



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TEMA**

Determinación de las características físico-químicas del suelo y su importancia para la nutrición del cultivo de banano (*Musa AAA*) variedad Cavendish.

**AUTOR**

**Hidalgo Mendoza Alberto Leví**

Trabajo de Titulación Previa a la obtención del título de

**INGENIERO AGROPECUARIO  
Con mención en Gestión Empresarial Agropecuaria**

**TUTOR**

**Ing. Agr. Sáenz de Viteri Pincay Arturo Ernesto, MBA.**

**Guayaquil, Ecuador**

**2016**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Hidalgo Mendoza, Alberto Leví** como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniero Agropecuario**.

**TUTOR**

**Ing. Agr. Arturo Ernesto Sáenz de Viteri Pincay, MBA.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

**Ing. Agr. John Eloy Franco Rodríguez, M.Sc.**

**Guayaquil, a los 17 días del mes de marzo del año 2016**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Alberto Hidalgo Mendoza

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación Determinación de las características físico-químicas del suelo y su importancia para la nutrición del cultivo de banano (*Musa AAA*) variedad Cavendish previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 17 días del mes de marzo del año 2016**

**EL AUTOR**

---

**Alberto Leví Hidalgo Mendoza**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Alberto Leví Hidalgo Mendoza**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: Determinación de las características físico-químicas del suelo y su importancia para la nutrición del cultivo de banano (*Musa AAA*) variedad Cavendish, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 17 del mes de marzo del año 2016**

**EL AUTOR**

---

**Alberto Leví Hidalgo Mendoza**

## **AGRADECIMIENTO**

Extiendo mi agradecimiento a Dios por cada día lleno de bendiciones que he vivido durante estos años de universidad.

A mi ejemplo a seguir, mi padre Juan Hidalgo Gálvez, por todo el esfuerzo y dedicación para con cada uno de sus hijos, y su inexorable tesón por vernos crecer, mejorar y triunfar; A mis madres por nunca perder la fe; Mi esposa e hija por ser las promotoras de mis alegrías.

A los coautores de estos logros, mis profesores, que aportaron con sus conocimientos al desarrollo profesional y personal.

Agradezco a Agrorum por permitirme ser parte de sus colaboradores y ser fuente continua de conocimientos y retos que me obligan a mejorar cada día.

A mi trípode, Luz Elena Jiménez P y Carlos González O, sin ellos esta aventura no hubiese sido tan buena.

**Alberto Hidalgo Mendoza**

## **DEDICATORIA**

**Este trabajo y todo lo que significa mi carrera está dedicado e inspirado en la eterna sonrisa de mi hermana Jhovanka Villala Mendoza a quien le prometí ser el mejor.**

**Alberto Hidalgo Mendoza**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CALIFICACIÓN**

---

**Ing. Agr. Arturo Ernesto Sáenz de Viteri Pincay MBA**

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	páginas
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Problema .....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos .....	4
General .....	4
Específicos .....	4
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1. Nutrición del cultivo de banano.....	7
2.2. Fundamentos de la nutrición basados en las raíces .....	10
2.3. Excesos de humedad y su incidencia en las raíces .....	11
2.4. Relación de las raíces y el suelo .....	12
2.5. Propiedades físico-químicas del suelo.....	13
2.5.1. Cambio iónico.....	13
2.5.2. Importancia del intercambio iónico del suelo .....	15
2.5.3. Capacidad de intercambio de cationes (CIC) .....	16
2.5.4. Acidez del suelo .....	21
2.5.5. Influencia en las propiedades físicas y químicas. ....	21
2.5.6. Potencial de oxidación - reducción .....	22
2.6. Propiedades químicas. ....	24
<b>3. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	27
3.1. Ubicación del ensayo.....	27
3.2. Características climáticas .....	27
3.3. Materiales .....	27
3.4. Material experimental .....	28
3.5. Análisis estadístico .....	28



3.5.1. Variables a evaluadas .....	28
3.6. Manejo del experimento .....	29
3.6.1. Adquisición de información en campo .....	29
3.6.2. Descripción de calicatas.....	30
3.6.3. Sistematización de la información .....	31
3.6.4. Definición del suelo .....	31
3.6.5. Mapa de suelos .....	32
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>33</b>
4.1. Suelos propiedades físico-químicas. ....	33
4.2. Sub-Clases de suelos.....	34
4.2.1. Suelos Sub-Clase “A0” .....	34
4.2.2. Suelos Sub-Clase “A1” .....	35
4.2.3. Suelos Sub-Clase “B0” .....	36
4.3. Densidad aparente y porosidad.....	37
4.4. Propiedades químicas de los suelos.....	38
4.5. Condiciones de hidromorfismo. ....	42
4.6. Unidades de manejo.....	44
4.7. Resultados de análisis de solución de suelo y foliar .....	46
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>6. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Requerimientos agroecológicos de la planta de banano .....</b>	<b>9</b>
<b>Tabla 2. Capacidad de cambio catiónico (CCC) .....</b>	<b>18</b>
<b>Gráfico 3. Disponibilidad de los nutrientes en función del pH del suelo .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 4. Clasificación de los suelos .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 5. Clasificación de suelos y su representatividad .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 6. Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>) de los diferentes tipos de suelo. ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 7. Resultados de análisis de suelos para fertilidad .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 8. Porcentaje de hidromorfismo en la propiedad.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 9. Área por unidad de manejo.....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 10. Análisis de solución de suelo.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 11. Análisis foliares .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 12. Requerimiento nutricional del cultivo y deficiencias del suelo ....</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1. Factores que afectan la producción del cultivo de banano .....</b>	<b>8</b>
<b>Gráfico 2. Cambio iónico del Suelo .....</b>	<b>13</b>
<b>Gráfico 3. Tipo de iones que se intercambien .....</b>	<b>14</b>
<b>Gráfico 4. Capacidad de cambio de materia orgánica .....</b>	<b>17</b>
<b>Gráfico 5. Relación entre pH, potencial redox y humedad del suelo.....</b>	<b>24</b>
<b>Gráfico 6. Suelos Clase A0 con sus características por horizontes.....</b>	<b>35</b>
<b>Gráfico 7. Suelos clase A1 con sus características por horizontes y sus respectivas texturas.....</b>	<b>36</b>
<b>Gráfico 8. Suelos clase B0 con sus características por horizontes y sus respectivas texturas.....</b>	<b>37</b>
<b>Gráfico 9. Mapa de estudio de suelos, con representación de isolíneas.....</b>	<b>41</b>
<b>Gráfico 10. Mapa con representación del hidromorfismo a -75cm .....</b>	<b>43</b>
<b>Gráfico 11. Mapa de unidades de manejo y sus áreas.....</b>	<b>45</b>

## RESUMEN

El estudio de suelos fue realizado entre Octubre de 2015 y Febrero de 2016, en la Hacienda Magdalena, ubicada en el cantón La Troncal, Prov. de Cañar, con objetivo de determinar las características físico-químicas de suelo y con estos resultados establecer unidades de manejo.

Las matrices analizadas fueron: suelo, solución de suelo y foliar. Las cuales posteriormente se interpretaron mediante la comparación con los rangos óptimos establecidos en investigaciones anteriores.

Como resultados de este trabajo se realizaron tres mapas en sistemas de información geográfica mediante la herramienta ArcGis, en los cuales se representan las sub-clases de suelos dentro de la propiedad, los problemas de hidromorfismo que se observaron y el porcentaje de estos y las unidades de manejo por sitio específico, para las cuales se usó como mapa base las sub-clases de suelos y los análisis de suelo.

**Palabras Claves:** SIG, suelos, análisis, estudio, textura, hidromorfismo

## ABSTRACT

The soil survey was conducted between October 2015 and February 2016, in the Magdalena farm, located in La Troncal, Cañar Province, in order to determine the soil's physical and chemical characteristics and with these results establish handling units.

The analyzed matrices were: soil, foliar and soil solution. Which were subsequently interpreted by comparison with the optimal ranges established in previous researches.

As a result of this research, three maps in geographic information systems by ArcGis tool were done. In which the sub-soil classes within the property, hydromorphism problems observed as well as the percentage of these and the site-specific management units were represented, for which sub-types of soils and soil analysis were used as a base map.

**Keywords:** GIS, soil, analysis, texture, hydromorphism, soil survey

## 1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es uno de los principales productores de banano del mundo, siendo este cultivo el primer rubro de las exportaciones de productos tradicionales; con un área cultivada de según datos de INEC (2014) de 196 673 hectáreas, es el segundo cultivo perenne de mayor extensión en el país, pero a pesar de esto la producción por hectárea/año se encuentra por debajo de otros países como Colombia, Costa Rica o Filipinas, esto debido a los desbalances nutricionales y falta de inversión en nuevas tecnologías para mejorar la producción y productividad.

En el presente trabajo se expondrá información sobre las características físico-químicas del suelo y su importancia en el comportamiento nutricional del cultivo de Banano, con el fin de obtener datos que nos permitan utilizar las tecnologías disponibles para determinar ciertas variables que limiten el rendimiento de la plantación.

Es así que el trabajo se divide de la siguiente forma: en el primer capítulo se presentan los antecedentes, la problemática, la justificación y los objetivos, posteriormente se enfocara en la nutrición del cultivo, y las características físico-químicas del suelo, el tercer capítulo enuncia la metodología aplicada y los recursos con los que se contó para obtener datos.

Finalmente se presentarán interpretación de resultados tanto de los datos colectados en campo, como los de laboratorio, así también las proyecciones de la propiedad según el estudio de suelos realizados en el Proyecto MAG-IICA-CLIRSEN (2002), y los determinados durante el estudio de suelos, para generar conclusiones y recomendaciones orientadas a mejorar los rendimientos en la propiedad.

### **1.1. Antecedentes**

Su origen se sitúa en el Sudeste de Asia, específicamente en las junglas de Malasia, Filipinas e Indonesia, sitios que hasta la fecha producen banano. Se presume que fueron los árabes quienes trasladaron la fruta al África en la época de la Edad Media; Sin embargo, los responsables de llevar y desarrollar este cultivo en las Islas Canarias fueron en su mayor parte misioneros portugueses. Estos en conjunto con los españoles, al empezar sus travesías al Nuevo Mundo se ocuparon de llevar junto con ellos la fruta y se estima que alrededor de 1516 fue cuando se dio inicio a la siembra de esta en Santo Domingo, lugar del que pronto se expandiera al resto del Caribe y América Latina (Tropical Fruits Trading, 2016).

La fruta de mayor cultivo a nivel mundial es la Banana y es también el cuarto cultivo más grande luego del trigo, el arroz y el maíz, para el 2012 la exportación mundial de banano llegó a 16.5 millones de toneladas siendo Ecuador participe de estas cifras en un 5.6 % (FAO, 2013).

Se considera que una Banana mediana presenta alrededor de 130 calorías y una manzana grande (fruta tradicional de dietas), tiene únicamente 10 calorías menos. Asimismo, la banana está compuesta de potasio, el cual es un mineral altamente necesario y escaso de hallar en las demás frutas, es rico en azúcares y ligeramente contiene proteínas y grasas. Abundante en magnesio, pobre en sodio, tiene además algo de hierro, betacaroteno, vitaminas del grupo B –sobre todo, ácido fólico– y C, y buena fibra. Cuenta también con la presencia de las tres vitaminas antioxidantes (A, C y E) la cuales hace que figure como una fruta saludable, un poco diurética y sutilmente laxante, energética y remineralizante (Botanical Online, 2010).

El cultivo del banano en Ecuador se remonta a fines de la década de los cuarenta del siglo pasado, cuando las grandes exportadoras transnacionales encuentran en nuestro país un lugar de condiciones idóneas para empezar a sembrar grandes extensiones, esto debido al problema que enfrentaba

Centroamérica con la aparición de dos enfermedades fungosas (Sigatoka Amarilla y Mal de Panamá), a esto se suma el embate de ciclones y huracanes que golpean los países centroamericanos. Por su parte los agricultores ecuatorianos reciben al banano con grandes perspectivas, buscando remediar la situación económica inestable por las enfermedades que acaban con la producción de cacao del país (García, 2009).

En la actualidad Ecuador es el quinto mayor productor de banano del mundo con una producción promedio de 7.6 toneladas y a su vez es el primer exportador mundial de banano, aportando con un tercio de las exportaciones mundiales lo que representa el 50 % del PIB agrícola ecuatoriano (INEC, 2010).

### **1.2. Problema**

El desconocimiento de los causantes de variación de los rendimientos de algunos sectores dentro de la propiedad.

El sistema de fertilización para el cultivo es indiferenciado, aplicando cantidades regulares de insumos para todos los sectores, y a pesar de esto, el productor reconoce que algunos sectores de sus lotes tienen variaciones, en el tamaño de sus racimos, ratio, número de manos, es por esto se plantea que la razón de las desviaciones en la producción tiene relación directa con el suelo y sus características fisicoquímicas. Tampoco se cuenta con análisis de suelo o solución de suelo para conocer las disponibilidades de nutrientes.

### **1.3. Justificación**

El Ecuador posee las características necesarias para la producción de banano pero su rendimiento es bajo comparado con las 2 200; 2 500; 3 000 cajas/ha/año, que producen Colombia, Costa Rica y Filipinas respectivamente; el costo del mantenimiento anual para el 2014 según cifras de SINAGAP fue de USD 8 786.85 distribuidos en un 50.16 % a labores culturales, control fitosanitario alcanzo el 25.25 %, para la mano de obra se



invirtió el 15.44 % y solo el 9.15 % fue destinado a fertilización (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca, 2014), lo que a largo plazo provoca el deterioro del suelo, los bajos rendimientos y las pérdidas económicas, esto evidencia que es necesario implementar técnicas y tecnologías que proporcionen a los agricultores los conocimientos necesarios para la toma adecuada de decisiones, siendo un estudio de suelos el primer eslabón de la cadena productiva para así determinar las características físico-químicas del suelo y realizar las enmiendas necesarias que aumente la productividad del cultivo y la rentabilidad del negocio.

#### **1.4. Objetivos**

##### **General**

Determinar mediante análisis de campo y laboratorio las características físico-químicas del suelo dentro de la Hacienda Magdalena provincia del Cañar, cantón La Troncal para establecer unidades de manejo según las sub-clases.

##### **Específicos**

- Colectar información en campo y muestras de suelo y agua para determinar características físico-químicas.
- Evaluar la concentración de los macros y micros nutrientes de suelo, solución de suelo y foliar.
- Realizar mapas que representen las clases de suelos presentes en la propiedad, hidromorfismo y unidades de manejo.

## 2. MARCO TEÓRICO

El cultivo de las musáceas data su origen en Asia Sudoriental. Estudios revelan estiman que el banano (*Musa acuminata*) tiene procedencia en la península de Malasia o islas cercanas a esta en donde fue trasladada a otros lugares como Filipinas e India, donde se combinó con ejemplares de *Musa balbisiana* atribuyendo así origen a grupos mixtos o también llamados híbridos de entre los cuales se derivan los plátanos y los bananos (Araya, 2003, pág. 33). El banano es una monocotiledónea herbácea de gran tamaño, compuesto por un tronco falso el cual produce un racimo único y muere después. La plantación de banano forma parte de una de las principales fuentes de retribución en la economía de más de 120 países del área tropical y subtropical. Asimismo, el cultivo de banano y plátano en su conjunto está considerado significativamente como el cuarto cultivo con mayor relevancia en el mundo, después del arroz, el trigo y el maíz, siendo este estimado como un producto de consumo básico y de exportación el cual constituye una fuente de empleo e ingresos importante en varios países considerados en vías de desarrollo (FAO, 2004). Esencialmente el banano es considerado un cultivo que se produce en zonas tropicales, puesto que es necesario que el clima sea húmedo y cálido para su desarrollo. Este clima por lo general se presenta entre la zona comprendida en las latitudes 30° N y 30° S. considerando como perfecto para el cultivo una latitud entre los 0° y 15° (Marcelino, 2008, pág. 30).

La planta de banano según su morfología exige suelos que tengan ciertas particularidades físicas especiales tales como: escasez de rocas, drenaje adecuado, suelos profundos con una adecuada aireación y con óptima capacidad de retención de agua, con ausencia de capas internas endurecidas ni manifestaciones de compactación. Los suelos considerados los más idóneos para el cultivo de banano son aquellos que presentan texturas franco arenosas, franco arcillosas, franco arcillo limosa y franco limosas, los cuales

tengan un adecuado drenaje y una profundidad de 1.2 a 1.5 m (INFOAGRO, 2010).

En el año 2010, en un estudio realizado por el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO) se descubrió que en los últimos años en las plantaciones comerciales de banano realizadas en Latinoamérica y el Caribe (ALC) ha existido una considerable reducción de la productividad de este fruto a pesar de que la aplicación y utilización de tecnologías modernas e insumos ha sido de mayor costo e intensiva. Esto se debe principalmente al cambio e inutilización apresurada de los factores físicos, químicos y especialmente biológicos del suelo (Villarreal, 2010, pág. 45). El desgaste de la raíz de banano y su efecto desfavorable en la producción se debe también a factores ambientales (físicos, químicos y climáticos) y biológicos.

