10 aplicaciones al año se consiguió una productividad de 2860 cajas exportables por hectárea al año respondiendo positivamente con incrementos de 166.52 y 135.28 cajas. (Barzola & Villalba, 2013, pág. 45)

En Ecuador Agrocalidad (2015) entrega ciertas aplicaciones en su manual de buenas prácticas agrícolas de banano, aludiendo lo siguiente:

2.4.1. FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO (N)

- Forma las proteínas, ácidos nucleicos y los aminoácidos esenciales para el desarrollo vigoroso de la planta y una fruta bien formada. Su carencia retarda el crecimiento de la planta, presencia de hojas amarillas y fruta pequeña. Se recomienda una dosificación de 350 a 600 kg N/ha/año.

2.4.2. FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO (P)

- El fósforo es otra de los macro-elementos esenciales para el buen desarrollo de las plantas de banano. Es indispensable para el establecimiento de cultivos aunque con el tiempo este elemento tiende

a decrecer después de la tercera cosecha del banano. Los cultivos de banano requieren de cantidades pequeñas de fósforo debido que existe una transferencia de nutrimento madre a hijo, nieto. Se requiere una dosis de 75 a 150 kg de P/ha.

2.4.3. FERTILIZACIÓN CON POTASIO (K)

- Es el elemento de mayor importancia en la nutrición del banano, su deficiencia provoca una fruta de menor peso y ocasiona madurez temprana en los cultivos. Se recomienda entre 650 a 900 kg K/ha.

2.5. AFINIDAD QUÍMICA DE COMPOSICIÓN DE FERTILIZANTES

Para una adecuada fertilización en los cultivos se debe seleccionar productos que tenga compatibilidad química, de esta manera los complejos a utilizar para mejorar el cultivo actuarán con mayor afinidad. En la tabla 3 indica con las siglas C (Compatible), I (Incompatible), L (Compatible en tiempo limitado). Se debe tener presente que la mala compatibilidad que existe en ciertos productos podría ocasionar calor, humedad, gas y cambios en las composición química del suelo.

Tabla 3. Compatibilidad química de mezcla de fertilizantes

<i>Fertilizantes</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
1	Nitrato de amonio	C							
2	Urea	I	C						
3	Sulfato de amonio	C	L	C					
4	Superfosfato triple	C	L	C	C				
5	Superfosfato simple	C	L	C	C	C			
6	Fosfato diamónico	C	C	C	L	L	C		
7	Fosfato monoamónico	C	C	C	C	C	C	C	
8	Sulfato potasio	C	C	C	C	C	C	C	C

Adaptado de: Navarro G., Navarro S. (2014)

2.6. DENSIDAD DE PLANTAS

Las plantas deben estar ubicadas con orientación este a oeste con el propósito de aprovechar la luz y viento, con el único fin que el viento pueda mantener su dirección sin ser interrumpido por la calles. La siembra de banano se puede realizar a surco sencillo o doble surco; la siembra a doble surco (Rosales, Álvarez, & Vargas, 2013) “Permite mantener el trazado lineal y la siembra se la realiza en el mismo surco, moviendo únicamente la postura de siembra” (pág. 4), mientras que la siembra a surco sencillo permite el movimiento del cultivo -entre calle- en cada nuevo ciclo.

Es recomendable que las calles de este cultivo se encuentren orientadas en dirección con el viento (coincida o no con la salida del sol), de esta manera los surcos no actuaran como barrera previniendo así el volcamiento ocasionado por el viento.

La densidad de plantas se encuentra relacionada con la variedad y limitaciones ambientales del lugar donde se ejecutará la siembra, un buen método de siembra es el modo triángulo, aplicando siempre la fórmula³:

$$h = (a\sqrt{3})2^{-1} \quad \text{ec (2)}$$

Dónde:

h = altura entre hilera

a = trecho entre planta

Es recomendable cuando el producto es exclusividad para mercado internacional, la densidad poblacional no debe ser menor a 2500 plantas por

³ Soto M. (1985) Cultivo y comercialización del banano. Segunda ed. p. 252-256.

hectárea, el productor debe tener presente que la densidad de siembra a utilizar no debe interferir en la expresión dimensional de las plantas (longitud y grosor del pseudotallo).

