



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TEMA**

**Evaluación de la influencia del ozono sobre la concentración de  
nutrientes del suelo en el cultivo de banano del cantón  
Alfredo Baquerizo Moreno, provincia del Guayas.**

**AUTOR**

**Goncálvez Maridueña José Antonio**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO AGROPECUARIO**

**TUTOR**

**Ing. Comte Saltos Emilio Francisco, M. Sc.**

**Guayaquil, Ecuador**

**Marzo del 2018**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Goncálvez Maridueña José Antonio**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**.

**TUTOR (A)**

---

**Ing. Emilio Comte Saltos, M. Sc.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Franco Rodríguez John Eloy, Ph. D.**

**Guayaquil, a los 05 del mes de Marzo del año 2018**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, **Goncálvez Maridueña José Antonio**  
DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación **Evaluación de la influencia del ozono sobre la concentración de nutrientes del suelo en el cultivo de banano del cantón Alfredo Baquerizo Moreno, provincia del Guayas** previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

**Guayaquil, a los 05 del mes de Marzo del año 2018**

**EL AUTOR**

---

**Goncálvez Maridueña José Antonio**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Goncálvez Maridueña José Antonio** Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Evaluación de la influencia del ozono sobre la concentración de nutrientes del suelo en el cultivo de banano del cantón Alfredo Baquerizo Moreno, provincia del Guayas**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 05 del mes de Marzo del año 2018**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_

**Goncálvez Maridueña José Antonio**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN URKUND**

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Titulación “**Evaluación de la influencia del ozono sobre la concentración de nutrientes del suelo en el cultivo de banano del cantón Alfredo Baquerizo Moreno, provincia del Guayas**”, presentado por el estudiante **González Maridueña José Antonio**, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

URKUND	
Documento	<a href="#">TT UTE B 2017 Goncalvez Maridueña José.pdf</a> (D35277543)
Presentado	2018-02-02 22:24 (+01:00)
Presentado por	ute.fetd@gmail.com
Recibido	alfonso.kuffo.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	TT UTE B 2017 Goncalvez Maridueña <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>
	<b>0%</b> de estas 23 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

**Fuente:** URKUND-Usuario Kuffó García, 2018

Certifican,

---

**Ing. John Franco Rodríguez, Ph. D**  
Director Carreras Agropecuarias  
UCSG-FETD

---

**Ing. Alfonso Kuffó García, M. Sc.**  
Revisor - URKUND

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero agradecer a Dios, por ser luz y guía, también por permitir que llegue a esta tan linda etapa de la vida, lleno de salud y voluntad para todos los días seguir adelante.

Doy gracias a mi madre, hermanas y sobrino ellos no permitieron que de un solo paso atrás sin importar las dificultades que se presenten.

Gracias de corazón a mi tutor Emilio Comte y las personas que conforman el comité científico, sin ustedes no hubiese logrado alcanzar este alto nivel de conocimientos y nuevas experiencias.

## **DEDICATORIA**

A mi madre quien con el ejemplo me enseñó a que las grandes historias solo son grandes cuando tienen un gran nivel de dificultad, por esa y muchas otras enseñanzas a lo largo de mi vida siempre te dedicare cada uno de mis logros.

A Marcelo Boezio porque desde que me conoce a estado a mi lado en cada paso que doy, guiándome y apoyándome, tu nunca bajaste los brazos por mí porque sabias que era la única manera de enseñarme a no bajar los míos. Me ensañaste que mi única limitante soy yo mismo.

Dedico mi título universitario a ustedes con mucho amor.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

Ing. Comte Saltos Emilio Francisco, M. Sc.

**TUTOR**

---

Ing. Franco Rodríguez John Eloy, Ph. D.

**DECANO O DIRECTOR DE CARRERA**

---

Ing. Noelia Caicedo Coello, M.Sc.

**COORDINADOR DEL ÁREA**





**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CALIFICACIÓN**

---

**TUTOR**

## INDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>16</b>
1.1	Objetivos	17
1.1.1	Objetivo general	17
1.1.2	Objetivos específicos	17
1.2	Hipótesis	17
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>18</b>
2.1	Cultivo de Banano	18
2.1.1	Generalidades	18
2.1.1	Banano en Ecuador	18
2.2	Función de los nutrientes en la planta	19
2.2.1	Absorción - remoción de nutrientes	20
2.2.2	Fertilización del banano	22
2.3	Propiedades físico-químicas del suelo	23
2.3.1	Cambio iónico	23
2.3.2	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	23
2.3.3	Acidez del suelo	26
2.4	Ozono	29
2.4.1	Generalidades	29
2.4.2	Producción de ozono	30
2.4.3	Ozono en la agricultura	30
<b>3</b>	<b>MARCO METODOLOGICO</b>	<b>32</b>
3.1	Localización del ensayo	32
3.2	Características climáticas	33
3.3	Caracterización del cultivo	33
3.4	Materiales	33
3.4.1	Material biológico	33
3.4.2	Material técnico	33
3.4.3	Material tecnológico	34
3.5	Diseño Experimental	34
3.6	Cuadro de variables	34
3.7	Unidad Experimental	34
3.8	Tratamientos	35
3.9	Procesamiento de información	36
3.9.1	Análisis estadístico	36
3.9.2	Análisis de la varianza (ANDEVA)	36

3.9.3 Estadístico de la prueba.....	36
3.10 Manejo del ensayo.....	37
3.10.1 Muestra de suelo.....	37
3.10.2 Generador de ozono.....	37
3.10.3 Riego con agua ozonificada.....	37
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>
4.1 pH.....	39
4.2 NH <sub>4</sub> .....	40
4.3 Fósforo .....	41
4.4 Potasio.....	42
4.5 Zinc.....	43
4.6 Variable cobre .....	44
4.7 Hierro.....	45
4.8 Manganeseo.....	47
<b>5 DISCUSIÓN .....</b>	<b>49</b>
<b>6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>51</b>
6.1 Conclusión.....	51
6.2 Recomendaciones.....	51
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen de las principales funciones de los nutrientes de las plantas .....	20
<b>Tabla 2.</b> Remoción de nutrientes por parte de las plantas de banana (cv.Cavendish) .....	20
<b>Tabla 3.</b> Rangos en concentraciones foliares en Banano .....	22
<b>Tabla 4.</b> Naturaleza de las partículas. ....	26
<b>Tabla 5.</b> Origen de los problemas de acidez de suelo.....	27
<b>Tabla 6.</b> Comportamiento de los nutrientes en función del pH. ....	28
<b>Tabla 7.</b> Ficha descriptiva del ozono. ....	29
<b>Tabla 8.</b> Caracterización del cultivo en la Hacienda Comargara .....	33
<b>Tabla 9.</b> Fórmulas de trabajo para el análisis de la varianza.....	36
<b>Tabla 10.</b> Análisis de la varianza del ensayo.....	36
<b>Tabla 11.</b> Cuadro de promedios de las concentraciones de pH en el suelo.....	39
<b>Tabla 12.</b> Cuadro de Análisis de la varianza de la variable pH. ....	40
<b>Tabla 13.</b> Cuadro de promedios de las concentraciones de NH <sub>4</sub> .....	40
<b>Tabla 14.</b> Cuadro de análisis de la varianza de la variable NH <sub>4</sub> . ....	41
<b>Tabla 15.</b> Cuadro de promedios de las concentraciones de Fósforo.....	41
<b>Tabla 16.</b> Cuadro Análisis de la varianza de la variable P.....	42
<b>Tabla 17.</b> Cuadro de promedios de las concentraciones de Potasio.....	42
<b>Tabla 18.</b> Cuadro de análisis de la varianza de la variable Potasio.....	43
<b>Tabla 19.</b> Cuadro de promedios de las concentraciones de Zinc. ....	43
<b>Tabla 20.</b> Cuadro de análisis de la varianza de la variable Zinc.....	44
<b>Tabla 21.</b> Cuadro de promedios de las concentraciones de Cobre. ....	44
<b>Tabla 22.</b> Cuadro de análisis de la varianza de la variable Cobre.....	45
<b>Tabla 23.</b> Cuadro de promedios de las concentraciones de Hierro. ....	46
<b>Tabla 24.</b> Cuadro de análisis de la varianza de la variable Hierro.....	46
<b>Tabla 25.</b> Cuadro de promedios de las concentraciones de Manganeso. ....	47
<b>Tabla 26.</b> Cuadro de análisis de la varianza de la variable Manganeso.....	48