Dentro de los factores biológicos se distingue la podredumbre de los rizomas, nematodos y degradación de la actividad biológica del suelo. Esta última, como resultado del desgaste morfológico, físico y químico del suelo. La magnitud de estas causas va a depender de las condiciones locales en las que se encuentren el suelo, clima y especificidad de los organismos dominantes. Para esto se tienen que diferenciar dos formas de deterioro del sistema radical: a) rápido, con colapso marcado de la producción, el cual se da como efecto de condiciones edáficas, climáticas y fitopatológicas adversas e inherentes al sitio; siendo el más predominante el drenaje pobre del suelo, extremos texturales, excesos de sales solubles y sodio en el suelo o excesos de humedad y materia orgánica que generan condiciones aptas para la podredumbre del rizoma y b) gradual, como resultado del desgaste o degradación lenta del suelo y su factor biológico. A lo largo de los años se le ha venido dando gran importancia a las propiedades físicas del suelo como lo son la profundidad efectiva, textura, consistencia, porosidad y drenaje interno. Generalmente se ha comprobado que los extremos texturales (arcilla y arena) afectan de forma significativamente negativa a la producción a través de la limitación que tiene en cuanto se refiere a la disponibilidad de agua y

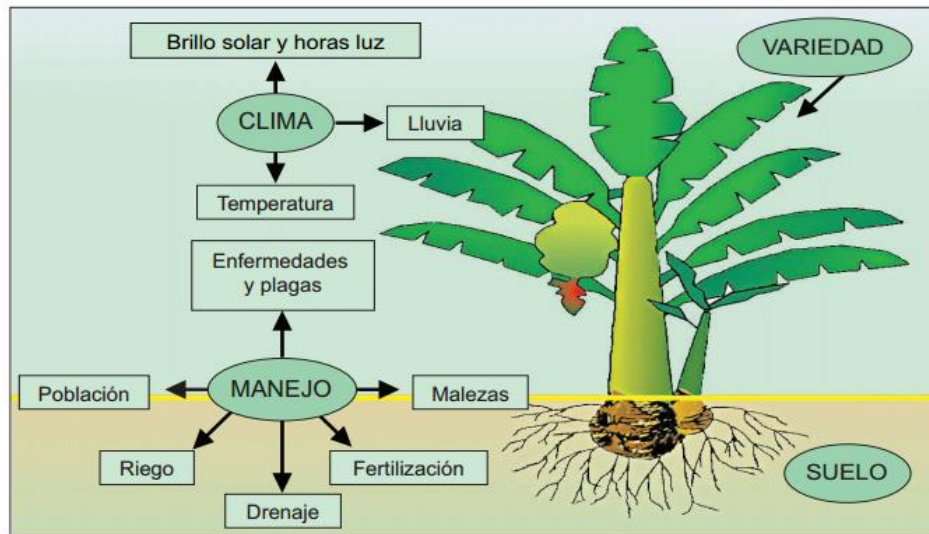
nutrientes en general y la limitación en el drenaje interno de suelos arcillosos. En los últimos años se ha brindado especial atención a la estructura, resistencia a la penetración de raíces y la densidad aparente del suelo (Gauggel, 2003, págs. 20-25).

Las propiedades químicas que usualmente producen un deterioro del sistema radical del banano en distintas áreas geográficas de América Latina son el sodio y aluminio intercambiable, sales, hierro y manganeso solubles en exceso, reacción del suelo y elementos tóxicos, bajos contenidos de materia orgánica y alteración de los balances nutricionales. Por lo tanto, la degradación biológica generada por diversos motivos podría dar como resultado la alteración de las poblaciones de los microorganismos del suelo con un probable desperfecto del sistema radical y una reducción en la producción (Gauggel, 2003, págs. 20-25).

### **2.1. Nutrición del cultivo de banano**

Los factores que influyen en el crecimiento y producción de las plantas se clasifican de forma general en factores internos (genéticos) y factores externos (ambientales). Como podemos ver en la siguiente Gráfico los factores internos son aquellos que tienen correlación con la variedad utilizada, mientras que los factores externos son aquellos que tienen relación en cuanto al clima (luz solar, temperatura y lluvia), agentes bióticos (organismos benéficos y perjudiciales), tipo de suelo y obviamente la intervención humana que afecta o modifica en cierto grado varios de los factores ambientales (International Plant Nutritional Institute, 2008, pág. 17).

**Gráfico 1. Factores que afectan la producción del cultivo de banano**



**Fuente:** *International Plant Nutrition Institute (IPNI)*

El adecuado manejo del banano es importante debido a que las plantas de este cultivo son altamente eficientes y en un corto periodo de tiempo producen una gran cantidad de biomasa. El desarrollo y crecimiento de la planta son el producto de complicados mecanismos fisiológicos como los de la fotosíntesis y la respiración, los cuales permiten la formación de carbohidratos, proteínas y otros compuestos que tiene como resultado final la formación del racimo. Estos procesos actúan de manera adecuada siempre y cuando tengan una apropiada nutrición mineral (Agronomía Mesoamericana, 2008).

Generalmente la planta de banano se desarrolla de forma eficiente en climas tropicales húmedos. En la siguiente tabla se puede ver los requerimientos principales agroecológicos para el adecuado cultivo de la planta.

**Tabla 1. Requerimientos agroecológicos de la planta de banano**

<b>Parámetro</b>	<b>Rango</b>
<b>Pendiente</b>	Planos a Ligeramente Inclınados
<b>Profundidad</b>	Profundos
<b>Textura</b>	Franco, Limoso, Franco Arcilloso, Franco Arcillo Arenoso, Franco Arcillo Limoso, Franco Arenoso, Franco Limoso
<b>Pedregosidad</b>	Sin o Pocas
<b>pH</b>	6.5 a 7.5; Prácticamente Neutro a Neutro
	5.5 a 6.5 ; Medianamente Ácido a Ligeramente Ácido
<b>Salinidad</b>	No Salino
<b>Toxicidad</b>	Sin o Nula
<b>Nivel De Fertilidad</b>	Alta a Media
<b>Drenaje</b>	Bien Drenado
<b>Precipitación</b>	1 200 a 3 200 mm (Bien Distribuidos en el Año)
<b>Temperatura</b>	>20 °C Media Anual
<b>Periodos de Humedad</b>	185 a 295 Días

**Fuente:** Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca- MAGAP, 2012 / Zonificación agroecológica del cultivo de banano en el Ecuador, Yugcha y otros / pág. 11

El óptimo y adecuado abastecimiento de nutrientes que se dé por medio de la fertilización, ayudara a que el cultivo pueda obtener el máximo rendimiento; Sin embargo, el uso por si solo de esta práctica no garantiza que las cosechas sean abundantes. Este sencillo e importante concepto se fundamenta principalmente en el hecho de que existe un alto número de factores que regulan el desarrollo y crecimiento de las plantas. Por ello, el cálculo de la capacidad de rendimiento dependerá de la magnitud y combinación de estos factores (Bertsch, 1998, pág. 157).

La utilización de cualquier práctica de cultivo por la cual se desee la mejora de los factores que no sean limitantes únicamente generará un gasto injustificado. Es por esto que es necesario poder identificar de manera

correcta el factor o factores limitantes antes de empezar algún sistema de prácticas agrícolas. Frecuentemente al tratar de conservar o renovar una plantación se comete el error de basarse únicamente en un buen programa de fertilización, descartando así los demás factores que están limitando a la producción. Es decir, que no se podrá corregir un problema de exceso o escasez de humedad o un fuerte ataque de nematodos, tan solo con la aplicación de un buen programa de fertilización (Fassbender y Bornemisza, 1994, pág. 22).

## **2.2. Fundamentos de la nutrición basados en las raíces**

La raíz es el principal órgano de esencial importancia para las plantas de banano. Puesto que este órgano no sirve solamente de sostén, sino que mediante esta las plantas toman agua y nutrimentos. Por lo que, una adecuada nutrición mineral del cultivo dependerá totalmente del buen estado en el que esta se encuentra (Devlin, 1982, pág. 516).

Esto a su vez influye directamente en el estado del racimo y, por consecuencia en la producción del sistema radical. Normalmente son 16 los elementos nutricionales identificados como esenciales para las plantas de los cuales 13 son sustituidos por el suelo y absorbidos por las plantas a través de la raíz. Estos mismos nutrimentos forman parte importante en los procesos fisiológicos que ayudan a normalizar el crecimiento y la fructificación de la planta (Devlin, 1982, pág. 516).

El sistema radical de la planta de banano está integrado por raíces de tipos adventicias, fasciculadas y fibrosas de muy rápido crecimiento. Aquellas raíces que brotan del cormo se denominan raíces primarias y éstas a su vez originan raíces laterales, secundarias y terciarias, cuyo número dependerá de las limitaciones que sean encontradas y de los daños causados por el sistema radical durante el proceso de crecimiento. En cambio, de la parte terminal de las raíces secundarias y terciarias, brotan los pelos radicales los cuales son

pequeñas raíces de pocos milímetros de largo cuya principal función es la de absorber agua y nutrimentos. Estos pelos radiculares son muy eficientes en cuanto a sus funciones, puesto a que su tamaño es muy pequeño, lo que le permite tener una gran superficie de exposición con el suelo que los rodea (Champion & Olivier, 1961, págs. 371-374).

Las raíces de banano pueden llegar a medir de 5 a 10 m de longitud siempre y cuando no existan factores limitantes que impidan su crecimiento (Beugnon & Champion, 1966). Es por esto que mientras menor sean las limitaciones que se presenten en las raíces estas tenderán a formar menos ramificaciones. Mediante estas observaciones se puede demostrar que objetivamente el sistema radicular del banano no es superficial por naturaleza, inclusive cuando este criterio es comúnmente aceptado. Por lo que, es más propicio decir que las profundidades de las raíces son por lo general manejadas por las condiciones del suelo (Lahav & Turner, 1992, pág. 71).

De manera frecuente, aproximadamente del 60 al 70 % de las raíces de la planta de banano se encuentran entre los primeros 30 cm del suelo. En realidad, no existe una relación persistente entre las raíces activas (zona de alimentación) y el peso total de las raíces. Esto es causado esencialmente a que durante el proceso de crecimiento de la planta el número de raíces que exploran el suelo y la sección de raíces activas se apartan cada vez más de la misma. El procedimiento es muy eficiente puesto que permite que el sistema radical explore un volumen de suelo mucho más grande cada vez. Lo cual es muy importante si se estima que la planta crece y se desarrolla de forma rápida, incrementándose de igual manera sus necesidades nutricionales (Soto, 1992, pág. 422).

### **2.3. Excesos de humedad y su incidencia en las raíces**

Una característica de la planta de banano es la susceptibilidad al exceso de humedad. Los excesos de agua en el suelo por períodos sostenidos de más de tres días producen daños irreversibles en el sistema radicular de la planta



y altas pérdidas económicas por el impacto negativo de esta condición en la producción de fruta. A lo largo de casi todo el año se pueden encontrar zonas bananeras de abundante precipitación y uno de sus principales limitantes para la producción de banano es, justamente, la falta de drenaje y la constante saturación del suelo. La falta de drenaje ocasiona la acumulación del agua lo cual genera una reducción del espacio con aire del suelo. Lo cual limita el intercambio gaseoso, reduciendo la entrada de oxígeno atmosférico ( $O^2$ ) (indispensable para el proceso de respiración) y evitando la salida de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) (resultado de la respiración). Al existir una falta de oxígeno, las raíces pueden verse afectadas por daños severos e incluso morir. Por lo que, la eficiencia de uso de los fertilizantes en estos casos es muy baja, debido a que la energía que proviene del proceso de respiración en las raíces es parcialmente usada en la absorción de nutrimentos y cuando se encuentra en condiciones de exceso de humedad la respiración tiende a reducirse y la energía producida es mínima (Pizarro, 1985, pág. 521).

#### **2.4. Relación de las raíces y el suelo**

La relación existente entre las raíces de la planta y el suelo son fuente fundamental del estudio de suelos, siendo la matriz de evaluación de los datos colectados en campo; la sensibilidad al estrés físico sufrido por las raíces del banano por falta de  $O^2$  o déficit y exceso de agua generan una resistencia mecánica a la penetración de la raíz.

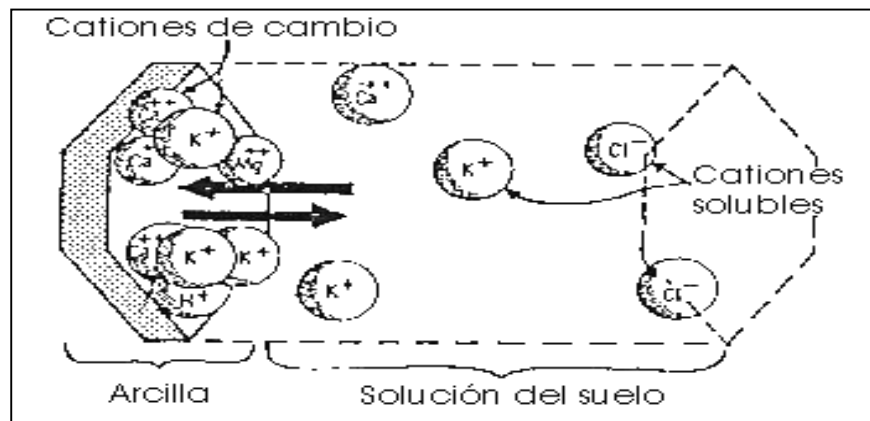
La densidad del suelo afecta de manera directa a la densidad del volumen de raíces, pero esta relación también se verá afectada por las prácticas culturales en el cultivo (Delvaux, Declerck, & Schadeck, 1998, pág. 123), siendo este uno de los principales problemas al momento de fertilizar el cultivo del banano, debido a que las prácticas culturales inciden en la compactación superficial del suelo, creando una lámina impermeable milimétrica la cual impide que los minerales puedan integrarse a la solución de suelo para ser aprovechados por las raíces y cumplir su función.

## 2.5. Propiedades físico-químicas del suelo.

### 2.5.1. Cambio iónico.

Se define como cambio iónico a los procesos reversibles por los que las partículas sólidas del suelo, adsorben iones de la fase líquida dejando al mismo tiempo otros iones en cantidades equivalentes, estableciéndose así el equilibrio entre ambos (Dorrnsoro, 2010).

**Gráfico 2. Cambio Iónico del Suelo**

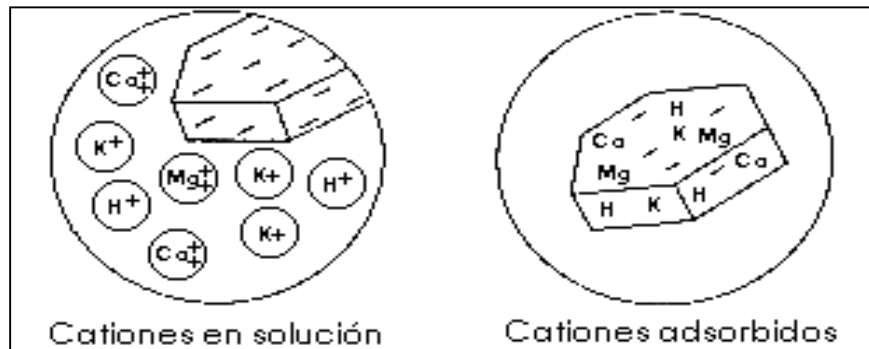


Fuente: Dorrnsoro, 2010 / Introducción a la edafología / Departamento de Edafología y Química Agrícola / Universidad de Granada

Es un procedimiento dinámico el cual se genera en la superficie de las partículas. Al quedar los iones adsorbidos en posición asimilable estos llegan a formar parte de la reserva de nutrientes para las plantas.

El origen del intercambio iónico se ve causado por los desequilibrios eléctricos de las partículas del suelo. Para compensar las cargas, se adsorben iones, los cuales se adhieren a la superficie de las partículas. Permaneciendo sutilmente retenidos sobre las partículas del suelo y pudiendo intercambiarse con la solución del suelo (Dorrnsoro, 2010).

**Gráfico 3. Tipo de iones que se intercambian**



**Fuente:** Dorronsoro, 2010 / Introducción a la edafología / Departamento de Edafología y Química Agrícola / Universidad de Granada

Existen tres **teorías** que tratan de dar una explicación al resultado de este proceso.

- **Red cristalina.-** Toma en consideración las partículas de los minerales como sólidos iónicos. Los iones de los bordes se encuentran débilmente retenidos por lo que pueden abandonar su estructura y se pueden intercambiar con los de la solución del suelo. (Dorronsoro, 2010)
- **Doble capa eléctrica.-** Tiene en cuenta la relación que existe entre el sólido y la fase líquida como un condensador plano. Entre el metal (el sólido) y el electrólito (la disolución) se presenta una gran diferencia de potencial el cual atrae a los iones de la solución del suelo. Se crea una doble capa eléctrica compuesta por los iones del sólido y los atraídos en la solución (Brady & Weil, The nature and properties of soil. 13th ed., 2002, pág. 937).
- **Membrana semipermeable.-** La interfase sólido-líquido la cual trabaja como una membrana semipermeable que permite el paso de los iones de la solución y los de la superficie de las partículas, pero no los del interior de los materiales (Navarro, 2005).

Principalmente las tres teorías son concordantes y sencillamente sólo se trata de distintos planteamientos:

- Iones débilmente retenidos para la teoría cristalina.
- Desequilibrios eléctricos para la teoría de la doble capa eléctrica.
- Concentraciones diferentes para la teoría de la membrana semipermeable.