Varias investigaciones se han realizado midiendo la densidad de siembra, mostrando como resultado para los cultivares de variedad alta su rango se encuentra entre 2,500 a 3,300 plantas por hectárea, y en cultivares de tamaño bajo se estima una densidad de siembra de 3,000 a 4,000 plantas por hectárea, mostrando resultados exitosos. (Rosales, Álvarez, & Vargas, 2013, pág. 6)

Tabla 4. Densidades de población y arreglos espaciales utilizados en cultivos de banano

<i>Distancia de siembra</i>	<i>m²/Planta</i>	<i>Arreglo espacial</i>	<i>Plantas/ha</i>
2.0 m x 2.0 m	4.0	Surco sencillo	2500
2.5 m x 1.6 m	4.0	Surco sencillo	2500
2.75 m x 1.25 m	3.44	Surco sencillo	2909
2.5 m x 1.30 m	3.25	Surco sencillo	3077
3.0 m x 1.0 m	3.0	Surco sencillo	3333
3.0 m x 2.0 m x 1.6 m	4.0	Doble surco	2500
3.0 m x 2.0 m x 1.4 m	3.5	Doble surco	2857
4.0 m x 1.0 m x 1.25 m	3.1	Doble surco	3200
3.0 m x 2.0 m x 1.2 m	3.0	Doble surco	3333
3.0 m x 2.0 m x 1.0 m	2.5	Doble surco	4000

Adaptado de: Rosales, Álvarez, y Vargas (2013)

2.7. ENCALADO DE SUELO

Espinosa y Molina (1999) conceptualizan al encalado como “La aplicación de sales básicas que neutralizan la acidez del suelo, con materiales especializados usados como correctivos del acidez o alcalinizantes principalmente los carbonatos,

hidróxidos y silicatos de calcio” (pág. 5). Es recomendable aplicar reguladores de acidez antes de realizar la siembra del banano con el propósito de corregir el pH del suelo.

Tabla 5. Composición de materiales encalantes

<i>Fuente</i>	<i>CaCO₃</i>	<i>MgCO₃</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>PD</i>
	%					
Cal agrícola	70		40			100
Cal viva	70		40			179
Cal apagada	80		40			136
Dolomita	55		40			109
Roca fosfórica	57		32-40		24-30	

Adaptado de: Calambas (2009).

2.8. REQUERIMIENTO DE NITRÓGENO, FOSFORO Y POTASIO PARA EL CULTIVO DE BANANO

Tabla 6. Dosis de fertilizantes en cultivo de banano de acuerdo con los resultados de análisis de suelo

<i>Nutriente</i>	<i>Nivel en el suelo</i>		
	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>
Fósforo (mg kg)	<10	10 – 20	>20
kg P ₂ O ₅ ha/año	100	50	0
			<i>Continuación....</i>
			<i>Continuación....</i>

<i>Nutriente</i>	<i>Nivel en el suelo</i>		
	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>
Potasio (cmol kg)	<0.2	0.2 – 0.5	>0.5
kg K ₂ O ha/año	700	600	500
Magnesio (cmol kg)	<1	1 – 3	>3
kg MgO ha/año	<1	1 – 3	>3
Nitrógeno	Indiferente		
kg N ha/año	350 - 400		

Adaptado de: Vásquez (2015)

2.9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.9.1. MÉTODO DE ESTUDIO

Los métodos de estudio empleados en este trabajo fueron: el exploratorio y bibliográfico.

El método exploratorio permitió conocer los procedimientos aplicados en el programa de fertilización de la hacienda bananera Isabel María, aplicados en sus cultivos. Mientras que el método bibliográfico permitió obtener la información de publicaciones en revistas científicas, repositorios digitales, manuales técnicos, y otros documentos que obtengan la información necesaria para la ejecución de este trabajo.

2.9.2. METODOLOGÍA

Se realizaron las respectivas investigaciones bibliográficas en los medios necesarios como Scielo, Redalyc, E-Revistas, UNAM, repositorios digitales y demás publicaciones como manual técnico e informativos, que mantengan relación sobre el tema de investigación, fertilización edáfica en cultivos de banano.