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Cambio iónico del suelo. ....	23
<b>Gráfico 2.</b> Ejemplo de absorción de cationes.....	24
<b>Gráfico 3.</b> Ubicación geográfica de la hacienda Comargara.....	32

## RESUMEN

El presente Trabajo de Titulación se realizó entre los meses de diciembre del 2017 y enero del 2018, en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. En la investigación se aplicó agua con ozono al suelo para determinar si el ozono tiene algún efecto sobre la concentración de los nutrientes. Para llegar a determinar esto se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial de 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos fueron identificados con sus respectivas repeticiones en 16 masetas. Teniendo por objetivos: establecer la concentración de los nutrientes después del ensayo, determinar la dosis en ppm de ozono con efecto en la concentración de los nutrientes del suelo, Además de realizaron análisis de suelo en los laboratorios del INIAP. De acuerdo con los resultados obtenidos se pudo determinar que no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de la investigación.

**Palabras Clave:** Ozono, Nutrientes, Dosis, Concentración de nutrientes, Suelo, Laboratorio, Análisis de suelo.

## ABSTRACT

The following research was carried out between the months of December 2017 and January 2018, in the soil laboratory of the Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (Catholic University of Santiago de Guayaquil). In the research, ozonated water was used on the soil to determine if the ozone had any effect on the concentration of nutrients in the soil. To determine this, the Completely Randomized Design (CRD) was used in a factorial arrangement of 4 applications and 4 repetitions on 16 flowerpots, with the objective of: establishing the concentration of nutrients before and after the test, determining the dose in parts per million (ppm) of ozone with an effect on the concentration of soil nutrients. Additionally soil analysis were performed in the INIAP (National Institute of Agricultural Research) labs. According to the results that we were able to obtain, it was determined that there is not enough evidence to accept the hypothesis of this paper.

**Keywords:** Ozone, nutrients, dose, concentration of nutrients, soil, laboratory, soil analysis.

## 1 INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA), representa la actividad agrícola con mayor importancia dentro de la economía del país. Ecuador produce anualmente cerca de 7.5 millones de toneladas métricas de banano, constituyéndose en el primer país exportador de la fruta al aportar con el 29 % de la oferta mundial, según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Esta fruta representa el 10 % de las exportaciones totales y el segundo rubro de mayor exportación del país, al ser apetecida por consumidores de los mercados más exigentes y formar parte de la dieta diaria de millones de personas<sup>1</sup>.

A pesar de lo anteriormente expuesto, Ecuador tiene una gran carencia en la investigación la cual se ve reflejada en una productividad muy baja con un promedio de 1 750 cajas por hectárea cuando se puede llegar a más de 2 500.

Uno de los factores limitantes de la baja productividad y calidad de la fruta, son los programas de fertilización que se basan en investigaciones generadas en otros países, con condiciones edafoclimáticas distintas a las nuestras, y además no se toma en cuenta la relación que tiene los nutrientes en el suelo y los que son absorbidos por la planta.

Por lo tanto la investigación pretende buscar una alternativa para mejorar la productividad bananera y de muchos otros cultivos mediante la aplicación de ozono al suelo por medio del sistema de riego, esperando que la aplicación de este elemento ayude a mejorar la concentración de los nutrientes del suelo para las plantas.

---

<sup>1</sup>El Telégrafo, (2017, párr. 6).



Se ha podido observar en investigaciones anteriores que se usa ozono con cualquier fin agrícola generalmente existe un aumento de la productividad entre el 15 % y 40 % y ha esto sucedido en más de 250 cultivos estudiados por ASP Asepsia<sup>2</sup>.

El presente Trabajo de Titulación se enfocó en realizar análisis físico-químicos en laboratorio obteniendo resultados que permitan evaluar el efecto del ozono en la concentración de nutrientes del suelo para ello se plantean los siguientes objetivos:

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general.**

Evaluar la influencia del ozono sobre la concentración de nutrientes del suelo.

### **1.1.2 Objetivos específicos.**

Determinar la dosis en ppm de ozono con efecto en la concentración de los nutrientes del suelo para identificar el tratamiento más efectivo.

Establecer la concentración de los nutrientes después del ensayo para poder realizar comparaciones entre los tratamientos.

Realizar análisis los análisis de suelo en los laboratorios del INIAP.

## **1.2 Hipótesis**

**Ho:** La aplicación de ozono no influirá en la concentración los nutrientes del suelo.

**Ha:** La aplicación de ozono influirá en la concentración los nutrientes del suelo.

---

<sup>2</sup> ECONOTICIAS, (2015, párr. 1).

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Cultivo de Banano

#### 2.1.1 Generalidades.

*Musa* sp. pertenece a la familia de las musáceas. Existen dos subtipos (a) *acuminata* y (b) *balbisiana*, De ahí surgen diploides, triploides y tetraploides; AA, AB, AAA, AAB, ABB, AAAA, AAAB, es una planta herbácea, que forma una mata llamada “cepa” o familia, de la cuál surgen varios individuos conocidos como madre, hija, nieta (Fagiani y Tapia, 2013, p. 1).

El banano se cultiva en todas las regiones tropicales y tiene una importancia fundamental para las economías de muchos países en desarrollo. En términos de valor bruto de producción, el banano es el cuarto cultivo alimentario más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. El banano es un alimento básico y un producto de exportación (FAO, 2002, párr. 1).

#### 2.1.1 Banano en Ecuador.

La media de producción de Ecuador entre los años 2000 y 2014 indica que el cultivo de banano se encuentra en el 3<sup>er</sup> puesto con 6 564 047.87 TM, detrás de todas las frutas excepto melón con 7 933 083.3 TM y Caña de azúcar 7 170 261.5 (FAOSTAT, 2014).