### **2.5.2. Importancia del intercambio iónico del suelo**

Los procesos más importantes del suelo relacionados con el intercambio iónico son los siguientes:

**a) Absorción de nutrimentos por medio de las plantas y depósito de iones nutritivos.** Mediante la capacidad de intercambio iónico, las raíces de las plantas adsorben del suelo nutrimentos minerales que necesitan las plantas. Se estima que una característica importante es la gran capacidad de intercambio iónico en los suelos ya que implica la posibilidad de tener un depósito de iones nutritivos, los cuales a medida que son utilizados por las plantas pueden ser traspasados a la solución salina del suelo (Abrego, 2012, pág. 12).

**b) Retención de iones solubles en agua.** De no existir el fenómeno de intercambio iónico las pérdidas de nutrimentos que experimentarían serían altas, ya que los iones solubles de los fertilizantes carecen de suficiente cohesión por lo que se lavarían del suelo fácilmente, produciéndose así pérdidas por lixiviación. Lo que ocasionaría que la utilización de fertilizantes solubles en agua fuera insegura importancia en cuanto al alto costo que esto representaría.

**c) Neutralización de toxinas.** Por lo general las raíces de las plantas excretan toxinas, las cuales a su vez son dañinas para cualquier raíz inclusive para la que las excretó. La capacidad de intercambio iónico tiene gran importancia sobre la neutralización de las toxinas de Prickering, debido a que es necesario que un suelo con gran capacidad de intercambio pueda adsorber

y destruir por oxidación una mayor cantidad de estas toxinas (Abrego, 2012, pág. 12).

**d) Formación de estructura.** La abundancia de cationes tales como el Calcio en el proceso de intercambio produce condiciones físicas deseables por la formación de estructura.

**e) Clasificación del suelo.** El volumen y capacidad de intercambio de cationes de los distintos horizontes del perfil de un suelo son usados como criterio para la diferenciación de horizontes de diagnóstico en la clasificación del suelo.

**f) Influencia en el pH de la solución del suelo.** Las diferentes clases de cationes presentes en el proceso de intercambio afectan también el pH de la solución del suelo, por ejemplo, una arcilla sódica es generalmente alcalina y una arcilla hidrogenada es ácida.

### **2.5.3. Capacidad de intercambio de cationes (CIC)**

Uno de los principales y mejor conocidos dentro del cambio iónico es la capacidad de intercambio catiónico. Son diversos los materiales del suelo que pueden cambiar cationes, de los cuales los principales son las arcillas y la materia orgánica (los dos materiales presentan propiedades coloidales). Una suspensión o dispersión coloidal es un método físico que está creado de un material en forma líquida o gaseosa, dentro del cual se encuentran inmersas partículas que comúnmente son sólidas, de pequeño tamaño, en principio, del orden de las micras (Navarro, 2005).

Las principales causas de la capacidad de cambio de cationes de las arcillas son:

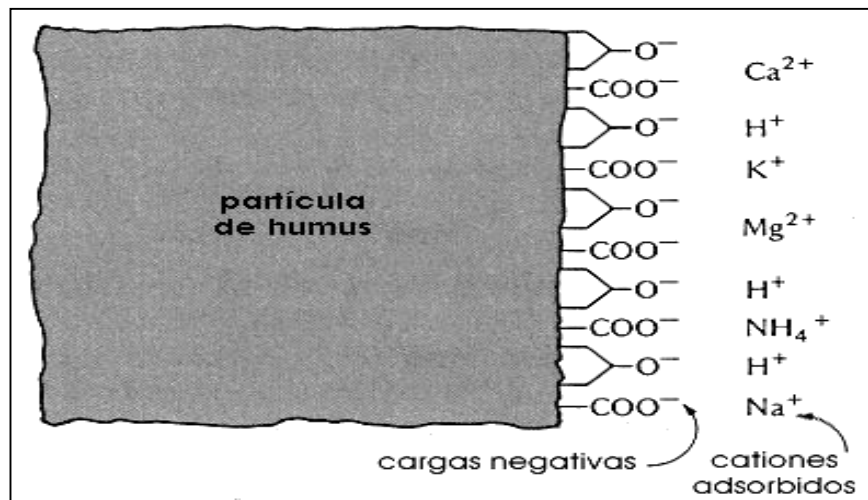
- Sustituciones atómicas dentro de la red.
- Existencia de bordes (superficies descompensadas).

- Disociación de los OH de las capas basales.
- Enlaces de Van der Waals; El cual es una clase de forma electrostática que se adhiere entre dos grupos no cargados. Individualmente son muy débiles, pero cuando su número es mayor son importantes.

En las arcillas, además de en su superficie, los iones pueden entrar entre las láminas. Las principales causas de la capacidad de cambio de materia orgánica son:

- Disociación de los OH.
- Disociación de los COOH.

**Gráfico 4. Capacidad de cambio de materia orgánica**



**Fuente:** Dorronsoro, 2010 / Introducción a la edafología / Departamento de Edafología y Química Agrícola / Universidad de Granada

De manera que los factores que causan que un suelo tenga una determinada capacidad de cambio de cationes son varios:

- **Tamaño de las partículas.** - En cuanto más pequeña sea la partícula, más grande será la capacidad de cambio (Brady y Weil, 2002, pág. 926).

- **Naturaleza de las partículas.** - La estructura y composición de las partículas predominara en las posibilidades de cambio de sus cationes. De manera que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de algunos de los materiales más comunes en los suelos los representamos en la siguiente tabla (Dorronsoro, 2010).

**Tabla 2. Capacidad de cambio catiónico (CCC)**

<b>Naturaleza de la partícula</b>	<b>(CIC) meq/100g</b>
Cuarzo y Feldespatos	1-2
Oxidos e Hidróx. (Fe y Al)	4
Caolinita	3-15
Ilita y Clorita	10-40
Montmorillonita	80-150
Vermiculita	100-160
Materia Orgánica	300-500

Elaborado por el autor

Dependiendo de la naturaleza del cambiador se conferirá de una mayor a menor capacidad de cambio. Cada 1 % de arcilla puede influir en medio miliequivalente<sup>1</sup> en la capacidad de cambio de cationes del suelo. Si a diferencia de la arcilla nos referimos a la materia orgánica, cada 1 % puede repercutir en 2 miliequivalentes más (Navarro, 2005, pág. 34).

- **Tipo de cationes cambiables.** La capacidad de cambio de cationes se representa en el total de cargas negativas, o en lo mismo que

---

<sup>1</sup> **Miliequivalente:** (mEq). (QUÍMICA). Milésima parte del equivalente. La expresión en mili equivalentes de una concentración iónica conocida en peso, se obtiene dividiendo el número de miligramos por litro por el peso atómico del ion y multiplicando el resultado por la valencia de ese ion. Ello permite el estudio del equilibrio entre los iones ácidos y básicos de los líquidos del organismo.

decir en el número de cargas positivas que incorporan los cationes que vienen a fijarse.

Sin embargo, la naturaleza de los cationes de cambio puede modificarse según el valor de la capacidad de cambio, ya sea aumentando o disminuyendo, de acuerdo a su función de carga y de su tamaño. Los cationes divalentes, trivalentes... al ser adsorbidos aumentan la capacidad de cationes de cambio, al contrario de los cationes de gran tamaño (radicales orgánicos) que disminuyen la CIC al bloquear, por su tamaño, posiciones de cambio (Abrego, 2012, pág. 12).

- **Nivel de ácidos (pH).** La capacidad de cambio que presentan los suelos es distinta en función del pH. Por ejemplo, a bajos pH los hidrogeniones se encuentran fuertemente retenidos en las superficies de las partículas, pero a altos pH los H de los grupos carboxílicos primero y de los (OH)<sup>2</sup> después, se disocian y los (H<sup>+</sup>)<sup>3</sup> pueden ser intercambiados por cationes.

Esto como resultado de que la capacidad de cambio de cationes aumente su pH.

Los cationes que regularmente ocupan las posiciones de cambio en los suelos son: Calcio (Ca<sup>++</sup>), Magnesio (Mg<sup>++</sup>), Potasio (K<sup>+</sup>), Sodio (Na<sup>+</sup>), Hidrogeno (H<sup>+</sup>), Aluminio (Al<sup>+++</sup>), Hierro (Fe<sup>++</sup> o Fe<sup>+++</sup>), Nitrógeno en forma de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Manganeso (Mn<sup>++</sup>), Cobre (Cu<sup>++</sup>) y Zinc (Zn<sup>++</sup>).

---

<sup>2</sup> **Hidroxilo:** el grupo (OH) formado por un átomo de oxígeno y otro de hidrógeno, característico de los alcoholes y fenoles.

<sup>3</sup> **Hidrón:** nombre general referido al ion positivo de algún isótopo de hidrógeno (H<sup>+</sup>)



En los suelos ácidos se destacan el Hidrogeno (H+) y Aluminio (Al+++), en los suelos alcalinos en cambio predominan las bases primordialmente el Sodio (Na+) y en los neutros el Calcio (Ca++) (Abrego, 2012).

La relación que existe en el complejo de cambio entre los cationes y el Hidrogeno (H+) y Aluminio (Al+++), expresado en porcentaje (%), representa el grado de saturación.

$$\text{Grado de Saturación: } V = \frac{S}{T} * 100$$

Siendo, T = capacidad de cambio. Mide la cantidad de bases de cambio [T = S + (Al+++ ) + (H+)].

$$S = (\text{Ca}++) + (\text{Mg}++) + (\text{Na}+) + (\text{K}+).$$

Cuando  $V > 50 \%$  el suelo está saturado.

Si  $V < 50 \%$  quiere decir que el suelo se halla insaturado. Las posiciones de cambio se presentan ocupadas principalmente por (H+) y (Al+++); se trata de un medio pobre en nutrientes.

La importancia de la capacidad de cambio es que:

- Verifica la existencia de posibles nutrientes para las plantas: K+, Mg++, Ca++, entre otros.
- Influye en el procesamiento de floculación - dispersión de arcilla y consecuentemente en el desarrollo de la estructura y equilibrio de los agregados.
- Limita el papel del suelo como depurativo natural al proporcionar la retención de componentes contaminantes unidos al suelo.

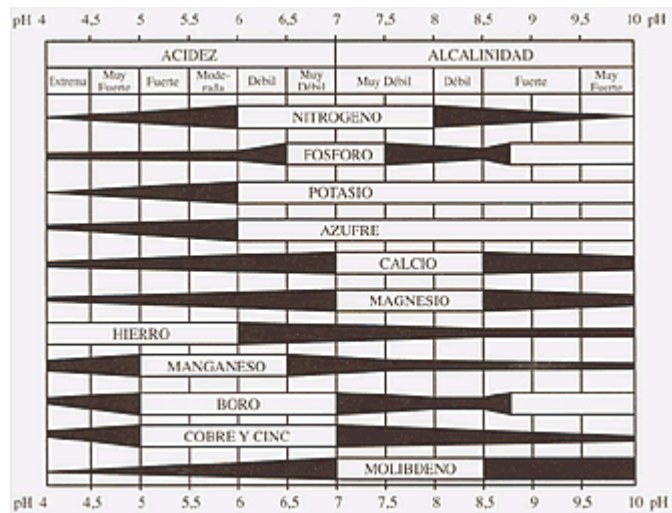
#### **2.5.4. Acidez del suelo**

La acidez del suelo sirve para medir la concentración en hidrogeniones ( $H^+$ ). En los suelos los hidrogeniones están en la solución, pero también suelen presentarse en el complejo de cambio. De manera que se pueden encontrar dos tipos de acidez: una considerada la activa o real (a causa de los  $H^+$  en solución) y otra de cambio o de reserva (para los  $H^+$  adsorbidos). Ambas están en equilibrio dinámico. Si se llegan a eliminar los  $H^+$  de la solución, se liberan otros tantos  $H^+$  adsorbidos. Dando como consecuencia un suelo que presenta una fuerte resistencia a cualquier cambio o modificación de su pH. Los factores que permiten que el suelo tenga un determinado valor de pH son variados, principalmente: naturaleza del material original, factor biótico, precipitaciones, complejo adsorbente (saturado en cationes ácidos o básicos) (Bertsch, 1998, pág. 157).

#### **2.5.5. Influencia en las propiedades físicas y químicas.**

- **Propiedades físicas.** Los pH neutros son los más preferibles para las propiedades físicas de los suelos. A pH muy ácidos hay una mayor alteración de minerales por lo que su estructura se vuelve inestable. En pH alcalino, la arcilla se dispersa, se desintegra la estructura y existen condiciones desfavorables desde el punto de vista físico. (Dorrnsoro, 2010).

**Gráfico 3. Disponibilidad de los nutrientes en función del pH del suelo**



**Fuente:** Dorronsoro, 2010 / Introducción a la edafología / Departamento de Edafología y Química Agrícola / Universidad de Granada Propiedades químicas y fertilidad.

- El aprovechamiento de nutrientes del suelo está influenciado por el pH, puesto que determinados nutrientes pueden llegar a bloquear en ciertas condiciones de pH y no son asimilables para las plantas (Dorronsoro, 2010).

Alrededor de pH 6-7,5 son las condiciones más favorables para el desarrollo de las plantas.

### 2.5.6. Potencial de oxidación - reducción

Las condiciones de oxidación-reducción del suelo son de gran relevancia para los procesos de meteorización, formación de diversos suelos y procesos biológicos, también están relacionadas con la disponibilidad de ciertos elementos nutritivos (Brady y Weil, 2002, pág. 926).

La formulación química de las reacciones de oxidación-reducción es la siguiente:



Existe un equilibrio en el suelo entre los agentes oxidantes y reductores. La materia orgánica se encuentra reducida y tiende a oxidarse, es reductora, ya que al oxidarse debe reducirse a otro de los materiales del suelo. Por el contrario, el oxígeno es oxidante. Por otro lado, existen muchos elementos químicos que funcionan con valencias variables, pudiendo oxidarse o reducirse según el ambiente que predomine (Arias, 2007, pág. 93).

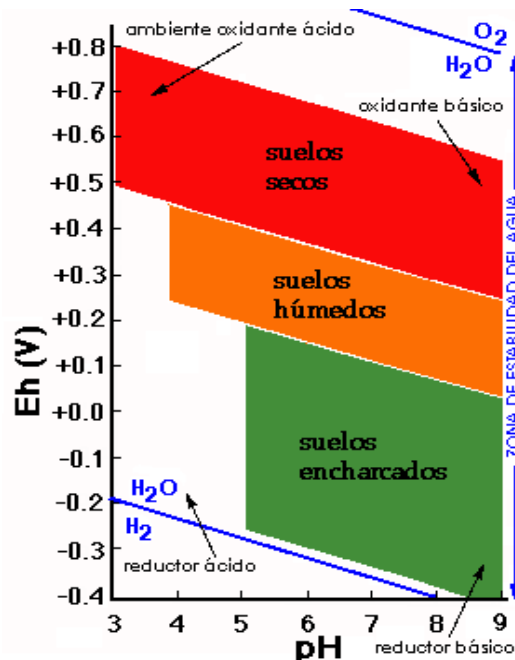
Los procesos de oxidación reducción implican a elementos que pueden ejecutarse con diferentes valencias y entre ellos tenemos: Fe, Mn, S, N. Entre algunos ejemplos de procesos de oxidación en el suelo tenemos:

Oxidación: del  $Fe^{+2}$  de minerales primarios en  $Fe^{+3}$  formando óxidos e hidróxidos; la transformación de  $Mn^{+2}$  en  $Mn^{+4}$ ; la oxidación de S=, Es decir, de pirita, en sulfatos; la nitrificación o sea la modificación de  $NH_4$  en nitritos y nitratos (Dorronsoro, 2010).

Sin embargo, muchos procesos suceden bajo condiciones reductoras como la desmitificación, la desulfuración, la formación de compuestos  $Fe^{+2}$  y  $Mn^{+2}$ .

En los suelos normales el ambiente se presenta aireado y por lo tanto la tendencia general es oxidante. En los suelos hidromorfos la saturación en agua tiende a causar un ambiente reductor.

**Gráfico 5. Relación entre pH, potencial redox y humedad del suelo**



**Fuente:** Dorronsoro, 2010 / Introducción a la edafología / Departamento de Edafología y Química Agrícola / Universidad de Granada

Como podemos observar en el gráfico anterior los valores de pH y potencial redox (medidas Eh) delimitan los campos de estabilidad de los materiales del suelo. Los compuestos de Fe y Mn son muy susceptibles a cambios de pH y Eh.

### 2.6. Propiedades químicas.

Son aquellas que dependen de la parte más íntima del suelo como es su propia composición química. Desde el punto de vista de la génesis del suelo las más importantes son la alteración mineral y la creación de nuevas especies, así como lo relativo a la destrucción de la materia orgánica fresca y la formación de las sustancias húmicas (Fassbender y Bornemisza, 1994, pág. 161).

Además, se deben considerar compuestos los cuales pertenecen a la fase sólida del suelo, que pueden pasar fácilmente a la fase líquida por ser

extraordinariamente solubles, por lo que tienen una extraordinaria movilidad (Devlin, 1982, pág. 516).