Se desarrolló una visita de campo a la hacienda bananera Isabel María con presencia del tutor, Jefe de campo, personal de campo que realiza la actividad de fertilizar los cultivos de la empresa. Se tomaron apuntes sobre sus métodos y programas de aplicación de fertilizantes edáficos en sus plantaciones, tomando en cuenta sus procedimientos para compararlos con los previstos en la literatura.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. DESARROLLO DEL CASO

El trabajo se desarrolló en la hacienda bananera Isabel María, localizada en la parroquia La Unión del cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos. Ubicada en las coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) $X = 677841.8205$; $Y = 98121661.14$. Con precipitaciones anual de 1750 a 2000 mm y una temperatura que oscila entre los 22 a 26 °C.

Primera etapa: En este periodo se inició con la presentación a la administración de la hacienda Isabel María, indicando el tema de la investigación a realizar junto con el propósito de la misma llegando a orientar el motivo que impera realizar el componente práctico del examen complejo en los cultivos de la empresa, logrando de esa manera una respuesta favorable al respecto.

Segunda etapa: En esta fase inició la investigación, en compañía con el Docente Tutor, Administrador de la empresa y Jefe de campo se realizó el recorrido del cultivo de banano.

Tercera etapa: La información obtenida de la empresa fue analizada y expuesta como situaciones detectadas, y de ese modo llegar a las soluciones de los problemas encontrados.

2.2. SITUACIONES DETECTADAS

Tabla 7. Programa de fertilización en cultivo establecido de banano en Hacienda Isabel María, parroquia La Unión cantón Babahoyo, año 2018

	Ciclos												Sacos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	S	Zn			
	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
Fertilización edáfica	Gramos/Planta												gr/planta/ha	kg fert ha/año	ha/año	kg/ha/año						
Urea (46% N)		63	63		63	63	63		63	63		63	504	752	15.04	346						
MAP (11% N y 52% P ₂ O ₅)	32												32	48	0.96	5.3	25					
Sulfato de potasio (50% K ₂ O y 18% S)	37			37			37			37			148	222	4.44		111	40				
Muriato de potasio (60% K ₂ O)		96	96		96	96		96	96		96	96	768	1148	22.96		689					
Nitrato de calcio (24.4% Ca y 17% N)			27					27					54	82	1.64	14		20				
Sulfato de amonio (21% N, 24% S)	28			28				28					112	166	3.32	35		40				
Sulfato de zinc		0.17	0.2		0.2	0.2	0.2		0.2	0.2		0.2	1.19	2	0.04					2		
															400	25	800	20	80	2		

Elaboración del autor

La densidad poblacional de la hacienda bananera Isabel María es de 1518 plantas por hectárea, el programa de fertilización edáfica aplicada en sus cultivos corresponde a 12 ciclos al año representados por los meses del mismo, consiste en las siguientes aplicaciones:

- **Urea (46 % N).** 63 gr/planta con 8 aplicaciones al año en los meses de: Primera aplicación junio y julio; segunda aplicación los meses de septiembre, octubre, noviembre; tercera aplicación en los meses de enero y febrero, mientras que en la tercera aplicación de urea se la ejecuta en el mes de abril. Utilizando en esta fertilización úrica 1.04 sacos por hectárea al año.
- **MAP (11 % N, 52 % P₂O₅).** Las aplicaciones de este producto en los cultivos de la hacienda van en dosificaciones de 32 gr/planta en un solo ciclo año, que corresponde en el mes de mayo. Haciendo uso de 0.96 sacos por hectárea de este producto.
- **Sulfato de potasio (50 % K₂O, 18 % S).** 37 gr/planta es la dosificación empleada en los cultivos de la empresa, durante 4 ciclos correspondiendo a los meses de mayo, agosto, noviembre y febrero. Dosificando un total de 4.4 sacos de este producto por hectárea al año.
- **Muriato de potasio (60 % K₂O).** Es el producto más aplicado en el cultivo, con dosificaciones de 96 gr/planta en ocho ciclos que corresponden a los meses: junio, julio – septiembre, octubre – diciembre, enero – marzo, abril. Utilizando una cantidad de 22.96 sacos por hectárea.