Según la Revista El Agro,

Los mayores exportadores de banano o plátano en volúmenes son Ecuador, Filipinas, Guatemala, Costa Rica, Colombia y Honduras. En el 2012 se exportaron 19 550 339 toneladas en todo el mundo donde Ecuador aportó con el 26.6 % (5 205 353 toneladas) de toda la oferta del mundo, seguido por Filipinas con el 13.5 % y Guatemala con el 10.4 %. Colombia y Costa Rica pelean constantemente el cuarto y quinto puesto. En el 2012, los exportadores de Costa Rica captaron el

9.6 % del pastel mundial. Eso significa que sólo cinco países concentran el 69.5 % de las exportaciones de la fruta en el mercado internacional (2012, párr. 4).

Solo en el año 2016 el sector bananero exportó \$ 2 655 millones, ubicando a la fruta como el primer producto de exportación no petrolera del país a destinos como: Rusia (21.4 %), USA (15.5 %), Alemania (12.3 %), Italia (6.3 %), Argentina (4.1 %), Turquía (3.9 %), Bélgica (3.3 %), China (3.2 %), Japón (2.8 %) (El Telégrafo, 2017, párr. 7).

Durante enero 2016, el sector banano y plátano se constituyó como el principal sector de exportación con un 28.77 % de participación del total de exportaciones no petroleras, seguido por acuicultura con una participación del 19.29 %, en tercer lugar se ubica pesca con el 11.67 % y en cuarto lugar se encuentra cacao y elaborados con el 8.78 %. Sumando estos cuatro grupos de productos se tiene el 68.51 % de las exportaciones no petroleras (PRO ECUADOR, 2016, p. 9).

## **2.2 Función de los nutrientes en la planta.**

Según López y Espinosa el Nitrógeno y el Potasio son los dos elementos más importantes en el cultivo de banano, esto fue expuesto en el XVIII congreso ACORBAT. Además expusieron que la recomendación de N es muy general y que comúnmente se encuentran en el rango de 300 a 450 kg N / ha; El potasio es uno de los elementos más absorbidos por las plantas y la biomasa de una producción de 70 t/ha sobrepasa los 1200 kg de  $k_2O$  ha, aunque la recomendación siempre es realizar un análisis foliar previo (2008, p. 1).

Los principales nutrientes disponibles para la planta son: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Azufre, Hierro, Manganeso, Boro, Zinc, Cobre; en la Tabla 1, se podrá observar de manera resumida las principales funciones que cumplen estos nutrientes en las plantas de banano.

**Tabla 1.** Resumen de las principales funciones de los nutrientes de las plantas

<b>Nutriente</b>	<b>Función</b>
Nitrógeno (N)	Síntesis de proteínas (crecimiento y rendimiento).
Fósforo (P)	División celular y formación de estructuras energéticas.
Potasio (K)	Transporte de azúcares, control de estomas, cofactor de diversas enzimas, reduce la susceptibilidad a enfermedades de las plantas.
Calcio (Ca)	Un importante componente de la pared celular, reduce la susceptibilidad a las enfermedades.
Azufre (S)	Parte central de la molécula de clorofila.
Hierro (Fe)	Síntesis de la clorofila.
Manganeso (Mn)	Necesario en el proceso de fotosíntesis.
Boro (B)	Formación de la pared celular. Germinación y elongación del tubo de polen. Participa en el metabolismo y transporte de los azúcares.
Zinc (Zn)	Síntesis de las auxinas.
Cobre (Cu)	Influye en el metabolismo del nitrógeno y carbohidratos.

**Fuente:** Haifa Group (s. f., p. 7)

**Elaborado por:** El Autor

### 2.2.1 Absorción - remoción de nutrientes.

En cuanto a la remoción de nutrientes, Haifa Group (s/f, p. 39), menciona:

**Tabla 2.** Remoción de nutrientes por parte de las plantas de banana (cv.Cavendish)

<b>Nutriente</b>	<b>Remoción en fruto (kg/ha)</b>	<b>Remoción en pseudotallo (kg/ha)</b>	<b>Total (kg/ha)</b>	<b>Porcentaje de remoción en fruto (%)</b>
N	189	199	388	49
P	29	23	52	56
K	778	660	1438	54
Ca	101	126	227	45
Mg	49	76	125	39

**Fuente:** Haifa Group (s. f., p. 39)

**Elaborado por:** El Autor.

- **Nitrógeno**

El nitrógeno es elemento esencial dentro del manejo nutricional del cultivo del banano, es tomado por las plantas principalmente en forma de nitrato o de amonio, en condiciones de deficiencia de amonio en suelo la planta aumenta la absorción de nitrato Sánchez y Mira (2013) ; Osorio (2014).

Esencial en la formación de proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos, etc. Deficiencia: planta de crecimiento lento, pequeña, hojas amarillas y fruta pequeña. Los niveles óptimos en la hoja son 2.5- 3 %. Dosis requeridas 150-250 kg N/ha/año dependiendo de la textura del suelo, los suelos arenosos requieren más N y aplicado a más frecuencia (Gauggel y Gloria, 2010, p. 6).

- **Fósforo**

Su función es como buffer de pH de la célula; control de la síntesis de almidones, en la respiración climatérica durante la madurez del fruto; conductor de energía (ATP); reducción de NADP a NADPH liberando energía para la respiración, glicólisis y fijación de CO<sub>2</sub>; requerido para la síntesis de sucosa; síntesis de fosfolípidos y formación de celulosa. El banano requiere cantidades relativamente pequeñas de P puesto que hay una gran transferencia de la madre al hijo, nieto etc. y las deficiencias de este elemento son raras después de la primera generación. Los niveles foliares óptimos son entre 0.25- 0.30 %. Las dosis dependen del tipo de suelo, en suelos calcáreos y arcillosos se requiere entre 75 a 150 kg de P/ha. En suelos ácidos como ultisoles y oxisoles también se requieren dosis altas. En suelos francos, franco arenosos y con pH de ligeramente ácido a neutro usualmente se requieren 50 kg de K/ha (Gauggel y Gloria, 2010, p. 7).

- **Potasio**

Considerado el elemento más importante dentro de la nutrición mineral en banano, la planta lo requiere en grandes cantidades (mayores a 900 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), es tomado en forma de catión monovalente, no forma parte de compuestos orgánicos, pero interviene en procesos como la respiración, la

fotosíntesis, la formación de clorofila y la regulación de estado hídrico en las hojas, es importante su papel en la conversión de azúcares en almidones y en el transporte de asimilados de las hojas a los frutos cormo y raíces; su contenido en tejidos vegetales puede estar entre 2.5 y 4.5 % de la materia seca total (Osorio, 2014). Los síntomas por deficiencia son: Clorosis en hojas viejas, Deformación del racimo, Crecimiento lento (López y Espinosa, 1995, p. 1).