Corresponden fundamentalmente a los contenidos de diferentes sustancias importantes como macronutrientes (N, P, Ca, K, Mg, S)<sup>4</sup> y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl)<sup>5</sup> para las plantas, o por dotar al suelo de determinadas características (Carbono orgánico, Carbonato cálcico, Fe en diferentes estados). Es lo que se tiene en cuenta como las sales solubles del suelo las cuales incluyen a aquellas cuya solubilidad es más alta que la del yeso y cuyo resultado es la salinidad.

La salinización natural del suelo es un fenómeno el cual se encuentra ligado a circunstancias climáticas de aridez y a la existencia de materiales originales abundantes en sales, como ocurre con ciertas margas. Además, existe una salinidad que se adquiere a causa del riego continuo con aguas de numeroso contenido salino, en suelos de escasa absorción y bajo temperaturas secas, subhúmedos o mucho más secos (Abrego, 2012, págs. 12-30).

El contenido salino del suelo suele ser medido de forma indirecta, dado que la presencia de iones en el agua lo vuelve conductor de la electricidad, se usa la conductividad del extracto de saturación para poder evaluar el contenido en sales solubles.

Se comprende por extracto de saturación la solución extraída del suelo después de saturarlo con agua, buscando ponerlo en un punto cercano a su capacidad de campo, a causa que esta es la situación más perenne con una concentración mínima de sales. Un estado de mayor humedad permitiría una

---

<sup>4</sup> Nitrógeno, Fósforo, Calcio, Potasio, Magnesio, Azufre

<sup>5</sup> Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Boro, Molibdeno, Cloro

solución más diluida, pero de escasa duración temporal; un estado más seco causa una elevación en la concentración, pero sería muy variable en el tiempo.

Como quiera que la conductividad eléctrica varíe la movilidad de los iones y consigo la temperatura, se lograra obtener valores comparables siempre y cuando se mida a una temperatura fija de 25 °C.

Una doble influencia en el suelo ejerce la presencia de sales, por una parte, la posible toxicidad de algunos iones presentes como el sodio, y por otra parte el aumento en la presión osmótica de la solución que obstaculiza la absorción de agua por parte de las plantas, de hecho, su efecto se suma al potencial matricial; el cual hace que los comportamientos fisiológicos de los suelos salinos como secos con un nivel de humedad apreciable (Bertsch, 1998, pág. 124).

## **3. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Ubicación del ensayo**

La investigación está ubicada en el límite de las provincias de Guayas y Cañar, en el Cantón La Troncal, Parroquia Manuel de Jesús Calle, en la Hda. Magdalena, propiedad del Sr. Orlando Gallegos.

Longitud: 79°19'28.9"W

Latitud: 2°19'16.3"S

### **3.2. Características climáticas**

Por su corta distancia de la provincia del Guayas se exponen los datos climáticos del cantón El Triunfo, que según información de la Prefectura del Guayas está 10 msnm, con respecto a su temperatura va desde 15 °C como mínima y 34 °C la máxima con una precipitación anual promedio de 1 000 mm. La superficie del terreno es plana con ondulaciones ligeras. El Río principal es el Bulubulu que recorre el cantón de este a oeste, recibe las aguas de los ríos Barranco Alto, La Isla y Culebras (Prefectura del Guayas, 2010).

### **3.3. Materiales**

En Campo

- GPS
- Tabla de Munsell
- Barrenos
- Descriptores de campo
- Envases
- Machete
- Navaja
- Fundas ziploc



En Oficina

- Computador
- Programas informáticos
- Cuaderno de apuntes

### **3.4. Material experimental**

Durante la presente investigación según el levantamiento topográfico se realizaron igual número de lecturas (barrenazos) al total de las hectáreas de la propiedad, estas lecturas de suelo se realizaron hasta 1.20 metros de profundidad para registrar información de las texturas, color, humedad, estructura e hidromorfismo del suelo; una vez determinado los tipos de suelos en la hacienda se tomaron muestras foliares de plantas prontas a su tercera hoja de manera aleatoria en un total del 10 % de plantas dentro de cada tipo de suelo, así también se colocaron sondas de acceso a la solución de suelo en cada tipo de suelo a 15 cm y 30 cm para determinar mediante análisis de la cantidad de nutrientes disponibles, finalmente se tomó dos muestras de agua de riego una al inicio del estudio y otra al final, para conocer la calidad del agua de riego y sus aportes al cultivo (Agronomía Mesoamericana, 2008).

### **3.5. Análisis estadístico**

En las muestras de suelo se determinaron las características físico-químicas las cuales serán representadas a través de tablas y gráficos.

Los resultados de solución de suelo y muestras foliares fueron asociadas a través de comparaciones de rangos establecidos. Con los resultados obtenidos tanto de muestras de suelo, solución de suelo y foliar se realizaron recomendaciones para dinamizar el programa de fertilización de la propiedad.

#### **3.5.1. Variables a evaluadas**

Se determinó:

En suelo hasta los 60 cm de profundidad se analizó: pH, materia orgánica, ClCe, N total, P, K, Mo, Ca, Mg, Na, B, Mn, Cu, Zn, Fe. La muestra

estará constituida por sub-muestras tomadas cada 500m dentro del tipo de suelo

En solución de suelo pH, C.E, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, SO<sub>4</sub><sup>=</sup>, B, Mn, Fe, Zn, Cu, Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>.

En foliar N, P, K, Mg, Ca, S, Cu, Mn, Zn, B, Mo, Fe, Na, porcentaje de materia seca (%MS), N:S, K:Ca, K:Mg, N:P, N:K, Ca:P. Al igual que en las muestras de suelo, estas seguirán la misma metodología.

### **3.6. Manejo del experimento**

Esta fase se desarrolló en campo y consistió en la identificación y descripción de las características estáticas de suelo observadas a nivel de campo.

#### **3.6.1. Adquisición de información en campo**

- **Colección de información en detalle**

La adquisición de información del suelo en campo se realizó de forma sistemática según la metodología del Soil Survey Manual, el mismo que es el resultado de años de investigación y recolección de datos de los tipos de suelos realizados en por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) con densidad de una observación por hectárea (cada 100 m), hasta una profundidad de 120 cm, utilizando un barreno tipo tubo o Pürkhauer. Este barreno permite sacar una muestra de suelo de 30 cm sin disturbar el mismo. Luego se vuelve a insertar el barreno en el mismo hoyo para sacar el suelo de 30 a 60 cm, así sucesivamente hasta llegar a 120 cm de profundidad. En cada observación se determinaron las siguientes características según la Guía de Descripción de Perfiles de la FAO: la pedregosidad superficial (% de la superficie cubierta con piedras) y la profundidad del nivel freático del sitio (cm). Por cada horizonte encontrado se determinó el límite superior e inferior (cm), el color de la matriz de suelo según

el libro de colores Munsell, la textura al tacto y el hidromorfismo. Debido a que la muestra se saca con un barreno, la observación se llama BZO.

La geo-referenciación de cada observación en campo se realizó mediante el uso de un sistema de navegación satelital GPS (Garmin 60CS). En cada observación se ingresó su numeración correspondiente, altitud en metros y coordenadas en Sistema Geodésico Mundial (WGS) 1984 UTM ZONA 17S. Finalmente, a cada observación almacenada en la base de datos se le anexó las coordenadas correspondientes. De esta forma se generó una base de datos en la que cada observación contiene la información de suelo y ubicación precisa en campo.

### **3.6.2. Descripción de calicatas**

Una vez terminado el estudio detallado de suelos, la siguiente etapa fue la descripción de calicatas. Para este trabajo se realizó 1 calicata por cada subclase de suelo, realizando en total 2 calicatas para el suelo A0 y 2 calicatas para los suelos A1 y B0 respectivamente. Cada calicata se ubicó en sitios representativos para cada subclase de. Para la descripción del perfil de suelo se utilizó la Guía de Descripción de Perfiles (FAO, 2009). Las características descritas por horizonte fueron: límite superior e inferior del horizonte (cm), color en húmedo de la matriz de suelo según el libro de colores Munsell, hidromorfismo (color y porcentaje), estructura (grado, tipo y clase), consistencia (plasticidad y adherencia), presencia de poros (tamaño y ocurrencia), presencia de piedras en el perfil, presencia de raíces y el límite entre dos horizontes. Por horizonte se tomaron muestras de suelo para determinar la densidad aparente y medir compactación.

El muestreo de suelo para densidad aparente se realizó tomando 3 muestras por horizonte hasta una profundidad máxima de 60 cm. Las muestras se tomaron con el barreno tipo tubo (volumen conocido). Posteriormente el suelo fue secado a 145 °C por 18 horas, este fue el tiempo equivalente hasta lograr el peso seco constante de los suelos. El cálculo de la densidad aparente se

realizó dividiendo el peso del suelo seco entre el volumen del mismo. También se calculó la porosidad (%) de suelo utilizando la formula siguiente:

$$1 - \text{Densidad aparente/Densidad de partículas.}$$

Para la densidad de partícula se utilizó un valor de 2.65 g/cm<sup>3</sup>.

### **3.6.3. Sistematización de la información**

La sistematización de la información de campo consistió en la interpretación de la información proveniente de campo, con el propósito de desarrollar un sistema de clasificación local y definir las unidades de suelo de la hacienda Magdalena.

### **3.6.4. Definición del suelo**

La etapa de reconocimiento de suelos se realizó a inicios del proyecto, que consta de la realización de observaciones (77 en total) de suelo con barreno (tipo Auger) en la hacienda, logrando con esto estructurar la base del sistema de clasificación local de suelos a utilizarse. Este sistema de clasificación local está enfocado a aquellas características que son importantes para el manejo del suelo hacia la producción de banano. La textura de los diferentes horizontes fue el descriptor más importante para la clasificación de suelos, seguido por espesor del horizonte, su color e hidromorfismo.

El sistema de clasificación local que se desarrolló fue jerárquico y contiene dos niveles: clase y subclase de suelo. La clase tiene un nivel jerárquico de suelo y describe las características generales de diferentes sub-clases. La sub-clase separa diferentes tipos de suelo correspondientes a una misma clase y describe en detalle las características de dicho suelo. Con el propósito de comparación y comunicación con otros profesionales, cada subclase de suelo de la clasificación local se correlacionó y clasificó según el

sistema universal de Soil Taxonomy (2006), mediante las descripciones alfanuméricas elaboradas por Agrorum S.A las cuales se encuentran en los registros físicos de la empresa; Se clasifico por clase de suelo desde la A hasta la F, y se le asigno valores numéricos según su cumplimiento del perfil típico

### **3.6.5. Mapa de suelos**

El procedimiento para la elaboración del mapa final de unidades de suelo, empieza en campo, donde el edafólogo en base a la recopilación de información va trazando isoclasas del comportamiento del suelo. Una vez realizado el mapa de campo de un área representativa, se procedió a ubicar los puntos geo-referenciados en una tabla de Excel donde se clasifico la información para iniciar la digitalización del mapa en Sistemas de Información Geográfica median el uso de la herramienta ArcGis.

Mediante el uso de ArcMap se realizó el mapa perimetral de la propiedad con sus linderos, funiculares, carreteras, empacadora, y otros detalles, además a través del uso de la función "Spline" alojada en la ruta *ArcToolBox/3DAnalytsTools/RasterInterpolation/Spline* se representó los tipos de suelos según su textura dentro de la propiedad, haciendo una clasificación de "NaturalBreak" en tres niveles para este caso. La exploración en campo no encontró piedras a nivel superficial, ni en los BZO tampoco se describe este tipo de material por lo que se descarta el realizar un mapa de pedregosidad de la propiedad. Para el Hidromorfismo se realizará una clasificación de los que contenga datos de este parámetro para ser representado en el mapa.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Suelos propiedades físico-químicas.

La clasificación de los suelos en los que se encuentra proyectada la propiedad corresponde a Entisoles e Inceptisoles según el estudio de suelos realizados en Ecuador en 2002, según la información cartográfica del Instituto Geográfico Militar en su servidor WMS.

**Tabla 4. Clasificación de los suelos**

Zona	Lugar	Denominación Común	Sistema Americano	Séptima Aproximación
Central	La Troncal	Aluvión Fértil y Poco Fértil	Aluvial	Entisol
Central	La Troncal	Depresión	Gley Húmico	Inceptisol

Elaborado por el autor

Los suelos en la propiedad corresponden a texturas que van de Medias a Moderadamente gruesas.

Luego del levantamiento perimetral de la propiedad se determinó el área en 79.7452 hectáreas y siguiendo los criterios antes mencionados el edafólogo levanto información en 77 BZO y 4 calicatas, los cuales luego de ser clasificadas presentaron 3 tipos de suelos con características texturales muy marcadas:

**Tabla 5. Clasificación de suelos y su representatividad**

Textura	Sub-Clase de Suelo	BZO	CAL	Área (ha)	Total (%)
F - FL	A0	39	2	37.144	46.6%
F - FAr	A1	14	1	20.592	25.8%
FA - FAL	B0	24	1	22.009	27.6%
$\Sigma =$		77	4	79.745	100.0%

**Elaborado por el autor**

Las clases texturales determinadas en la propiedad cumplen con las características expuestas por el MAGAP (2013) en su Guía BPA para Banano, así como la tabla de parámetro comparativo de textura para determinar la aptitud edáfica (MAGAP, 2012). La clasificación de suelos se basa en los criterios edafológicos recogidos en las bases de datos de la compañía y en la acumulación de experiencias del edafólogo, estas son las características determinadas en las subclases de suelos dentro de la propiedad:

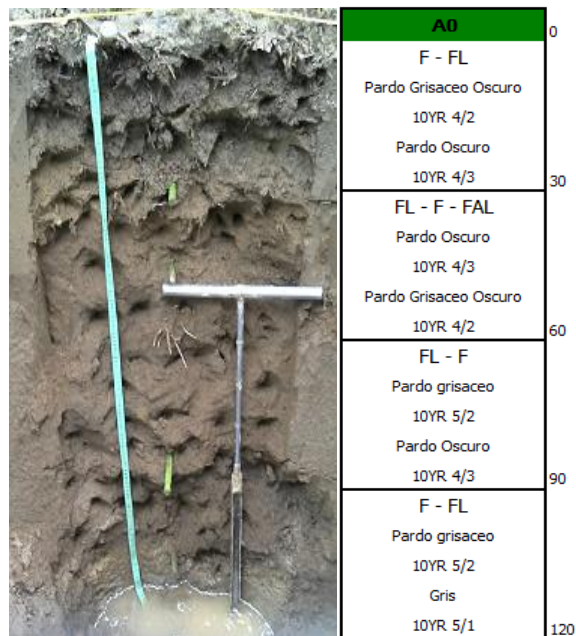
#### **4.2. Sub-Clases de suelos**

##### **4.2.1. Suelos Sub-Clase “A0”**

Se determinaron texturas medias tales como Franco, Franco-Limoso hasta los 30 cm de profundidad, de la misma forma presentan texturas medias a ligeramente finas como Franco-Limoso y Franco-Arcillo-Limoso, hasta los 90 cm de profundidad, y con presencias de texturas de medias finas a ligeramente gruesas como Franco-Limoso, Franco-Arcillo-limoso y Franco-Arenoso hasta los 120 cm de profundidad.

Son suelos profundos, moderadamente bien drenados. No obstante, evidencian efectos de hidromorfismo leve (falta de oxigenación) debido a la deficiencia en los drenajes.

**Gráfico 6. Suelos Clase A0 con sus características por horizontes**



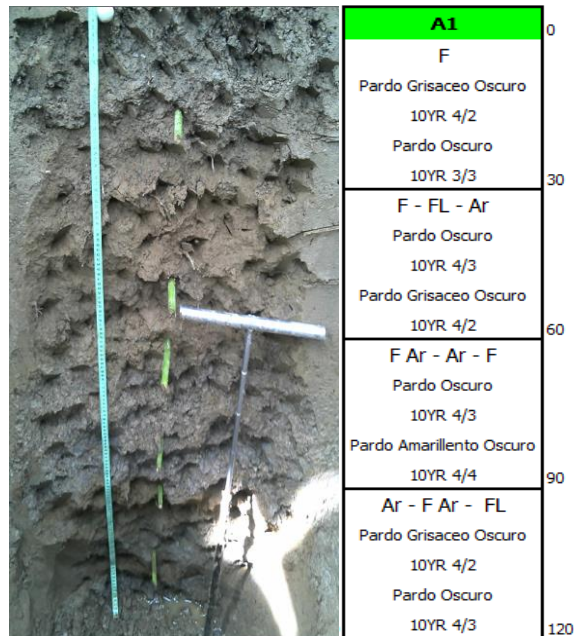
Elaborado por el autor

#### **4.2.2. Suelos Sub-Clase “A1”**

Se encontraron texturas medias tales como Franco, Franco-Limoso desde la superficie hasta los 30 cm de profundidad. De igual manera texturas medias y ligeramente gruesas a gruesas como Franco, Franco-Limoso, Franco-Arenoso y Arena hasta los 60 cm de profundidad ligeramente de esta misma forma tenemos texturas medias ligeramente gruesas y la predominancia de las texturas gruesas como Franco-Limoso, Franco-Arenoso y Arenoso hasta los 120 cm de profundidad.