- **Nitrato de calcio (24.4 % Ca, 17 % N).** aplicado en dos ciclos, uno en el mes de julio y el otro en el mes de diciembre, con dosificaciones de 27 gramos por planta, correspondiendo a 1.64 sacos por hectárea al año.
- **Sulfato de amonio (21% N, 24% S).** con una aplicación de 3.32 sacos por hectárea en dosificaciones de 288 gramos por planta en los meses de mayo, agosto y diciembre.
- **Sulfato de zinc.** Con dosificaciones >0.2 gramos por planta es el uno de los productos con más ciclos de aplicación similares que la urea y muriato de potasio, aplicados en los meses de junio, julio, octubre, noviembre, enero, febrero y abril.

Con el programa de fertilización que actualmente es aplicado en los cultivos de la hacienda Isabel María mantiene una producción promedio de 1112 cajas de banano por hectárea al año, cantidad que puede mejorar aplicando un adecuado programa de fertilización basado a resultados obtenidos de análisis de suelo y foliar

2.3. SOLUCIONES PLANTEADAS

Después de haber realizado el componente práctico y con los resultados expuestos las soluciones planteadas son las siguientes:

- Diseñar un programa de fertilización para cultivo establecido de banano de la hacienda Isabel María
- Definir métodos de transferencia tecnológica a los productores de la hacienda bananera

2.4. CONCLUSIONES

En relación a las situaciones detectadas, se tienen las siguientes conclusiones:

- El programa de fertilización que es aplicado en la actualidad por la empresa mantiene una producción de 1112 cajas exportables por hectárea al año; y con la propuesta se espera producir una mayor cantidad de cajas exportables por hectárea al año.
- Uno de los factores que inciden directamente a la producción de banano es el programa implementado por los productores de la hacienda Isabel María, debido que no es aplicado con respecto a resultados de exámenes edafológico y foliar.
- La fertilización con respecto a la dosificación no cumple con lo recomendado en la literatura, posible causa de los resultados de producción que expresa el cultivo de banano de la hacienda.

2.5. PROPUESTA PARA MEJORAR EL CASO

Implementación de un programa de fertilización como alternativa técnica de producción en la hacienda bananera Isabel María, parroquia La Unión cantón Babahoyo

2.6. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis foliar de contenido de nutrientes.
- Efectuar análisis de suelo predeterminar cantidad de nutrientes disponibles.
- Fertilizar de acuerdo al programa obtenido de los resultados de los Análisis foliar y edáficos de nutrientes.

2.9.3. OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer un programa de fertilización como alternativa técnica de producción en la hacienda bananera Isabel María.

Objetivos específicos

- Diseñar un programa de fertilización para cultivo establecido de banano de la hacienda Isabel María.
- Definir métodos de transferencia tecnológica a los productores de la hacienda bananera Isabel María.

2.9.4. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Con ayuda de este componente práctico de examen complejo ejecutado en la hacienda y los resultados obtenidos será posible realizar con facilidad la propuesta, beneficiando así a la empresa y al estudiante que tome este proyecto para culminar la carrera de Ingeniería Agropecuaria.

2.9.5. METODOLOGÍA

Se realizarán dos tratamientos, considerando la tecnología nutricional propuesta comparado con el programa nutricional que el productor viene ejecutando. Proponiendo el siguiente delineamiento experimental:

- Área experimental: $100\text{ m} \times 100\text{ m} = 10000\text{ m}^2$
- Número de plantas a evaluar: 30 por tratamiento.