**Tabla 3.** Rangos en concentraciones foliares en Banano

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
	%			mg/kg	
<b>D</b>	< 2.6	< 0.13	< 0.13	< 14	< 10
<b>M</b>	2.6-2.7	0.13-0.19	2.5-3.0	14-20	10-19
<b>C</b>	2.6	0.2	3.0	18	11
<b>Ad</b>	2.8-4.0	0.2-0.25	3.0-4.0	21-35	20-80
<b>H</b>	-	> 0.25	> 4.0	> 35	81-300
<b>T</b>	-				> 300
D= Deficiente, M= Marginal, C= Critico, Ad= Adecuado, H= Alto, T= Tóxico					

**Fuente:** Reuter y Robinson (1997)

**Elaborado por:** El Autor.

### 2.2.2 Fertilización del banano.

El aporte al manejo de la nutrición hecho por la estandarización de los análisis foliares en banano fue excelente y continúa siendo una buena herramienta de diagnóstico hasta la fecha. Sin embargo, la relación entre el contenido de nutrientes en el suelo y la respuesta en rendimiento de fruta no había sido completamente evaluada (Espinosa y Mite, 2015, p. 5).

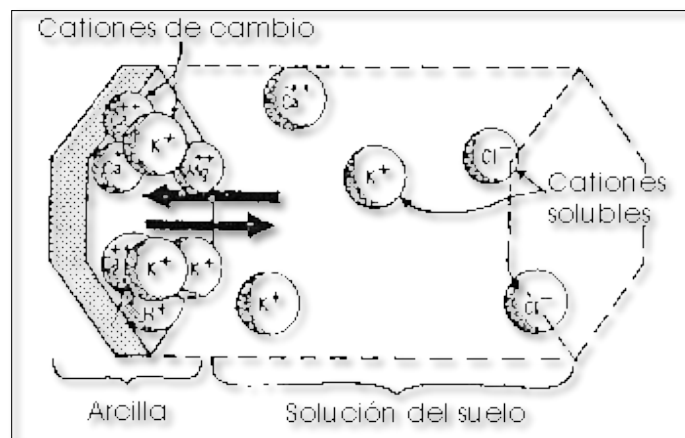
La diversidad de suelos en los cuales se produce banano, particularmente en América Latina, hacía pensar en la posibilidad de que exista más de un nivel crítico para los diferentes nutrientes. Diversos estudios se desarrollaron en diferentes sitios, pero los estudios más conocidos, que finalmente permitieron determinar el nivel crítico de los diferentes nutrientes lo desarrolló CORBANA (Espinosa y Mite, 2015, p. 5).

## 2.3 Propiedades físico-químicas del suelo

### 2.3.1 Cambio iónico.

Se define el cambio iónico como los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo adsorben iones de la fase acuosa liberando al mismo tiempo otros iones en cantidades equivalentes, estableciéndose el equilibrio entre ambas fases (Abrego, 2012, p. 3).

**Gráfico 1.** Cambio iónico del suelo.



Fuente: Dorronsoro (2010, Fig. 1.)

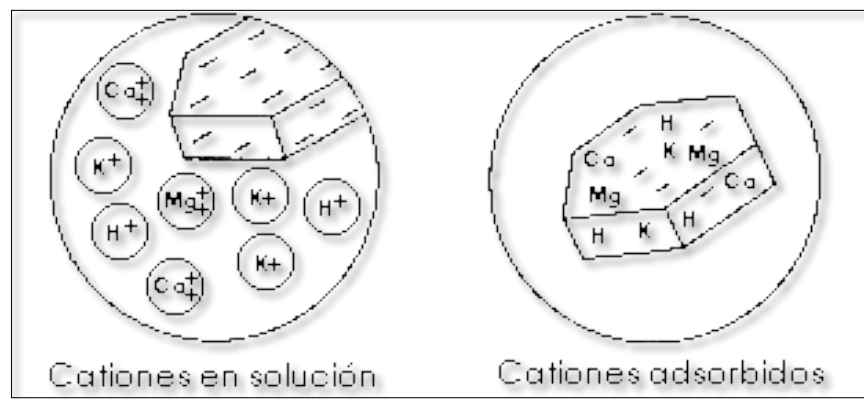
### 2.3.2 Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Es la medida de la capacidad que posee un suelo de adsorber cationes y es equivalente a la carga negativa del suelo. Esta propiedad es la que define la cantidad de sitios disponibles para almacenar los cationes en el suelo. Los cationes que son sometidos a esta retención quedan protegidos contra los procesos que tratan de evacuarlos del suelo, como la lixiviación, evitando así que se pierdan nutrientes para las plantas (Jaramillo, 2002, p. 321).

La fase sólida de los suelos está compuesta por una fracción mineral y otra orgánica. Constituida por la arcilla y el humus, llamamos Complejo Adsorbente del Suelo (Abrego, 2012, p. 3).

Los cationes más importantes en los procesos de intercambio catiónico, por las cantidades de ellos que participan en dichos procesos, son  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  (las bases del suelo) y  $\text{NH}_4^+$ ; en suelos ácidos, a partir de ciertos valores de pH, como se verá más adelante, el  $\text{Al}^{3+}$  juega un papel muy importante en el complejo de intercambio catiónico del suelo constituyendo, junto con el  $\text{H}^+$ , la acidez intercambiable del mismo (Jaramillo, 2002, p. 321).

**Gráfico 2.** Ejemplo de absorción de cationes.



**Fuente:** Dorronsoro (2010, Fig. 2)

Según Abrego,

Los cationes de mayor importancia con relación al crecimiento de las plantas son el calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), Potasio ( $\text{K}^+$ ), Amonio ( $\text{NH}_4$ ); Son nutrientes y se encuentran involucrados directamente con el crecimiento de las plantas. El Sodio ( $\text{Na}^+$ ) y el Hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) tienen un pronunciado efecto en la disponibilidad de los nutrientes y la humedad (2012, p. 7).

Existen tres teorías que tratan de explicar el porqué de este proceso.

**Red cristalina:** Considera las partículas de los minerales como sólidos iónicos. Los iones de los bordes están débilmente retenidos por lo que



pueden abandonar la estructura y pueden cambiarse con los de la solución del suelo (Umaña, 2014, párr. 20).

**Doble capa eléctrica:** Considera el contacto entre el sólido y la fase líquida como un condensador plano. Entre el metal (el sólido) y el electrólito (la disolución) existe una diferencia de potencial que atrae a los iones de la solución del suelo (Umaña, 2014, párr. 21).

**Membrana semipermeable:** La interface sólido-líquido actúa como una membrana semipermeable que deja pasar los iones de la solución y a los de la superficie de las partículas pero no a los del interior de los materiales (Dorronsoro, 2010, p. 1).

Según Dorronsoro (2010, p. 1) expreso que básicamente las tres teorías son compatibles y simplemente se trata de enfoques distintos:

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

Factores que afectan el CIC

**Naturaleza de las partículas.** La composición y estructura de las partículas influirá en las posibilidades de cambio de sus cationes. Tipo de cationes cambiables (monovalentes, divalentes, de gran tamaño, entre otros) (Abrego, 2012, p. 9).