**Gráfico 7. Suelos clase A1 con sus características por horizontes y sus respectivas texturas.**

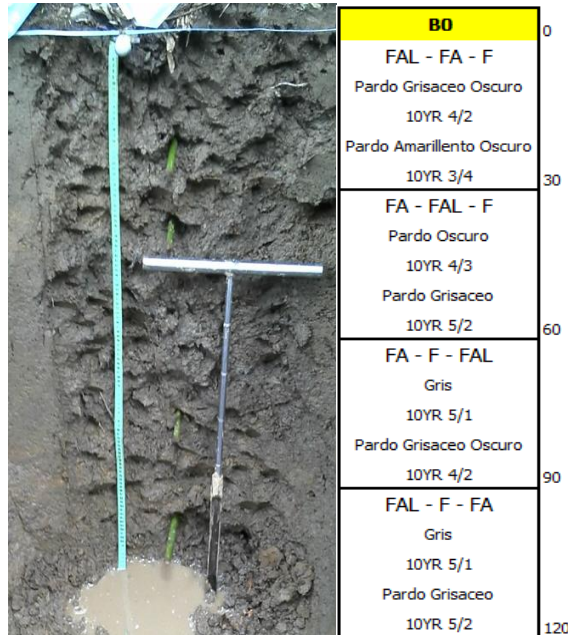


Elaborado por el autor

#### **4.2.3. Suelos Sub-Clase “B0”**

Se establecieron horizontes de texturas Franco-arcilloso en algunas partes del perfil, generalmente con un espesor de 40 cm aproximadamente. Esta condición hace que su comportamiento en términos de drenaje sea más lento que los suelos de sub-clase “A”, posee además una morfología y secuencia de horizontes tipo **Ap/Bg/C** lo cual favorece la presencia de algunos horizontes de colores tipo Gley (Horizontes **Bg**) que son provocados por falta de oxígeno en el suelo.

**Gráfico 8. Suelos clase B0 con sus características por horizontes y sus respectivas texturas.**



Elaborado por el autor

#### 4.3. Densidad aparente y porosidad

La densidad aparente fue uno de los parámetros físicos del suelo que se midieron mediante pruebas en laboratorio. La densidad aparente indica la porosidad y mide el grado de compactación que posee el suelo. Ambas propiedades están altamente influenciadas no solamente por el tipo suelo, sino también por el tipo de manejo que reciben los sistemas productivos a través del tiempo.

**Tabla 6. Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>) de los diferentes tipos de suelo.**

Tipo de Suelo	Calicata #	Espesor (cm)		L (cm)	Vol. Muestra (cm <sup>3</sup> )	Peso seco	Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad
		Prof 1	Prof 2					
A0	1	0	22	40.00	106.36	132.00	1.24	53 %
A0	1	22	52	42.00	111.68	136.00	1.22	54 %
A1	2	0	28	39.30	104.50	140.00	1.34	49 %
A1	2	28	48	35.00	93.07	118.00	1.27	52 %
A0	3	0	24	39.00	103.70	122.00	1.18	56 %
A0	3	24	39	36.00	95.73	112.00	1.17	56 %
B0	4	0	35	44.00	117.00	126.00	1.08	59 %
B0	4	35	45	40.00	106.36	134.00	1.26	52 %

Elaborado por el autor

Los suelos cultivados de textura fina a media, tales como arcilla y franco limoso tienen rangos típicos de densidad aparente entre 1.0 g/cm<sup>3</sup> - 1.6 g/cm<sup>3</sup> (Brady, The nature and properties of soils., 1984, pág. 50). En la Finca Magdalena encontramos valores que van desde 1,08 g/cm<sup>3</sup> hasta 1,34 g/cm<sup>3</sup> lo mismo que muestra que el nivel de compactación del suelo es apropiado para el desarrollo adecuado del sistema radicular del cultivo, el riego y la translocación de minerales. En porcentaje de porosidad óptima para facilitar el acceso al aire, agua y nutrientes están entre 56-62 % (Amézquita, 2004, pág. 175), con lo que podemos concluir que los suelos dentro de la propiedad son aptos para el cultivo de banano.

#### **4.4. Propiedades químicas de los suelos**

El suelo juega un papel muy importante como medio para sostener los cultivos a través de su capacidad para contener agua y drenar eficientemente los excesos. Pero igual de importante para sostener un cultivo es la capacidad del suelo para adherir nutrientes (iones) en sus coloides que la planta absorbe todos los días. No obstante, para que el suelo retenga y suministre los nutrientes a la planta deben presentarse ciertas condiciones químicas favorables para que exista disponibilidad de nutrientes para la planta. Entre ellas están la acidez del suelo, el grado de salinidad, contenido de la materia orgánica y en general la fertilidad natural del suelo medido a través del contenido de los macro y micronutrientes. El análisis de cada propiedad química de los suelos del proyecto será realizado en la siguiente etapa.

En general la Finca Magdalena cuenta con condiciones adecuadas para la producción de banano, sin embargo, la diferencia de tipos suelo en su mayoría por presencia de arena, amerita el manejo de la fertilidad del cultivo de forma diferenciada para efectivizar su uso, manejo, ahorros en fertilizantes e incremento de producción.

Tabla 7. Resultados de análisis de suelos para fertilidad

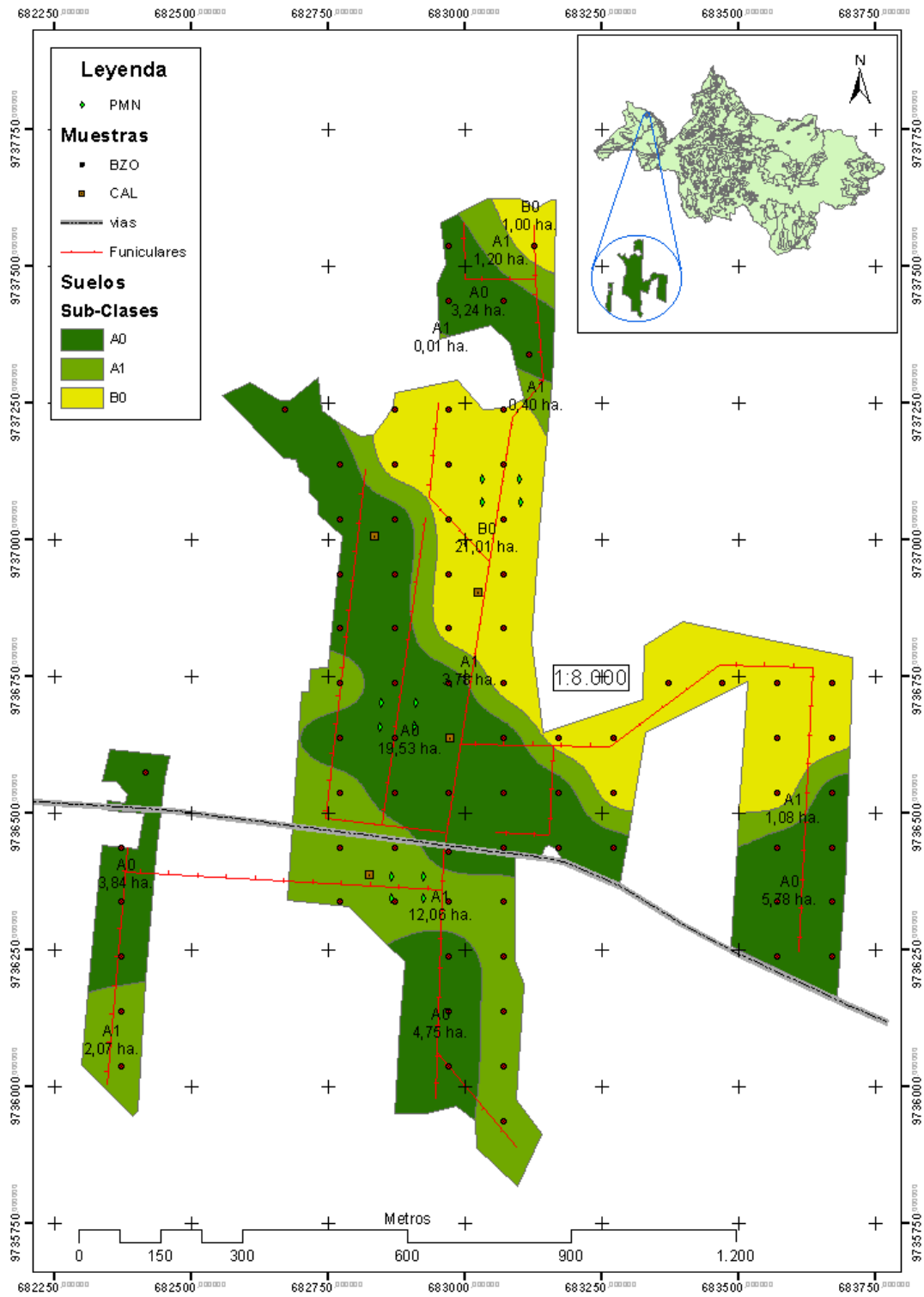
Parámetros	Rango		Unidad	1	2	3	4	5	6
				0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
				A0	A0	A1	A1	B0	B0
				F - FL	FL-F-FAL	F - FAr	F-FL-Ar	FA - FAL	FA-FAL-F
pH	5,5 -	7,5		✓ 7,10	✓ 7,00	✓ 6,40	✓ 6,40	✓ 6,80	✓ 6,50
Materia Orgánica	>	1,2	%	✓ 1,20	✗ 0,50	✓ 1,60	✗ 0,70	✓ 2,00	✗ 0,60
Nitrógeno (N)	>	0,3	%	✗ 0,19	✗ 0,10	✗ 0,16	✗ 0,07	✗ 0,23	✗ 0,12
Fósforo (P)	10 -	40	ppm	✗ 1,10	✗ 1,00	✗ 2,00	✗ 2,60	✗ 2,50	✗ 2,00
Potasio (K)	195 -	585	ppm	✗ 8,40	✗ 8,90	✗ 13,30	✗ 14,80	✗ 9,10	✗ 9,80
Calcio (Ca)	800 -	4000	ppm	✗ 363,00	✗ 135,00	✗ 266,00	✗ 104,00	✗ 462,00	✗ 227,00
Magnesio (Mg)	150 -	2160	ppm	✗ 42,80	✗ 46,80	✗ 41,10	✗ 40,90	✗ 51,00	✗ 55,30
Hierro (Fe)	10 -	100	ppm	! 553,00	! 299,00	! 589,00	! 295,00	! 871,00	! 944,00
Manganeso (Mn)	5 -	50	ppm	! 140,00	! 157,00	! 125,00	! 321,00	! 71,50	! 263,00
Zinc (Zn)	2 -	20	ppm	✓ 2,45	✓ 6,21	✓ 2,55	✓ 12,60	✓ 2,90	✓ 2,49
Cobre (Cu)	2 -	20	ppm	✓ 6,65	✓ 5,12	✓ 6,50	✓ 5,90	✓ 7,24	✓ 7,21
Boro (B)	0,5 -	2	ppm	✗ 0,37	✓ 1,06	✗ 0,35	✓ 1,96	✗ 0,36	✓ 0,52
Sodio (Na)	11 -	23	ppm	! 35,10	! 28,10	! 36,90	✓ 16,80	! 48,80	! 37,30
Molibdeno (Mo)	0,2 -	5	ppm	✗ 0,15	✗ 0,13	✗ 0,14	✗ 0,12	✗ 0,17	✗ 0,18
ClCe	5 -	25	meq/100ml	✓ 18,40	✓ 18,60	✓ 16,50	✓ 15,80	✓ 15,30	✓ 15,10
Suma de Bases	5 -	25	meq/100ml	✗ 2,55	✗ 1,26	✗ 1,99	✗ 1,04	✗ 3,21	✗ 1,88
Relaciones entre Bases	2 -	5	Ca/Mg	! 8,48	✓ 2,88	! 6,47	✓ 2,54	! 9,06	✓ 4,10
	5 -	25	Ca/K	! 43,21	✓ 15,17	✓ 20,00	✓ 7,03	! 50,77	✓ 23,16
	2,5 -	15	Mg/K	✓ 5,10	✓ 5,26	✓ 3,09	✓ 2,76	✓ 5,60	✓ 5,64
	10 -	40	Ca+Mg/K	! 368,10	! 140,26	! 269,09	! 106,76	! 467,60	! 232,64

Elaborado por el autor

Como se detalla en el tabla 7 los parámetros que están dentro del rango (López, Vargas, Espinoza, y Vargas, 2001) óptimo de suelos para la producción de banano son pH, Zn, Cu, para los demás que están por debajo del rango se deberá tomar acciones correctivas para llegar a los niveles óptimos, mientras que los parámetros que exceden los límites recomendados deberán ser suprimidos de las fertilizaciones hasta nuevos análisis donde se compare resultados. Lo que se puede deducir a simple vista es que no hay una diferencia entre los contenidos de nutrientes de las 6 muestras analizadas. Así también todas las muestras están dentro del rango para el parámetro de Capacidad de Intercambio Catiónico extractable (CICE) lo cual demuestra el potencial del suelo para retener los minerales con las debidas correcciones en el programa de fertilización.

## Mapa de suelos.

Gráfico 9. Mapa de estudio de suelos, con representación de isolíneas.



Elaborado por el autor

#### 4.5. Condiciones de hidromorfismo.

Durante el desarrollo de estudio de suelos fue muy evidente la presencia de Niveles Freáticos altos a una profundidad de 100 cm de la superficie de suelo, siendo 120 cm el valor recomendable para el cultivo de banano. Esto fue presenciado donde la red de drenajes fue deficiente y eran zonas de depresión topográfica.

Por otro lado, la presencia de hidromorfismo a partir de los 75 cm de la superficie que lo testifica en su color la fluctuación del nivel freático a lo largo del año, siendo este un indicador químico para la elaboración de drenajes, como se puede observar en el siguiente mapa, donde se detalla sus zonas afectadas, con Niveles Freáticos altos y con presencia de hidromorfismo.

**Tabla 8. Porcentaje de hidromorfismo en la propiedad**

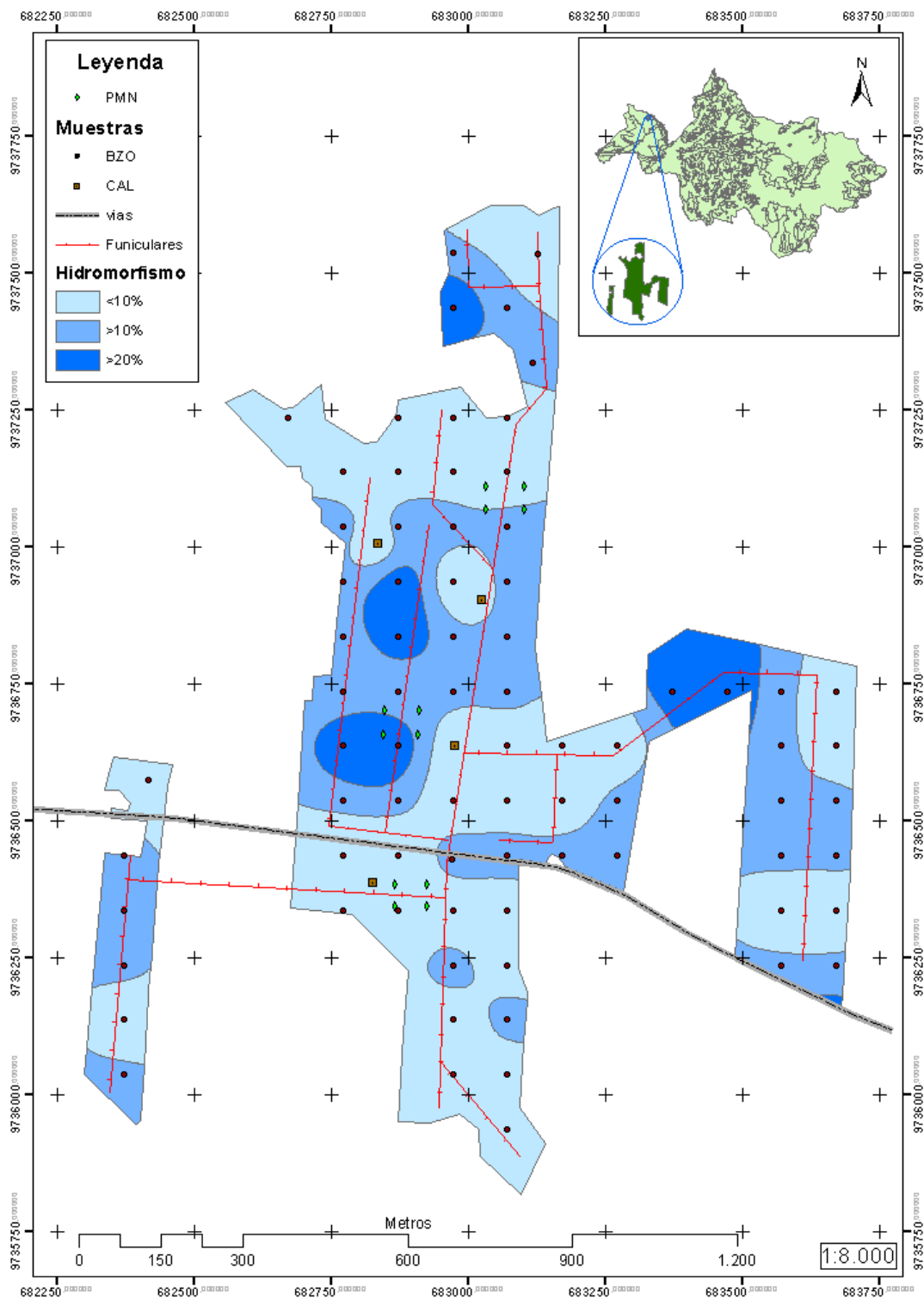
HIDROMORFISMO	Área (ha)	Total (%)
<10 %	43.240	54.2 %
>10 %	29.590	37.1 %
>20 %	6.915	8.7 %
$\Sigma =$	79.745	100.0 %

Fuente: el autor

En condiciones de hidromorfismo se produce la reducción de Fe y Mn los cuales migraran en la estación seca o por déficit de riego hacia los horizontes superiores donde se oxidarán y posteriormente inmovilizaran; la dificultad con la que se oxida el Mn hará que gran parte de este se lave con las lluvias, mientras que el Fe por proceso de la oxidación pasara a estado ferroso con lo que puede ser absorbido por la planta y causar fitotoxicidad.