2.9.6. PRE-VISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Al ejecutarse la propuesta que incluye diseñar un nuevo programa de fertilización edáfica en la hacienda bananera, se ejecutarán métodos de transferencia tecnológica a los productores de la empresa, como aplicar el programa de fertilización con respuesta al contenido nutricional del suelo y del cultivo realizando el adecuado análisis edafológico y foliar.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrocalidad. (2015). *Manual de aplicabilidad de buenas prácticas agrícolas de banano*. Manual de fertilización química y orgánica, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Agrocalidad, Agencia ecuatoriana de aseguramiento de la calidad del Agro, Ecuador.
- Aguirre, S., Piraneque, N., & Ramírez, S. (2018). Parámetros edáficos asociados al daño por *Micosphaerella fijiensis* Morelet en la zona Bananera de Magdalena (Colombia). *Rev. Espacios*, 39(26), 1-18.
- Amézquita, E., Chávez, D., Molina, P., Hoyos, J., & Galvis, H. (2003). Susceptibility to compaction of improved soils (Oxisols) in the Eastern Plains of Colombia. *International Soil Tillage Research Organisation Conference*. Australia: Proceedings of ISTRO-16 "Soil Management for Sustainability".
- Báez, A., Limón, A., González, L., Ramírez, C., & Bautista, A. (2017). Efecto de las prácticas de agricultura de conservación en algunas propiedades químicas de los Vertisoles. *Rev. Remexca*, 8(4), 759-772.
- Barzola, I., & Villalba, R. (2013). *Estudio comparativo de un componente de nutrición en el cultivo de banano (Musa paradisiaca L.) variedad Cavendish*. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias, Milagro, Ecuador.

- Bautista, C., Etchevers, B., del Castillo, R., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Rev. Ecosistemas*(13), 90-97.
- Bazurto, J., Sánchez, J., & Salinas, D. (2017). Nutrient accumulation models in the banana (*Musa AAA Simmonds cv Williams*) plant under nitrogen doses. *Rev. Acta Agron.*, 66(3), 391-296.
- Calambas, R. (2009). *Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo, en sistemas de producción de café orgánico y tradicional en los municipios de Caldone, Morales y Piendamó en el departamento del Cauca*. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera Agrícola, Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración, Colombia.
- Espinosa, J., & Molina, E. (1999). *Acidez y encalado de los suelos*. International Plant Nutrition Institute (IPNI), Ecuador; Costa Rica.
- Galán, V., Rangel, A., López, J., Pérez, J., Sandoval, J., & Souza, H. (2017). Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(4), 1-22. doi:10.1590/0100-29452018574
- Gamboa, S. (2017). Parámetros de producción y calidad de los cultivares de banano FHIA-17, FHIA-25 y Yangambi. *Rev. Agron. Mesoam.*, 3(28), 719-733. doi:10.15517/ma.v28i3.212902

- Hurter, U. (2017). La mirada de las Ciencias del Espíritu sobre la fertilidad del suelo: La fertilidad del suelo Desde la base natural a la tarea cultural. (H. Ueli, W. Verena, & J. Therese, Edits.) *Das Goetheanum*, 3-30.
- INEC. (2016). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua: Banano ESPAC Ecuador en cifras*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- Ingaramo, O., Paz, A., & Dugo, M. (2003). Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreo de suelo, en el NO de la Península Ibérica. *Conferencia: Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)*, (págs. 1-5). Argentina.
- Karlen, D., Mausbach, M., Doran, J., Cline, R., Harris, R., & Schuman, G. (1997). Soil quality: a concept, definition, and framework for evolution. *Soil Sci. Soc. Am. J.*(61), 4-10.
- Millán, L., & Ciro, H. (2016). Caracterización mecánica y físico-química del banano tipo exportación (Cavendish valery). Colombia.
- Monnet, J., & Charpentier, J. (1965). Le diamètre des racines adventives primaires des bananiers en fonction de leur degré de polypl oidie. *Rev. Fruits*, .20, 171-173.
- Moreno, J., Blanco, C., & Mendoza, R. (2009). *Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de banano en la región del Magdalena*. Colombia: Comunicaciones Augura.

Rosales, F., Álvarez, J., & Vargas, A. (2013). *Guía Práctica para la producción de plátano con altas densidades* . Manual Técnico, Bioversity International.

Vásquez, W. (2015). *Cálculo de fertilización en la finca 3 Cerritos para cultivo de banano (Musa AAA Subgrupo Cavendish) en producción*. Trabajo práctico del examen complejo previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Machala, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador.

ANEXOS