**Tabla 4.** Naturaleza de las partículas.

<b>Naturaleza de la partícula</b>	<b>CIC, meq / 100g suelo</b>
Cuarzo y feldespatos	1-2
Óxidos e hidróx. Fe y Al	4
Caolinita	3-15
Ilita y clorita	10-40
Montmorillonita	80-150
Vermiculita	100-160
Materia orgánica	300-500

**Fuente:** Abrego (2012, p. 10)

**Elaborado por:** El Autor

**Tamaño de las partículas.** Cuanto más pequeña sea la partícula, más representará su superficie frente al volumen total de la partícula y más grande será la capacidad de cambio, por tanto las CCC de las distintas fracciones serán: arcillas > limos > arenas (Dorransoro, 2010, p. 1).

### **2.3.3 Acidez del suelo.**

La acidez del suelo mide la concentración en hidrogeniones. Concretamente se mide por el pH que es el logaritmo negativo de la concentración de hidrogeniones,  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$  (Dorransoro, 2010, p. 2).

Para poder evitar problemas nutricionales otro punto muy importante es el monitoreo del pH y la conductividad eléctrica (CE) nos da la posibilidad de corregir este tipo de inconvenientes antes de que se conviertan en problemas que pudieran perjudicar a los cultivos. El pH de sustratos de crecimiento afecta la disponibilidad de nutrientes, especialmente micronutrientes. La conductividad eléctrica es una medida de la concentración de sales disueltas en un sustrato de crecimiento. Los valores de CE proveen una idea de la cantidad de fertilizante que se encuentra disponible en el medio

para el crecimiento de las plantas o indica si existe acumulación de sales en el mismo. Es importante monitorear pH y CE periódicamente antes que problemas nutricionales aparezcan (Torres, Lopez, y Mickelbart, s. f., p. 1).

El origen de la acidez del suelo depende de varios factores que involucran desde la génesis del suelo hasta el manejo del mismo (Tabla 5). Una de las causas principales de la acidez del suelo en muchas regiones tropicales es debido a que los suelos son muy viejos (Meléndez y Molina, 2001, p. 27).

**Tabla 5.** Origen de los problemas de acidez de suelo.

Causa	Efecto
Suelos viejos	Pérdida de nutrimentos básicos por lixiviación y acumulación de iones ácidos
Materia orgánica	Liberación de hidrogeno por descomposición microbiana de M.O.
Cultivo	Remoción de nutrimentos en productos cosechados que disminuyen fertilidad del suelo
Fertilizantes nitrogenados amoniacales	Nitrificación de amonio a nitrato libera acidez residual
Contaminación	Lluvia ácida
Erosión	Pérdida de suelo y disminución de fertilidad

**Fuente:** Meléndez y Molina (2001, Fig. 1)

**Elaborado por:** El Autor

El ambiente húmedo y cálido característico de muchas regiones tropicales causa la lixiviación o remoción de nutrimentos como calcio, magnesio y potasio de la capa superficial del suelo, los cuales son gradualmente remplazados por iones ácidos como aluminio, hierro, manganeso e hidrógeno (Meléndez y Molina, 2001, p. 27).

Desde la química se puede decir que la acidificación de los suelos resulta de la disminución de la capacidad neutralizante de acidez del suelo

(CNA), como consecuencia de una transferencia irreversible en un sistema abierto de protones desde la fase líquida hacia la fase sólida, que actúa como sumidero (Zapata Hernández, s. f., p. 52).

El pH (potencial de hidrógeno) determina el grado de adsorción de iones (H<sup>+</sup>) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes (Tabla 6) para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. El valor del pH en el suelo oscila entre 3.5 (muy ácido) a 9.5 (muy alcalino) (FAO, s. f., párr. 2).

**Tabla 6.** Comportamiento de los nutrientes en función del pH.

Nutriente	pH	Comportamiento
Nitrógeno	Entre 5.5 y 8	No presenta problemas
Potasio	Cercano 7	No presenta problemas
	>8	Se produce antagonismo con el calcio
Fosforo	< 6.5	Precipita con hierro y Aluminio
	> 7.5	Precipita con el Calcio
	>8.5	Se solubiliza con Sodio
Calcio	Entre 6.5 a 7.5	No presenta problemas
Boro	Alcalino	Presenta deficiencia
Hierro	< 6.5	Su solubilidad y disponibilidad aumentan
Magnesio		
Cobre		
Zinc		
Aluminio		

**Fuente:** Universidad Agrícola (2017, p. 1)

**Elaborado por:** El Autor

## 2.4 Ozono

### 2.4.1 Generalidades.

El ozono ( $O_3$ ) es una molécula compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los dos átomos que componen el gas de oxígeno. Cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno ( $O_2$ ), formando moléculas de Ozono ( $O_3$ ) (Jingquan, 2014, p. 13).

Hay autores resaltan que:

El ozono no puede ser almacenado debido a su gran inestabilidad química a presión y temperatura ambiente; esta situación obliga a los investigadores a disponer de un equipo generador del gas de tal manera que para cada experimento sea necesario obtenerlo en el momento, también debe considerarse que el ozono, respecto al oxígeno, es casi doce veces más soluble en agua (Llerena, Castaño, y Aguirre, 2016, p. 3).

**Tabla 7.** Ficha descriptiva del ozono.

Masa molecular relativa	48 g/L
Volumen molar	22.4 m <sup>3</sup> PTN/Kmol
Formula empírica	O <sub>3</sub>
Número de registro CAS	10028-15-6
Referencia EINECS	233-069-2
Densidad (gas)	2.144 g/L a 0 °C
Densidad (liquido)	1.574 g/cm <sup>3</sup> – 183 °C
Temperatura de condensación a 100kPa	-112 °C
Temperatura de fusión	-196 °C
Punto de ebullición	-110.5 °C
Punto de fusión	-251.4 °C
Temperatura critica	-12 °C

**Fuente:** Cosemar Ozono (s. f., p. 3)

**Elaborado por:** El Autor

### **2.4.2 Producción de ozono.**

Según Rodríguez Vidal (2003, pp. 3-4), los principales métodos de generación de ozono son:

- **Electrolisis:** Electrolisis del ácido sulfúrico. El rendimiento es mediocre y no se utiliza habitualmente.
- **Generación fotoquímica:** Mediante reacción del oxígeno con luz ultravioleta. Este procedimiento no se utiliza industrialmente debido al bajo rendimiento de generación de ozono y al alto consumo energético.
- **Descarga eléctrica de alto voltaje:** la técnica de plasma frío es el método que se emplea habitualmente; se hace pasar oxígeno a través de un campo eléctrico, generándose diversas especies químicas excitadas o no, que se recombinan para formar ozono.

### **2.4.3 Ozono en la agricultura.**

El uso de ozono, el cual es un producto inocuo para el suelo, el agua o los productos agrícolas. Tiene además un amplio espectro de acción, por lo que su aplicación puede servir para controlar diversas especies no solo de hongos fitopatógenos, sino también de bacterias y nematodos, además de que puede ser aplicado sobre el cultivo ya establecido, con la ventaja de ser usado en el momento que sea necesario (Bucio, Díaz, Martínez, y Torres, 2016, párr. 6).