## Mapa de Niveles Freáticos

Gráfico 10. Mapa con representación del hidromorfismo a -75cm



Elaborado por el autor



#### 4.6. Unidades de manejo

Para determinar las unidades de manejo se consideró las características físico-químicas de suelos y las caracterizaciones de las subclases de suelos, la influencia de los niveles freáticos e hidromorfismo se manejarán de manera independiente con la elaboración de canales secundarios y terciarios para mejorar el drenaje de las unidades de manejo, así se determinó 2 unidades de manejo agrupadas en suelos A y suelos B con las siguientes áreas:

**Tabla 9. Área por unidad de manejo**

UNIDADES DE MANEJO	Área (ha)	Total (%)
A	52.683	66.1 %
B	27.062	33.9 %
$\Sigma =$	79.745	100.0 %

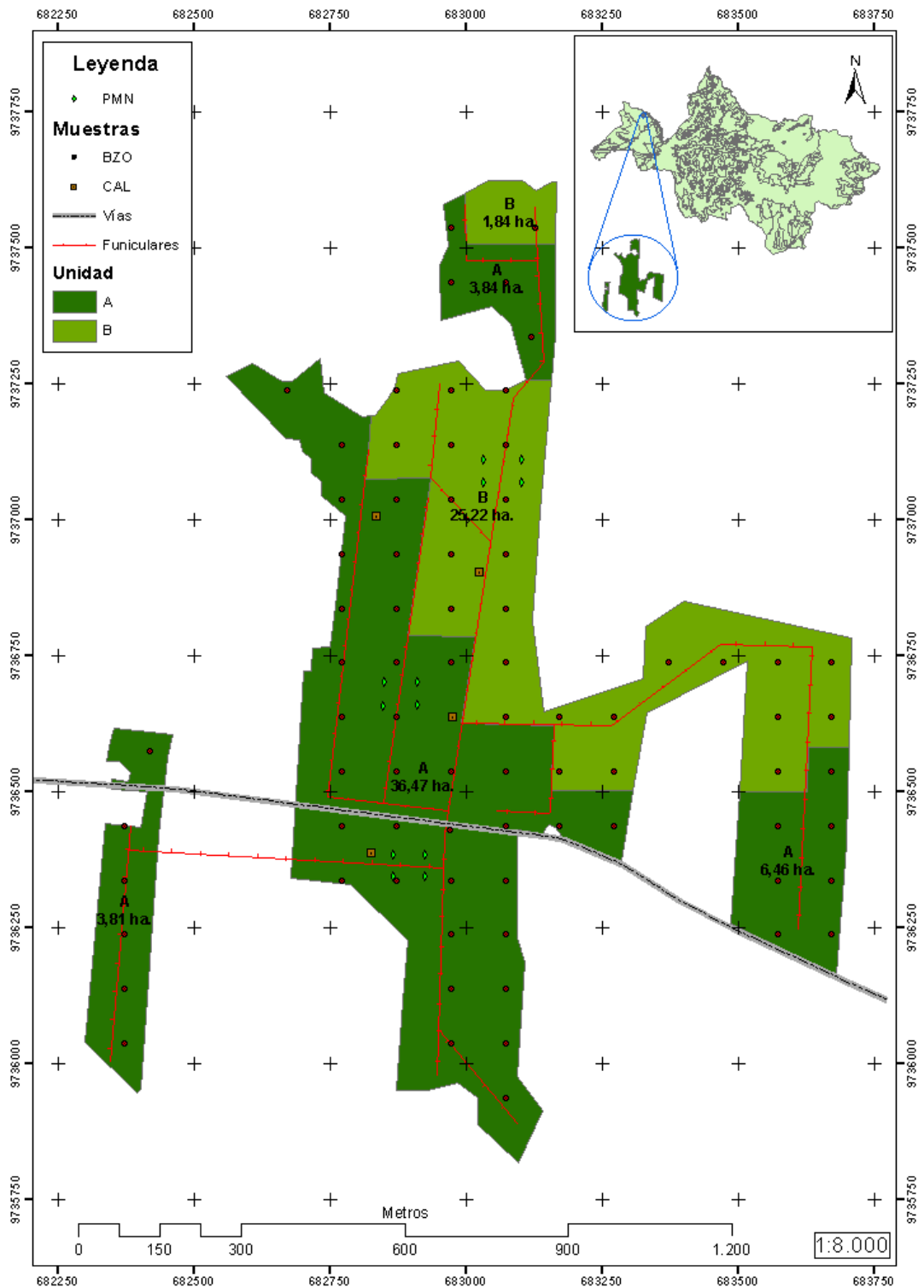
Elaborado por el autor

Para estimar los límites de las unidades de manejo se utilizó como referencia los funiculares o cable vías, debido a que la representación de los tipos de suelos o unidades de manejo en campo no son posibles, es así que en algunas área determinadas como A o B pueden encontrarse subclases de suelos que no pertenezcan al grupo quedando como inclusiones en el terreno, pero esto se cuantifica al reducir los costó de fertilización al aplicar dosis de fertilizantes en zonas específicas según las deficiencias y capacidades de cada unidad de manejo.

Se esperaba coleccionar más información para identificar los sectores específicos que presentan variaciones en los racimos pero los registros que llevan en la propiedad no registran estos datos. Teniendo como base la información coleccionada en campo.

## Mapa de Unidades de manejo

Gráfico 11. Mapa de unidades de manejo y sus áreas



Elaborado por el autor

#### 4.7. Resultados de análisis de solución de suelo y foliar

Tabla 10. Análisis de solución de suelo

Parámetros	Rango	Unidad	1	2	3	4	5	6
			15 cm.	30cm.	15 cm.	30cm.	15 cm.	30cm.
			A0	A0	A1	A1	B0	B0
			DA-13/0118	DA-13/0120	DA-13/0122	DA-13/0124	DA-13/0126	DA-13/0128
pH value	5,5 - 7,5		✓ 7,10	✓ 7,00	✓ 7,10	✓ 7,00	✓ 7,10	✓ 7,10
Contenido de sal	500 - 1000		✗ N/D	✗ N/D	✗ N/D	✗ N/D	✗ N/D	✗ N/D
CE	0 - 0,75	μS/cm	! 1020,00	! 696,00	! 1340,00	! 784,00	! 700,00	! 753,00
Nitrogen, total	0,3 - 0,4	mg/l	! 6,00	! 3,00	! 6,00	! 2,80	! 5,00	! 4,00
Fosforo	8 - 14	mg/l	✗ 0,18	✗ 0,18	✗ 0,17	✗ 0,19	✗ 0,37	✗ 0,54
Potasio	8 - 15	mg/l	✗ 3,80	✗ 2,40	✗ 3,10	✗ 1,70	! 19,00	✓ 8,70
Magnesio	21 - 28	mg/l	! 42,00	✓ 25,00	! 59,00	✓ 22,00	✓ 24,00	! 32,00
Calcio	102 - 178	mg/l	✓ 130,00	✗ 95,00	! 180,00	✓ 120,00	✗ 90,00	✗ 97,00
Azufre	10 - 11,9	mg/l	! 70,00	! 28,00	! 68,00	! 28,00	! 50,00	! 21,00
Cobre	1,1 - 4	mg/l	✗ 0,01	✗ 0,00	✗ 0,01	✗ 0,00	✗ 0,01	✗ 0,01
Manganeso	5,1 - 15	mg/l	✗ 0,24	✗ 0,12	✗ 0,30	✗ 0,21	✗ 0,51	✗ 0,54
Zinc	3,1 - 7	mg/l	✗ 0,12	✗ 0,05	✗ 0,10	✗ 0,07	✗ 0,19	✗ 0,11
Boro	0,2 - 0,49	mg/l	✗ 0,07	✗ 0,07	✗ 0,05	✗ 0,03	✗ 0,12	✗ 0,13
Molybdenum	3 - 5	mg/l	✗ 0,00	✗ 0,00	✗ 0,00	✗ 0,00	✗ 0,01	✗ 0,01
Hierro	20 - 40	mg/l	✗ 0,66	✗ 0,08	✗ 1,20	✗ 0,08	✗ 0,80	✗ 0,97
Sodio	11 - 23	mg/l	✓ 14,00	✗ 9,40	✓ 13,00	✗ 8,00	✓ 17,00	✓ 14,00
Suma de bases	130 - 220	mg/l	✓ 175,80	✗ 122,40	! 242,10	✓ 143,70	✓ 133,00	✓ 137,70

Elaborado por el autor

La solución de suelo se extrajo con Sondas de Acceso a la Solución de Suelo a profundidades de 15 cm y 30 cm para analizar las concentraciones de los nutrientes disponibles para las plantas y otros parámetros, los resultados se presentan a continuación:

Los rangos observados en la tabla son parte de la base de datos de cultivos del laboratorio Umwelt – Eurofins, con los cuales se puede cotejar los resultados de análisis de solución de suelo, encontrando similitud en las deficiencias y excesos presentados en las 6 muestras, esto debido a que una semana antes de la toma de muestras se fertilizo los lotes en los que se encuentran las sondas, con lo cual podemos deducir que los insumos que se utilizan en la propiedad no están en su mayoría disponibles para las plantas y deberán pasar por diversos procesos físicos-químicos hasta estar disponibles, mientras otros están en exceso por su alta solubilidad.

Mediante los análisis foliares se determinó la relación entre la disponibilidad de los nutrientes en solución de suelo y foliar, debido a que las unidades son diferentes no se realizó una correlación estadística, los resultados de los análisis se muestran a continuación:

**Tabla 11. Análisis foliares**

Parámetros	Rango		Unidad	1	2	3
				A0	A1	B0
				DA-13/0119	DA-13/0121	DA-13/0123
Nitrogeno (N)	2,6	- 3,5	%	✓ 3,29	✗ 2,36	✓ 2,64
Fosforo (P)	0,2	- 0,3	ppm	✓ 0,21	✗ 0,16	✓ 0,21
Potasio (K)	3,0	- 4,0	ppm	✗ 2,77	✓ 3,67	✓ 3,97
Magnesio (Mg)	0,3	- 0,6	ppm	✓ 0,54	✓ 0,42	✓ 0,35
Calcio (Ca)	0,5	- 1,3	ppm	! 1,40	✓ 0,93	✓ 0,57
Azufre (S)	0,2	- 0,3	ppm	✓ 0,23	✗ 0,18	✗ 0,18
Cobre (Cu)	9,0	- 20,0	ppm	✓ 9,50	✗ 8,00	✓ 9,90
Manganeso (Mn)	20,0	- 100,0	ppm	! 940,00	! 790,00	! 230,00
Zinc (Zn)	18,0	- 35,0	ppm	✗ 14,00	✗ 17,00	✗ 17,00
Boro (B)	11,0	- 25,0	ppm	✓ 17,00	! 28,00	✓ 17,00
Molibdenum (Mo)	0,1	- 5,1	ppm	✗ 0,05	✗ 0,04	✓ 0,44
Hierro (Fe)	80,0	- 200,0	ppm	✓ 190,00	✓ 180,00	! 380,00
Sustancia seca (Ss)	50,0	- 100,0	ppm	✗ 20,60	✗ 18,00	✗ 18,70

Fuente: el autor

Al igual que para la solución de suelo, el laboratorio entrega una base de rangos para comparar la información emitida en los resultados, donde podemos apreciar que a pesar de las deficiencias y excesos que se encontraron en la solución de suelo las muestras foliares presentan valores en exceso en las 3 muestras solo para Manganeso; siendo la muestra foliar del suelo A1 la que presenta mayores deficiencias en comparación con las muestra A0 y B0.

Usando la información recabada en el estudio de suelos y los análisis realizados en suelo, solución de suelos y foliar además de los programas de fertilización y los registros de producción de los últimos 4 años se desarrolló un programa de fertilización ajustado a la representación de las unidades de manejo; para esto se consultaron los requerimientos nutricionales del cultivo de banano en trabajos del International Plant Nutrition Institute (IPNI), llegando a los siguientes resultados:

**Tabla 12. Requerimiento nutricional del cultivo y deficiencias del suelo**

Nutrientes (minerales)	Deficiencias (+) % Aportes (-) del Suelo por Tipo de Suelo		Requerimiento Nutricional del cultivo por tn.		Kg. PC/64,31Tn/ha/año + Demanda del suelo	
			Kg. PC/64,31Tn/ha/año		Kg PC/ha/año	
	A0+A1	B0	A0+A1	B0	A0+A1	B0
N	-	-	306,10	318,35	306,10	318,35
P	21,99	18,53	51,45	53,50	73,44	72,04
K	461,08	459,35	480,38	499,59	941,46	958,94
Ca	1079,81	835,18	96,46	100,32	1176,27	935,50
Mg	264,89	244,63	36,01	37,45	300,90	282,08
S	-106,78	-125,45	90,03	93,63	0,00	0,00
Zn	-	-	3,22	3,34	3,22	3,34
Cu	-	-	0,96	1,00	0,96	1,00
Mn	-222,39	-	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,32	0,35	3,22	3,34	3,54	3,69

PC: Producto Comercial o Producto Formulado.

En esta grafica podemos apreciar la deficiencias del suelo para los parámetros de P, K, Ca, Mg y B y un exceso en la disponibilidad de Mn para la unidad de manejo de Clase A, así también se determinó que la demanda del cultivo para producir 56.17 t/ha/año según las condiciones específicas del lugar, podemos observar que la suma de la demanda del cultivo y el suelo para calcio es muy alto por lo cual se recomienda una enmienda con yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), y para la alta demanda de K se recomienda como suplemento nutricional el compostaje de los residuos post-cosecha para generar abonos.

## 5. CONCLUSIONES

Luego del análisis de la información colectada en campo y los resultados de laboratorio se puede concluir lo siguiente:

Los resultados obtenidos de BZO y calicatas en los que se determinó en campo las texturas de suelo, color e hidromorfismo, permitieron identificar 2 clases divididas en 3 sub-clases de suelos, las cuales presentan diferencias en su composición textural como en los horizontes.

Para hidromorfismo los muestreos identificaron las zonas como problemas de drenaje, sean estas por ser zonas con depresión o carentes de canales que permitan un rápido drenaje y evite la oxidación recurrente del Fe y Mn.

En los resultados de Solución de suelo podemos definirlos como una respuesta directa a las fertilizaciones del cultivo, ya que son muy pocos los parámetros que difieren entre sí para las 6 muestras analizadas a diferentes profundidades.

Por el contrario los resultados foliares revelaron que si existen diferencias notorias entre la cantidad de nutrientes absorbidos por las plantas y las deficiencias de algunos minerales esenciales para la producción.

En tanto los resultados para las muestras de suelo presentaron para los parámetros analizados respuestas que muestran deficiencias en Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), y aunque estos están por debajo del rango mínimo presentan diferencias entre las muestras. Para los demás parámetros como Hierro (Fe) y Manganeso (Mn) se demostró que en hay un exceso de estos, producto de los problemas de drenaje en la propiedad.

## 6. RECOMENDACIONES

### En campo:

- Realizar fertilizaciones diferenciadas en base unidades de manejo determinadas durante el estudio, debido a que cada unidad presenta diferencias en sus composiciones físicas.
- Elaborar canales terciarios que permitan mejorar el drenaje de las zonas que presentan problemas de hidromorfismo para la época invernal, así también controlar los tiempos de riego en el verano con el fin de mejorar la calidad del suelo.
- Tomar muestras foliares en los periodos críticos para mejorar el seguimiento nutricional y aportar los nutrientes deficientes así como fitohormonas que permitan reducir el estrés en la plantación.

### Para próximos estudios se recomienda:

- Efectuar una mayor densidad de BZO para determinar si existe diferencia significativa con precisión la variación de las texturas por hectárea analizada.
- Realizar análisis foliares de al menos 1 por cada 10 hectáreas una vez determinado la Sub-clase a la que pertenece la zona de muestreo, para así obtener una nube de datos que viabilice el uso de herramientas estadísticas y de sistemas de información geografía para realizar interpolaciones entre cada uno de los minerales y las condiciones texturales.
- Evitar el coleccionar muestras de solución de suelo en días posteriores a la aplicación de fertilizantes, para cuantificar las reservas que el suelo tiene para el cultivo.
- Realizar un levantamiento de información de al menos dos meses de cortes en los que se registre la producción por lote.