El nivel de desinfección del ozono había sido superior al de muchos fitosanitarios. "Aplicando ozono durante 15 minutos y posteriormente otros 15 minutos se ha obtenido un 95% de desinfección, solo superable con el bromuro de metilo, Incluso con un minuto de aplicación de ozono se ha llegado a un 70% de desinfección", agrega (Gil, 2011, párr. 7).

El regado con sistemas de agua ozonizada consiste básicamente en una mayor aportación de oxígeno a la raíz llegando libre de virus, bacterias, hongos, algas, esporas y cualquier otro microorganismo, por lo que se logra un crecimiento mucho más rápido de lo habitual, con más viveza y fuerza así como más productividad (HIDRITEC, 2011, párr. 1).

El uso de agua ozonizada en cultivos permite incrementar la productividad de las explotaciones entre un 15 % y un 40 % si se llevan a cabo las metodologías adecuadas, tal y como se ha constatado en más de 250 cultivos estudiados por ASP Asepsia (ECONOTICIAS, 2015, párr. 1).

Según HIDRITEC,

Una cosecha más voluminosa y un cultivo más productivo conseguido en menor cantidad de días implica ya un ahorro en cantidad de agua de riego pero, por otra parte, es también muy importante el ahorro en gastos de abonos y otros aditivos. Hay que tener en cuenta que, por ejemplo, el uso de Abonos se reduce hasta un 50 % (2011, párr. 5).

En el Centro Tecnológico Itagra de Palencia ha dado por concluida la investigación que trataba de determinar la efectividad del ozono, un gas con gran capacidad oxidante, en la desinfección de suelos agrícolas. Y en el apartado de análisis químico de los suelos, los investigadores indican que, al aumentar el tiempo de aplicación de ozono, se observa que el suelo se acidifica, hasta y el fósforo asimilable aumenta. La conductividad, asimismo, sigue una tendencia ascendente aunque poco significativa (Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología, 2011, párr. 5).

### 3 MARCO METODOLOGICO

#### 3.1 Localización del ensayo

El experimento se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, y la muestra de suelo fue tomada de la Hacienda Comargara el 28 de Noviembre del 2017, ubicada en el km. 45 vía, Guayaquil-Alfredo Baquerizo Moreno, cantón Alfredo Baquerizo Moreno, provincia del Guayas, entre los meses de Diciembre a Enero del 2018.

**Gráfico 3.** Ubicación geográfica de la Hacienda Comargara



**Fuente:** Google Earth, (2014)

Longitud Oeste	79° 35' 12''	Precipitación Anual	1369.5mm
Latitud Sur	1° 57' 31'' S	Temperatura media anual	25.59 °C
Altitud	9 msnm	Humedad media anual	79.33 %
Suelo	Franco Arcilloso		



### 3.2 Características climáticas

Se encuentra en la zona de clima Tropical Megatérmico húmedo, con temperaturas medias diarias de 25 a 26 °C y precipitaciones medias anuales de 1 300 a 2 000 mm (Sistema Nacional de Información, 2015, p. 12).

En su territorio se encuentran zonas de déficit hídrico para actividades agrícolas de 400 a 600 mm, con zonas de evapotranspiración potencial de 1 400 a 1 600 mm, que varía desde oriente a occidente (Sistema Nacional de Información, 2015, p. 12).

### 3.3 Caracterización del cultivo

En la Tabla 8, se observa las características del cultivo de banano en la Hacienda Comargara (lugar de la extracción de la muestra de suelo).

**Tabla 8.** Caracterización del cultivo en la Hacienda Comargara

Edad de la plantación	Sembrada en Marzo del 2016
Variedad utilizada	Variedad Cavendish, Subespecie Williams, obtenida de cultivos in vitro
Tipo de fertilización	<b>Fertilización Ha/año</b> 240 Kg de Urea 80kg de muriato de potasio 80kg de súper fosfato triple

**Elaborado por:** El Autor

### 3.4 Materiales

#### 3.4.1 Material biológico.

- Tierra

#### 3.4.2 Material técnico.

- Agenda
- Guantes
- Balanza
- Probetas
- Pipetas
- Embudo de vidrio

### 3.4.3 Material tecnológico.

- Computadora
- Teléfono celular
- Cámara Fotográfica
- Ozonizador

### 3.5 Diseño Experimental

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial con 4 tratamientos y 4 repeticiones, se escoge este modelo porque se emplea cuando las unidades experimentales son homogéneas y en experimentos de laboratorio con condiciones climáticas controladas.

Se escoge el arreglo factorial de 4 tratamientos porque fueron utilizadas las dosis con mejores efectos en el control de la Sigatoka Negra, en las cuales hubo un aumento en la producción y las 4 repeticiones se toman los antecedente de investigaciones realizadas anteriormente con ozono.

### 3.6 Cuadro de variables

Nombre de la variable	Definición	Dimensión	Unidad de medida	Indicador	Momento
Concentración de los nutrientes	Cantidad de nutrientes en la muestra	Masa	Por ciento (%)	Metodología Laboratorios INIAP	Después del ensayo
NH <sup>4</sup>	Cantidad de amonio en la muestra	Masa	µg/ml	Colorimetría	
P	Cantidad de Fosforo en la muestra	Masa	µg/ml	Colorimetría	
K, Zn, Cu, Fe, Mn	Cantidad de estos elementos en la muestra	Masa	µg/ml	Absorción Atómica	
pH	Cantidad de pH en la muestra	Masa	µg/ml	Volumetría Potenciométrica	

### 3.7 Unidad Experimental

Las unidades experimentales estuvieron formadas por 16 macetas, cada una con 906 g, el cual será posteriormente analizado en el laboratorio del INAP para conocer su composición fisicoquímica.

### 3.8 Tratamientos

Los tratamientos bajo estudio fueron:

Tratamiento 1: Regar 100 ml de agua ozonificada con una concentración de 4.0 ppm O<sub>3</sub>

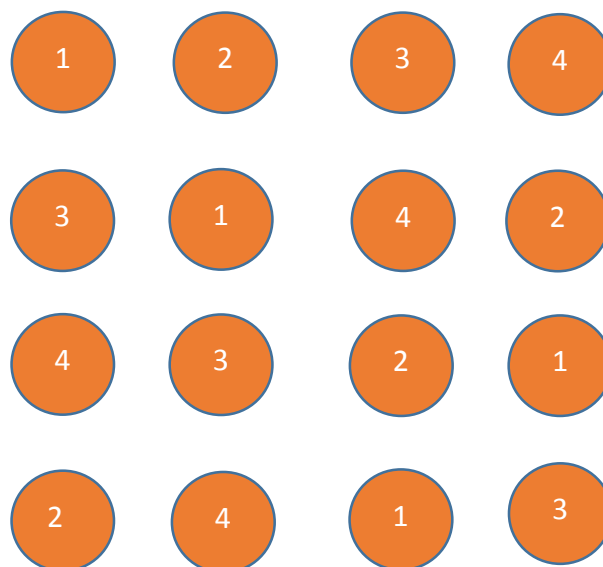
Tratamiento 2: Regar 100 ml de agua ozonificada con una concentración de 3.0 ppm O<sub>3</sub>

Tratamiento 3: Regar 100 ml de agua ozonificada con una Concentración de 2.0 ppm O<sub>3</sub>

Tratamiento 4: Regar 100 ml de agua sin ozono (Testigo)

Como antecedente estas concentraciones fueron las más efectivas en la investigación de Llerena Hidalgo (2016), para el control de la Sigatoka Negra en donde además del control de la este hongo hubo un aumento en el ratio (conversión racimos/Cajas).

La aplicación de agua ozonificada fue realizada en los días 4, 8 y 12 del ensayo, de acuerdo a la siguiente aleatorización de la distribución:



### 3.9 Procesamiento de información

#### 3.9.1 Análisis estadístico

**Tabla 9.** Fórmulas de trabajo para el análisis de la varianza

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Obs.
Entre Tratamientos	$SCE = \sum_{i=1}^a \frac{(y_{i\bullet})^2}{n_i} - \frac{(y_{\bullet\bullet})^2}{N}$	gle= a - 1	$CME = \frac{SCE}{gle}$	$\frac{CME}{CMD}$
Dentro (Error Experimental)	SCD=SCT-SCE	gld= N - a	$CMD = \frac{SCD}{gld}$	
Total	$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - \frac{(y_{\bullet\bullet})^2}{N}$	glt= N - 1		

**Fuente:** Di Rienzo, Casanoves, González y Tablada (2009, p. 231)

#### 3.9.2 Análisis de la varianza (ANDEVA).

El análisis de varianza para el presente Trabajo de Titulación fue,

**Tabla 10.** Análisis de la varianza del ensayo.

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	$(t - 1) = 3$
Error	$(r - 1) (t - 1) = 12$
Total	$(r) (t) - 1 = 15$

**Elaborado por:** El Autor.

#### 3.9.3 Estadístico de la prueba.

Se utilizó la Prueba de Tukey porque tiene una gran adaptabilidad y es superior a Duncan debido a que la unidad considerada es el experimento mismo. Requiere un solo valor para determinar la significancia de la diferencia del tratamiento. Con un nivel de probabilidad de 0.05 o al 95 %. Es una prueba de rangos múltiples.

### **3.10 Manejo del ensayo**

#### **3.10.1 Muestra de suelo**

La muestra de suelo fue extraída de la Hacienda Comargara, ubicada en el km. 45 vía Guayaquil-Jujan, cantón Alfredo Baquerizo Moreno, provincia del Guayas, el día martes 28 de Noviembre del 2017, según el manual “muestreo de suelos para análisis físico-químicos con fines agrícolas” publicado por el INIAP (2006, p. 1).

El mismo día se homogenizó la muestra y se procedió llenar y pesar cada una de las unidades experimentales con los respectivos 906 gramos.

#### **3.10.2 Generador de ozono**

El ozono se produjo por un equipo generador de ozono, compuesto por un transformador de 110 Voltios AC a 6000 Voltios DC; este transformador envía la corriente a un Generador con material dieléctrico, donde se produce el Ozono, el mismo que es alimentado por una fuente de Oxígeno al 95 % y a 4.5 litros por minuto, y a su vez inyectado mediante un Ventury al agua de una probeta de 500 ml (Pincay, 2014, p. 20).

#### **3.10.3 Riego con agua ozonificada**

Se realizaron pruebas para determinar cuál sería la cantidad de agua necesaria para cada aplicación en las repeticiones. Y se determinó que la cantidad de agua necesaria para tener capacidad de campo en los 906 g de suelo en menos de 15 minutos es de 100 ml.

Previo a la aplicación del agua ozonificada al suelo se procedió a realizar la medición de la concentración de ppm en los 500 ml de la probeta para cada uno de los tratamientos respectivamente; esta medición fue realizada con “Ozone Vacu-vials kit”, primero se colocan 5 gotas de A-7400 Activator Solution en la copa de 25 ml, segundo vierte el agua ozonificada en la copa con el reactivo hasta los 25 ml, después se introduce una ampolla y

se rompe la punta, como está al vacío absorberá el agua mezclada con el reactivo, dando una coloración con la cual también se puede medir los ppm de ozono por colorimetría , aunque en este experimento se utilizó un medidor digital.

Una vez determinada las concentraciones de ppm se realizó el riego del agua ozonificada los respectivos 100 ml por maceta los días 4, 8 y 12 del experimento, una vez concluido el ensayo se envió las muestras de suelo a los laboratorios del INIAP.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 pH

La Tabla 11 presenta los resultados obtenidos en la concentración de pH en los análisis de suelos realizados en el INIAP posteriores al experimento.

**Tabla 11.** Cuadro de promedios de las concentraciones de pH en el suelo.

Variable	Ph			
	T1	T2	T3	T4
R1	7.2	7.6	7.2	7.6
R2	7.2	7.6	7.5	7.6
R3	7.4	7.6	7.6	7.3
R4	7.5	7.6	7.6	7.6
$\bar{x} =$	<b>7.33 A</b>	<b>7.60 A</b>	<b>7.48 A</b>	<b>7.53 A</b>
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )				

**Elaborado por:** El Autor

Se observó que no hubo una diferencia significativa según el Test de Tukey al 5 % de probabilidades, que determinó que la Diferencia Mínima Significativa (DMS) tuvo que haber sido de 0.30 entre promedios.

En el Análisis de la Varianza (Tabla 12) se puede observar que el valor de probabilidad obtenido,  $p\text{-valor} = 0.09$  que es mayor que  $\alpha = 0.05$  lo que quiere decir que la variación en los promedios obtenidos se debe a la variación natural de los datos, motivo por el cual no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de la investigación. El experimento tiene un Error Estándar de 0.07 y un Coeficiente de Variación de 1.90, lo que nos indica que el experimento fue bien llevado y tiene un alto grado de certidumbre.

**Tabla 12.** Cuadro de Análisis de la varianza de la variable pH.

ANDEVA					
F.V	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	3	0.16	0.05	2.67	0.09 <sup>NS</sup>
Error	12	0.24	0.02		
Total	15	0.40			

**Elaborada por:** El Autor

#### 4.2 NH<sub>4</sub>

La Tabla 13 presenta los resultados obtenidos en la concentración de NH<sub>4</sub> en ug/ml de los análisis de suelos realizados en el INIAP posteriores al experimento.

**Tabla 13.** Cuadro de promedios de las concentraciones de NH<sub>4</sub>.

Variable	NH <sub>4</sub>			
	T1	T2	T3	T4
R1	9	8	9	8
R2	8	8	8	8
R3	7	8	8	8
R4	8	8	6	10
X=	8 A	8 A	7.75 A	8.50 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)				

**Elaborado por:** El Autor

Se observó que no hubo una diferencia significativa según el Test de Tukey al 5 % de probabilidades, se determinó que la Diferencia Mínima Significativa (DMS) tuvo que haber sido de 1.89 entre promedios.