## BIBLIOGRAFÍA

- Abrego, F. (2012). Determinación de la capacidad de intercambio iónico. En *Calidad Ambiental de los Suelos* (pág. 12). Buenos Aires. Obtenido de [http://www.agroindustria.gob.ar/site/agricultura/PROINSA/06-Ronda%202012/\\_archivos/000300\\_Lic.%20Fabio%20L.%20Abrego%20-%20UNNOBA/000300\\_Determinaci%C3%B3n%20de%20CIC.pdf](http://www.agroindustria.gob.ar/site/agricultura/PROINSA/06-Ronda%202012/_archivos/000300_Lic.%20Fabio%20L.%20Abrego%20-%20UNNOBA/000300_Determinaci%C3%B3n%20de%20CIC.pdf)
- Agronomía Mesoamericana. (2008). Obtenido de RECUPERACIÓN DEL 15N EN LA PLANTA DE BANANO Y EN EL SUELO DE ÁREAS CON ORIGEN SEDIMENTARIO: [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v24n01\\_071.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v24n01_071.pdf)
- Amézquita. (2004). Programa y Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. En *Fertilidad física del suelo. In Valenzuela* (pág. 175). Cartagena de Indias.
- Araya, M. (2003). Situación actual del manejo de nematodos en banano (Musa AAA) y plátano (Musa AAB) en el Trópico Americano. *Taller: manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas.*, (págs. 31-33). Guayaquil-Ecuador.
- Arias, C. (2007). En *Suelos Tropicales* (pág. 93). San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Arias, O., & Valverde, M. (1987). Producción y variación somaclonal de plantas de banano variedad Grande Naine producidas por cultivo de tejidos., (págs. 6-11).
- BCE. (2015). *Datos macroeconomicos*.
- Bertsch. (1998). La Fertilidad de los suelos y su manejo. *ACCS*, 157.
- Beugnon, M., & Champion, J. (1966). Etude sur les racines du bananier.
- Botanical Online. (2010). Obtenido de <http://www.botanical-online.com/platano-valor-nutricional.htm>
- Brady, N. (1984). The nature and properties of soils. En N. Brady, *The nature and properties of soils*. (Novena ed., pág. 50/780). New York: Macmillan Publishing Company. Obtenido de [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/Pnady001.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnady001.pdf)
- Brady, N., & Weil, R. (2002). The nature and properties of soil. 13th ed. New Jersey.
- Cabalceta, G. (1993). Niveles críticos de Fósforo, Azufre y correlación de soluciones extractoras en Ultisoles, Inceptisoles, Vertisoles y Andisoles De Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Champion, J., & Olivier, P. (1961). Etudes préliminaires sur les racines du bananier.

- Delvaux, B., Declerck, S., & Schadeck, S. (1998). Bioersivity International. (pág. 123). Guácimo: CENTRO EDITORIAL srl. Obtenido de [https://www.bioersivityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/online\\_library/publications/pdfs/708\\_ES.pdf](https://www.bioersivityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/708_ES.pdf)
- Devlin, R. (1982). Fisiología Vegetal. Barcelona, España: Omega S.A.
- Dorronsor, C. (2010). Obtenido de Introducción a la Edafología: <http://www.edafologia.net/index.htm>
- Dorronsor, C. (s.f.). *Introduccion a la Edafología*. Obtenido de <http://www.edafologia.net/introeda/tema05/ccc.htm>
- FAO. (2004). *FAOSTAT*. Obtenido de Estadísticas sobre la productividad, área sembrada y rendimientos de bananas en Latinoamérica y el Caribe: <http://faostat3.fao.org/home/S>
- FAO. (2009). *Guia para la descripción de suelos*. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a0541s/a0541s00.pdf>
- FAO. (2013). *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/019/i3627e/i3627e.pdf>
- Fassbender, H., & Bornemisza, E. (1994). Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina., (pág. 22). San José, Costa Rica.
- García, E. (2009). *Industria Bananera Ecuatoriana*. Obtenido de [http://www.aebe.com.ec/data/files/Publicaciones/INDUSTRIA\\_BANANERA\\_2009\\_act\\_sept\\_2010.pdf](http://www.aebe.com.ec/data/files/Publicaciones/INDUSTRIA_BANANERA_2009_act_sept_2010.pdf)
- Gauggel. (2003). La Problemática del deterioro radical del banano y su impacto sobre la producción: experiencia de producción en América Latina. *Simposio Internacional: Sistema Radical del banano: hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo*, (págs. 20-25).
- INEC. (2010). *ANÁLISIS DEL SISTEMA AGROALIMENTARIO DEL BANANO EN EL ECUADOR*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Banano.pdf>
- INFOAGRO. (2010). *INFOAGRO*. Obtenido de [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/platano.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm)
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2014). *Ecuador en cifras*. Recuperado el Febrero de 2016, de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac\\_2014/Resultados\\_2014/2.%20Presen-tacion\\_ESPAC\\_2014.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2014/Resultados_2014/2.%20Presen-tacion_ESPAC_2014.pdf)

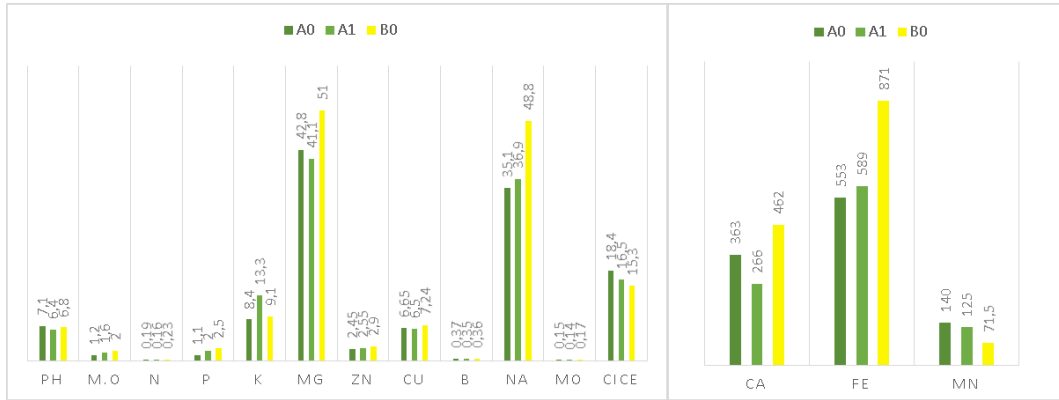
- International Plant Nutritional Institute. (2008). Manual de Nutricion y Fertilizacion del Banano. 17.
- Lahav, E., & Turner, D. W. (1992). Fertilizacion del banano para rendimientos altos., (pág. 71). Quito, Ecuador.
- López, A., Vargas, A., Espinoza, J., & Vargas, R. (2001). *Síntomas y Deficiencias Nutricionales y otros desórdenes Fisiológicos en el Cultivo de Banano (Musa AAA)*. CORBANA, San José. Obtenido de [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/G%20Banano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/G%20Banano.pdf)
- MAGAP. (Diciembre de 2012). *Geoportal*. Obtenido de [http://geoportal.magap.gob.ec/geonetwork/srv/eng/resources.get?id=53&fname=01\\_Zonificacion\\_agroecologica\\_cultivo\\_banano\\_1.0.pdf&access=private](http://geoportal.magap.gob.ec/geonetwork/srv/eng/resources.get?id=53&fname=01_Zonificacion_agroecologica_cultivo_banano_1.0.pdf&access=private)
- MAGAP. (Noviembre de 2013). *Agrocalidad*. Recuperado el 2016, de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2014/10/Gui%CC%81a-BPA-Bananoeditada.pdf>
- Marcelino, L. (2008). Manual de recomendaciones técnicas para el cultivo tecnificado del banano (Musa paradisíaca). 30.
- Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca. (2014). *SINAGAP*. Recuperado el 2016, de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2014/aboletin-situacional-banano-2014-actualizado.pdf>
- Navarro, A. (2005). Propiedades del Suelo.
- Pizarro, F. (1985). Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos. Madrid: Agrícola Española S.A.
- Prefectura del Guayas. (2010). *Prefectura del Guayas*. Obtenido de <http://www.guayas.gob.ec/cantones/el-triunfo>
- Proyecto MAG-IICA-CLIRSEN. (2002). *Geoportal*. Obtenido de [http://geoportal.magap.gob.ec/mapas/canar/mapa\\_suelos\\_taxonomia\\_Canar.pdf](http://geoportal.magap.gob.ec/mapas/canar/mapa_suelos_taxonomia_Canar.pdf)
- Soil Science Society of America. (1996). En *Glosary of Soil Science terms* (pág. 138). Wisconsin.
- Soto, M. (1992). *Bananos, Cultivo y Comercialización*. San José, Costa Rica: Imprenta Lil.
- Tropical Fruits Trading. (2016). *Tropical Fruits Trading*. Obtenido de [http://www.tropicfruitstrading.com/?page\\_id=153](http://www.tropicfruitstrading.com/?page_id=153)

Villarreal, J. (2010). Determinacion de un índice de calidad del suelo en áreas productoras de banano de la Vertiente del Pacifico Panamá. *I Congreso Internacional de Plátano y Banano*, (págs. 41-45).

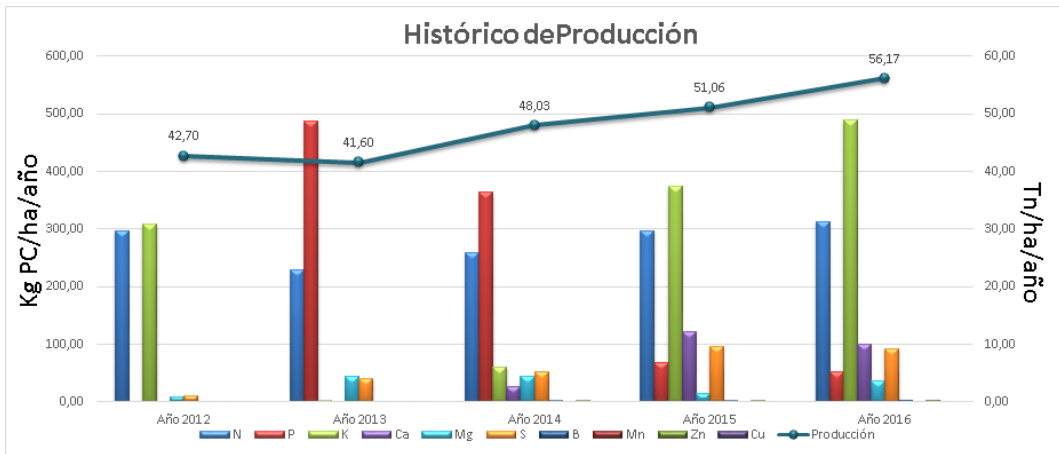
# **ANEXOS**



*Anexo 1 Labores de campo*



Anexo 2 Concentración de minerales por sub-clase de suelo

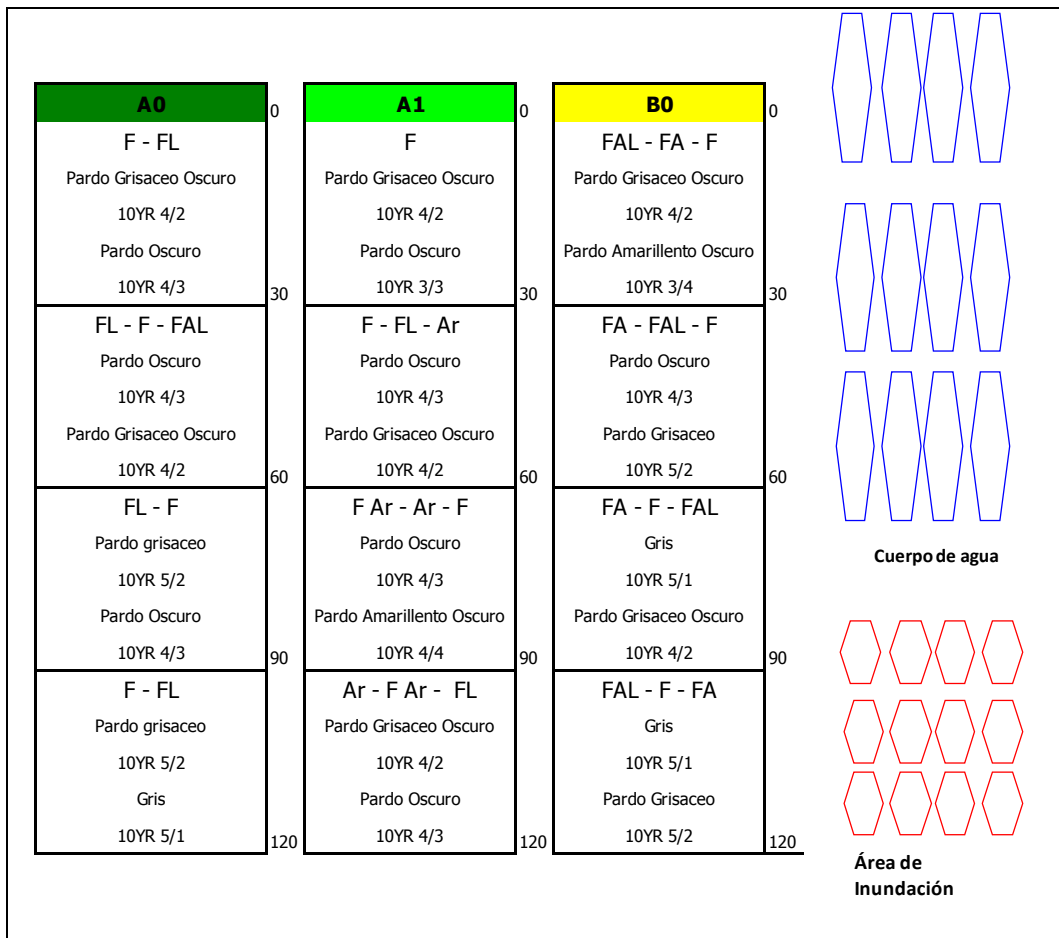


Anexo 3 Historial de Producción

FID	POINT_X	POINT_Y	Tsuelo	Perfil	Descripción	proof1	Proof2	Textura	Color	Rojo	Gris	Azul
2	682974,505	9736038,47	A0	1	BZO	0	32	F	10YR 3/2			5
2				2		32	41	F	10YR 5/3			5
2				3		41	75	FL	10YR 5/4			5
2				4		75	86	FL	10YR 5/2	1		5
2				5		86	96	F	10YR 6/1	1		
2				6		96	110	FL	10YR 6/2	2		
5	682974,505	9736138,47	A0	1	BZO	0	10	F	10YR 3/2			
5				2		10	26	F	10YR 4/2			
5				3		26	35	F	10YR 4/3			
5				4		35	76	FA	10YR 4/3	5		
5				5		76	110	F	10YR 5/2	15		
7	682374,505	9736238,47	A0	1	BZO	0	25	F	10YR 4/2			10
7				2		25	38	F	10YR 4/4			
7				3		38	53	Far	10YR 4/3			
7				4		53	74	FL	10YR 5/3	10		
7				5		74	83	F	10YR 6/2	10		
7				6		83	110	FL	10YR 6/2			20
8	682974,505	9736238,47	A0	1	BZO	0	12	F	10YR 3/2			
8				2		12	25	F	10YR 4/2			
8				3		25	43	F	10YR 4/3			
8				4		43	69	FL	10YR 3/4	5		
8				5		69	78	F	10YR 5/2	15		
8				6		78	91	FL	10YR 5/1	15		
8				7		91	110	F	10YR 5/2	10		
10	683574,505	9736238,47	A0	1	BZO	0	15	F	10YR 4/1	5		5
10				2		15	23	F	10YR 3/3			
10				3		23	36	Far	10YR 4/3			
10				4		36	45	FL	10YR 4/2	10		
10				5		45	71	FL	10YR 4/4			
10				6		71	84	FL	10YR 5/3	5		
10				7		89	110	F	10YR 6/1	5		
11	683674,505	9736238,47	A0	1	BZO	0	20	FAL	10YR 4/2	5		5
11				2		20	38	F	10YR 5/2	5		5
11				3		38	78	F	10YR 5/1	15		
11				4		78	110	FL	10YR 5/2	15		
12	682374,505	9736338,47	A0	1	BZO	0	18	F	10YR 3/3			5
12				2		18	30	FAL	10YR 4/1			5
12				3		30	43	F	10YR 3/4			5
12				4		43	80	FL	10YR 4/3	10		
12				5		80	110	F	10YR 4/2	15		
17	683574,505	9736338,47	A0	1	BZO	0	21	F	10YR 5/1			10
17				2		21	49	F	10YR 4/2			5
17				3		49	63	FL	10YR 4/3	5		
17				4		63	80	F	10YR 4/2			
17				5		80	110	Far	10YR 5/2			

Anexo 4 Clasificación de BZO





Anexo 5 Caracterización de Suelos

CÓD	X	Y	Tsuelo	Perfil	Descripción	% hidro
0	683074,505	9735938,47	A1		1 BZO	25
1	682374,505	9736038,47	A1		1 BZO	5
2	682974,505	9736038,47	A0		1 BZO	30
3	683074,505	9736038,47	A1		1 BZO	24
4	682374,505	9736138,47	A1		1 BZO	5
5	682974,505	9736138,47	A0		1 BZO	0
6	683074,505	9736138,47	A1		1 BZO	20
7	682374,505	9736238,47	A0		1 BZO	55
8	682974,505	9736238,47	A0		1 BZO	50
9	683074,505	9736238,47	A1		1 BZO	45
10	683574,505	9736238,47	A0		1 BZO	15
11	683674,505	9736238,47	A0		1 BZO	30
12	682374,505	9736338,47	A0		1 BZO	50
13	682774,505	9736338,47	A1		1 BZO	40
14	682874,505	9736338,47	A1		1 BZO	0
15	682974,505	9736338,47	A1		1 BZO	16
16	683074,505	9736338,47	A1		1 BZO	15
17	683574,505	9736338,47	A0		1 BZO	20
18	683674,505	9736338,47	A0		1 BZO	20
19	682374,505	9736438,47	A0		1 BZO	25
20	682774,505	9736438,47	A1		1 BZO	60
21	682874,505	9736438,47	A1		1 BZO	0
22	682973,712	9736430,54	A0		1 BZO	25
23	683074,505	9736438,47	A0		1 BZO	45
24	683174,505	9736438,47	A0		1 BZO	40
25	683274,505	9736438,47	A0		1 BZO	55
26	683574,505	9736438,47	A0		1 BZO	35
27	683674,505	9736438,47	A0		1 BZO	30
28	682420,331	9736575,94	A0		1 BZO	55
29	682774,505	9736538,47	A1		1 BZO	0
30	682874,505	9736538,47	A0		1 BZO	55
31	682974,505	9736538,47	A0		1 BZO	50
32	683074,505	9736538,47	A0		1 BZO	5
33	683174,505	9736538,47	A0		1 BZO	15
34	683274,505	9736538,47	B0		1 BZO	15
35	683574,505	9736538,47	B0		1 BZO	40
36	683674,505	9736538,47	A0		1 BZO	45
37	682774,505	9736638,47	A0		1 BZO	35
38	682874,505	9736638,47	A0		1 BZO	75
39	682974,505	9736638,47	A0		1 CAL	100

Anexo 6 Clasificación de BZO por Hidromorfismo

Propuesta de Fertilización AGRORUM SUELO A0-A1												
Fuentes	Kg / Saco	Cant. Sacos	Kg/PC	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	SO3	B2O3	ZnO	Costo
Urea	50	5,25	262,50	120,75								\$ 126,00
Nitrato de Amonio	50	7,25	362,50	123,25								\$ 174,00
Yara NitroMag	50	1,00	50,00	11,00			5,50	35,00				\$ 26,50
Sulfato amonio granulado Kira	50	3,00	150,00	31,50					36,00			\$ 51,00
Fosfato de Amonio Doble	50	2,25	112,50	20,25	51,75							\$ 78,41
Muriato de Potasio Standard	50	16,00	800,00			480,00						\$ 387,20
Yeso	45	6,00	270,00				89,10		51,30			\$ 29,70
Fertiboro	25	0,30	7,50							3,68		\$ 9,30
Sulfato de zinc	25	0,60	15,00						1,80		3,30	\$ 21,00
<b>TOTAL</b>		<b>42</b>	<b>2030,00</b>	<b>306,75</b>	<b>51,75</b>	<b>480,00</b>	<b>94,60</b>	<b>35,00</b>	<b>89,10</b>	<b>3,68</b>	<b>3,30</b>	<b>\$ 903,11</b>

Anexo 7 Fertilización para Unidad de Manejo A0+A1

Propuesta de Fertilización AGRORUM SUELO B0												
Fuentes	Kg / Saco	Cant. Sacos	Kg/PC	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	SO3	B2O3	ZnO	Costo
Urea	50	5,50	275,00	126,50								\$ 132,00
Nitrato de Amonio	50	7,50	375,00	127,50								\$ 180,00
Yara NitroMag	50	1,10	55,00	12,10			6,05	38,50				\$ 29,15
Sulfato amonio granulado Kira	50	3,25	162,50	34,13					39,00			\$ 55,25
Fosfato de Amonio Doble	50	2,35	117,39	21,13	54,00							\$ 81,82
Muriato de Potasio Standard	50	16,75	837,50			502,50						\$ 405,35
Yeso	45	6,00	270,00				89,10		51,30			\$ 29,70
Fertiboro	25	0,30	7,51							3,68		\$ 9,31
Sulfato de zinc	25	0,60	15,00						1,80		3,30	\$ 21,00
<b>TOTAL</b>		<b>43</b>	<b>2114,90</b>	<b>321,36</b>	<b>54,00</b>	<b>502,50</b>	<b>95,15</b>	<b>38,50</b>	<b>92,10</b>	<b>3,68</b>	<b>3,30</b>	<b>\$ 943,58</b>

Anexo 8 Fertilización para Unidad de Manejo B0

<b>PRESUPUESTO DEL TRABAJO EXPERIMENTAL</b>				
<b>ACTIVIDADES</b> (Octubre 2015 - Febrero 2016)	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
Análisis de suelo	unidad	6	\$ 105.00	\$ 630.00
Análisis de solución de suelo	unidad	6	\$ 70.00	\$ 420.00
Análisis foliar	unidad	3	\$ 65.00	\$ 195.00
Análisis de densidad aparente	unidad	8	\$ 5.00	\$ 40.00
Perforación de Calicatas	jornal	4	\$ 15.00	\$ 60.00
Hospedaje	diario	12	\$ 20.00	\$ 240.00
Combustible	galón	20	\$ 2.04	\$ 40.80
Materiales	varios	1	\$ 150.00	\$ 150.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 1,775.80</b>

*Anexo 9 Presupuesto del Proyecto*

<b>No</b>	<b>Actividades</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>
1	Reunión con las autoridades y socialización del proyecto	X					
1	Consulta del material bibliográfico		X	X	X	X	x
2	Salidas a campo para levantamiento de información		X				
3	Muestreos y envíos a laboratorio		X	X			
4	Digitalización de datos			X			
5	Trabajos en GIS			X	X		
6	Análisis de datos y desarrollo de tablas			X	X		
7	Elaboración de Resultados e interpretación de resultados de laboratorio				X	X	
8	Redacción de resultados, y demás información del Trabajo de Titulación			X	X	X	
9	Revisión de TT, correcciones y sustentación					X	X

*Anexo 10 Cronograma de actividades de Oct-Mar*

## **GLOSARIO**

**Ácuico:** Uno de los regímenes de humedad de los suelos, en el cual el perfil permanece saturado con agua, exenta de oxígeno durante periodos relativamente largos en el año, generalmente acumulativo por 90 días, originando una morfología de colores grises y tipo Gley.

**Aluvial:** Típica sedimentación producida por los ríos en zonas planas producto de sus desbordamientos.

**Agricultura de precisión:** optimización en el uso de los recursos dentro de un sistema agro productivo, para el cual aplican de los conocimientos económicos, climáticos, fisiológicos, y suelos con el fin de generar mayores utilidades por sitios específicos, en función de su variabilidad.

**Aluvi3n:** Material del suelo transportado por corriente de agua.

**Antr3picas:** Alteraciones del medio natural causado por los seres humanos.

**Anaer3bico:** Ausencia molecular de oxígeno.

**Arcilla:** Partícula del suelo cuyo tamaño es inferior a 0.002 milímetros de diámetro.

**Arena:** Partícula de suelo cuyo tamaño está entre 2 y 0.05 milímetros.

**Balance hídrico:** Sistema de cálculo que determina las entradas y salidas de agua, que en forma natural suceden, lo que permite estimar la magnitud del déficit y exceso de agua para períodos fijos de duración.

**Basin o Cubeta de decantación:** Áreas más alejadas de los ríos donde se depositan los materiales más finos, (Arcillas y Limos).

**Barrenazo:** Observación de suelo realizado con el barreno.

**Bases intercambiables:** Sitios de carga en la superficie de las partículas de suelo que puede ser rápidamente reemplaza por solución de sales, en la mayoría predomina el Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio.

**Cabeza de agua:** Lámina de agua aplicada a columna de suelo para medir conductividad hidráulica.

**Cementación:** Sellamiento de los poros del suelo con minerales de diverso origen.

**Capacidad de campo:** Cantidad máxima de masa de agua que puede ser retenida por el suelo.

**Clase:** Máxima categoría jerárquica del sistema de clasificación creado para el presente estudio.

**Calicata:** Excavación profunda realizada en el perfil del suelo, para evaluar en detalle las propiedades físicas y toma de muestras para análisis de laboratorio.

**Columna de suelo:** Sección de suelos impermeabilizada, con un volumen determinado y de dimensiones específicas para medición de conductividad hidráulica.

**Coluvial:** Forma de acumulación de materiales en cercanías a las montañas causado por agentes hídricos, por la fuerza de la gravedad y por los diferentes grados de pendiente.

**Compactación:** Proceso por el cual las partículas de suelo se agregan y disminuyen los espacios porosos aumentando la densidad aparente.

**Conductividad hidráulica:** Velocidad de flujo de agua en suelo saturado, en un volumen de suelo determinado en cm/hr.

**Conductividad eléctrica:** Conductividad de la electricidad a través una pasta saturada, para estimar el contenido de sales solubles.

**Consistencia:** Manifestación de la fuerza de cohesión y adhesión bajo diferentes contenidos de humedad expresado por la facilidad de deformarlo o rupturarlo bajo presión manual.

**Densidad aparente:** termino normalmente usado para designar la masa de suelos seco (105°C) por una unidad de volumen.

**Drenaje:** Evacuación superficial o interno de las aguas en el perfil del suelo.

**Densidad de partícula:** el volumen de un sólido excluyendo los espacios porosos.

**Entisol:** Uno de los órdenes del sistema de clasificación del soil taxonomy, son suelos de escaso desarrollo.

**Estrato:** Distribución horizontal de cada una de las capas que conforman el perfil del suelo en función de su profundidad.

**Estructura del suelo:** Ordenación de las partículas minerales del suelo, dispuestas en agregados denominados peds.

**Fertilidad:** Capacidad de un suelo para abastecer de elementos nutritivos a las plantas.

**Fluvio Lacustre:** Sedimentación de origen aluvial y de zonas depresionales (lago).

**Gley:** Uno de los matices de color de los suelos, caracterizado por ser grises y azulosos.

**Geomorfología:** Ciencia que estudia la evolución de la superficie de la tierra.

**Hardpan:** Horizontes endurecidos originado por cementación o inadecuado manejo del suelo.

**Heliofanía:** horas de luz de sol directas en un período determinado.

**Hidromorfismo:** Áreas u horizontes donde predominan condiciones de drenaje deficientes, frecuentes procesos de óxido-reducción, que le dan al suelo coloraciones grises, generalmente limitantes para la mayoría de los cultivos.

**Hipertérmico:** Régimen de temperatura del suelo mayor a 22°C y que la diferencia de temperatura del suelo entre verano e invierno sea menor mayor a 6°C.

**Horizonte:** Tiene la misma connotación que estrato.

**Horizonte A:** La capa más superficial del perfil del suelo, enriquecido con material orgánico. (Ag: Cuando es de color Gley y gris).

**Horizonte B:** La capa intermedia del perfil del suelo. (Bg: Cuando es de color Gley y Gris).

**Horizonte C:** La capa más profunda del suelo. (Cg: Cuando es de color Gley y gris).

**Humedad disponible:** El agua que se encuentra en completa disposición para la planta.

**Isohipertérmico:** Régimen de temperatura del suelo mayor a 22°C.

**Inceptisol:** Uno de los órdenes en el sistema de clasificación del soil taxonomy.

**Inclusión:** Clase de suelo no dominante en una unidad cartográfica.

**Limo:** Partícula de suelo cuyo tamaño oscila entre 0.05 y 0.02 milímetros.

**Litológico:** Derivado de las rocas de la corteza terrestre.

**Lixiviación:** Materiales solubles que descienden a través del perfil del suelo.

**Llanura Aluvial de desborde:** Regiones geográficas planas originadas por sedimentos depositados por un río formando planicies.

**Materia Orgánica:** Todas aquellas sustancias de origen animal o vegetal que se acumulan en el suelo o se incorporan a él.

**Material Parental:** Diversos materiales consolidados y no consolidados que da origen a los suelos.

**Meteorización:** Proceso de transformación de los materiales parentales para la formación de suelos.

**Micro-relieve:** Formas del terreno a escalas pequeñas o en pequeños sectores.

**Morfología del perfil:** Apariencia general del perfil del suelo según los factores y procesos que lo afecten.

**Moteos:** Manchas no dominantes en el perfil del suelo producto de las oscilaciones del nivel freático o de origen litológico.

**Munsell:** Sistema de designación de colores que determina por la tabla, valor y croma.

**Nivel Freático:** Nivel al cual se mantiene el agua subterránea. Lámina de agua en el perfil del suelo o sub-suelo debido a la presencia de materiales impermeables.

**Piedemonte:** Planicie más cercana a las montañas, formada por acumulación de los materiales provenientes de las mismas.

**Perfil:** La disposición 2-dimensional de las capas del suelo a diferentes profundidades.

**Porosidad:** Volumen de poros en una muestra de suelo dividido por el volumen aparente de suelo.

**Punto de marchitez permanente:** Contenido mínimo de humedad en el suelo cuando ocurre irreversiblemente el marchitamiento del cultivo.

**Régimen de humedad del suelo:** Se refiere a la ausencia o presencia de agua en un periodo determinado y ayuda a la clasificación de suelos por su influencia en procesos de formación.

**Redox:** Reducción – oxidación.

**Saturación:** Llenado de espacios de las partículas con agua.

**Saturación de bases:** relación de la cantidad de bases intercambiables de capacidad de intercambio catiónico.

**Sección control de humedad del suelo:** factor necesario para el cálculo de humedad disponible que define la profundidad del suelo dependiendo la textura.

**Sedimento:** Partículas transportadas por corrientes de agua, viento o dinámica volcánica y que son depositados en determinado espacio geográfico.

**Sub-clase:** Segundo nivel jerárquico del sistema de clasificación creado para el presente estudio.

**Textura de un suelo:** Proporción relativa de arena, limo y arcilla que contiene un suelo.



**Textura al tacto:** Determinación de la clase de textura de un suelo a través del tacto.

**Unidad de Suelos:** Cada una de las separaciones espaciales de un mapa de suelos, la cual posee características y propiedades relativamente homogéneas.

**Údico:** Régimen de humedad donde el periodo seco no es mayor a 90 días acumulativos o no mayor a 60 días consecutivos.

**Ústico:** Régimen de humedad del suelo la sección control del suelo está seca por 90 días acumulativos o más, incluso mayor a 180 días acumulativos.

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Hidalgo Mendoza Alberto Leví , con C.C: # 0925531972 autor del trabajo de titulación: Determinación de las características físico-químicas del suelo y su importancia para la nutrición del cultivo de banano (*Musa AAA*) variedad Cavendish. Previo a la obtención del título de **INGENIERO AGROPECUARIO con mención en Gestión Empresarial Agropecuaria** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 16 de Marzo de 2016

f. \_\_\_\_\_  
Nombre: Hidalgo Mendoza Alberto Leví  
C.C: # 0925531972

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Determinación de las características físico-químicas del suelo y su importancia para la nutrición del cultivo de banano ( <i>Musa AAA</i> ) variedad Cavendish.		
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Hidalgo Mendoza, Alberto Leví		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Ing. Agr. Sáenz de Viteri Pincay Arturo Ernesto, MBA.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica Para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Agropecuaria		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Agropecuario con mención en Gestión Empresarial Agropecuaria		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	16 de Marzo de 2016	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	81
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Manejo sostenible de cultivos tropicales		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	SIG, suelos, análisis, estudio, textura, hidromorfismo		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (150-250 palabras):	<p>El estudio de suelos fue realizado entre Octubre de 2015 y Febrero de 2016, en la Hacienda Magdalena, ubicada en el cantón La Troncal, Prov. de Cañar, con objetivo de determinar las características físico-químicas de suelo y con estos resultados establecer unidades de manejo. Las matrices analizadas fueron: suelo, solución de suelo y foliar. Las cuales posteriormente se interpretaron mediante la comparación con los rangos óptimos establecidos en investigaciones anteriores.</p> <p>Como resultados de este trabajo se realizaron tres mapas en sistemas de información geográfica mediante la herramienta ArcGis, en los cuales se representan las sub-clases de suelos dentro de la propiedad, los problemas de hidromorfismo que se observaron y el porcentaje de estos y las unidades de manejo por sitio específico, para las cuales se usó como mapa base las sub-clases de suelos y los análisis de suelo.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-92752768 / +593-42623011	E-mail: <a href="mailto:levi_h@hotmail.com">levi_h@hotmail.com</a> ; <a href="mailto:alberto.hidalgo02@cu.ucsg.edu.ec">alberto.hidalgo02@cu.ucsg.edu.ec</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> Ing. Manuel Enrique Donoso Bruque		
	<b>Teléfono:</b> 0991070554		
	E-mail: <a href="mailto:manuel.donoso@cu.ucsg.edu.ec">manuel.donoso@cu.ucsg.edu.ec</a>		

#### **SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA**

<b>Nº. DE REGISTRO</b> (en base a datos):	
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL</b> (tesis en la web):	