En el Análisis de la Varianza (Tabla 14) se puede observar que el valor de probabilidad obtenido, p-valor= 0.07 que es mayor que  $\alpha= 0.05$  lo que quiere decir que la variación en los promedios obtenidos se debe a la variación natural de los datos, motivo por el cual no existe evidencia suficiente para



aceptar la hipótesis de la investigación. El experimento tiene un Error Estándar de 0.45 y un Coeficiente de Variación de 11.18.

**Tabla 14.** Cuadro de análisis de la varianza de la variable NH<sub>4</sub>.

ANDEVA					
F.V	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	3	1.19	0.40	0.49	0.07 <sup>NS</sup>
Error	12	9.75	0.81		
Total	15	10.94			

**Elaborado por:** El Autor

### 4.3 Fósforo

La Tabla 15 presenta los resultados obtenidos en la concentración de P en ug/ml de los análisis de suelos realizados en el INIAP posteriores al experimento.

**Tabla 15.** Cuadro de promedios de las concentraciones de Fósforo.

Variable	P			
	T1	T2	T3	T4
R1	21	15	16	15
R2	19	13	16	14
R3	14	14	13	16
R4	14	14	14	14
x=	17 A	14 A	14.75 A	14.75 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)				

**Elaborado por:** El Autor

Se observó que no hubo una diferencia significativa según el Test de Tukey al 5 % de probabilidades se determinó que la Diferencia Mínima Significativa (DMS) es de 4.26 entre promedios.

En el Análisis de la Varianza (Tabla 16) se puede observar que el valor de probabilidad obtenido, p-valor= 0.23 que es mayor que  $\alpha= 0.05$  lo que

quiere decir que la variación en los promedios obtenidos se debe a la variación natural de los datos, motivo por el cual no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de la investigación. El experimento tiene un Error Estándar de 1.02 y un Coeficiente de Variación de 13.43.

**Tabla 16.** Cuadro Análisis de la varianza de la variable P.

ANDEVA					
F.V	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	3	20.25	6.75	1.64	0.23 <sup>NS</sup>
Error	12	49.50	4.13		
Total	15	69.75			

**Elaborada por:** El Autor

#### 4.4 Potasio

La Tabla 17 presenta los resultados obtenidos en la concentración de K en ug/ml de los análisis de suelos realizados en el INIAP posteriores al experimento.

**Tabla 17.** Cuadro de promedios de las concentraciones de Potasio.

Variable	K			
	T1	T2	T3	T4
R1	166	109	145	100
R2	148	101	115	99
R3	108	99	89	115
R4	99	92	100	96
x=	130.25 A	100.25 A	112.25 A	102.5 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )				

**Elaborado por:** El Autor

Se observó que no hubo una diferencia significativa según el Test de Tukey al 5 % de probabilidades, se determinó que la Diferencia Mínima Significativa (DMS) tuvo que haber sido de 4.26 entre promedios.

En el Análisis de la Varianza (Tabla 18) se puede observar que el valor de probabilidad obtenido, p-valor= 0.22 que es mayor que  $\alpha= 0.05$  lo que quiere decir que la variación en los promedios obtenidos se debe a la variación natural de los datos, motivo por el cual no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de la investigación. El experimento tiene un Error Estándar de 10.41 y un Coeficiente de Variación de 18.70.

**Tabla 18.** Cuadro de análisis de la varianza de la variable Potasio

ANDEVA					
F.V	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	3	2238.19	746.06	1.72	0.22 <sup>NS</sup>
Error	12	5199.25	433.27		
Total	15	743744			

Elaborada por: El Autor

#### 4.5 Zinc

La Tabla 19 presenta los resultados obtenidos en la concentración de Zn en ug/ml de los análisis de suelos realizados en el INIAP posteriores al experimento.

**Tabla 19.** Cuadro de promedios de las concentraciones de Zinc.

Variable	Zn			
	T1	T2	T3	T4
R1	1.8	0.9	1.3	1.3
R2	2.1	1	1.4	1.3
R3	1.1	1.4	1	0.6
R4	0,9	1	1,2	0,6
x=	1.48 A	1.08 A	1.23 A	0.95 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )				

Elaborado por: El Autor

Se observó que no hubo una diferencia significativa según el Test de Tukey al 5 % de probabilidades, se determinó que la Diferencia Mínima Significativa (DMS) tuvo que haber sido de 0.79 entre promedios.

En el Análisis de la Varianza (Tabla 20) se puede observar que el valor de probabilidad obtenido,  $p\text{-valor} = 0.28$  que es mayor que  $\alpha = 0.05$  lo que quiere decir que la variación en los promedios obtenidos se debe a la variación natural de los datos, motivo por el cual no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de la investigación. El experimento tiene un Error Estándar de 0.19 y un Coeficiente de Variación de 31.79.

**Tabla 20.** Cuadro de análisis de la varianza de la variable Zinc.

ANDEVA					
F.V	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	3	0.61	0.20	1.45	0.28 <sup>NS</sup>
Error	12	1.69	0.14		
Total	15	2.30			

Elaborada por: El Autor

#### 4.6 Cobre

La Tabla 21 presenta los resultados obtenidos en la concentración de Cu en ug/ml de los análisis de suelos realizados en el INIAP posteriores al experimento.

**Tabla 21.** Cuadro de promedios de las concentraciones de Cobre.

Variable	Cu			
	T1	T2	T3	T4
R1	12.7	14	15.5	12.8
R2	11.8	13.1	12.7	13.6
R3	12.8	13.2	11.7	13.7
R4	13.7	13.6	12.2	13.2
x=	12.75	13.48	13.03	13.33
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )				

Elaborado por: El Autor

Se observó que no hubo una diferencia significativa según el Test de Tukey al 5 % de probabilidades, se determinó que la Diferencia Mínima Significativa (DMS) tuvo que haber sido de 2.05 entre promedios.

En el Análisis de la Varianza (Tabla 22) se puede observar que el valor de probabilidad obtenido, p-valor= 0.73 que es mayor que  $\alpha= 0.05$  lo que quiere decir que la variación en los promedios obtenidos se debe a la variación natural de los datos, motivo por el cual no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de la investigación. El experimento tiene un Error Estándar de 0.49 y un Coeficiente de Variación de 7.45.

**Tabla 22.** Cuadro de análisis de la varianza de la variable Cobre.

ANDEVA					
F.V	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	3	1.25	0.42	0.43	0.73 <sup>NS</sup>
Error	12	11.49	0.96		
Total	15	12.74			

Elaborado por: El Autor

#### 4.7 Hierro

La Tabla 23 presenta los resultados obtenidos en la concentración de Fe en ug/ml de los análisis de suelos realizados en el INIAP posteriores al experimento.

**Tabla 23.** Cuadro de promedios de las concentraciones de Hierro.

Variable	Fe			
	T1	T2	T3	T4
R1	26	26	39	22
R2	28	26	24	22
R3	24	25	18	24
R4	26	24	21	27
x=	26 A	25.25 A	25.5 A	23.75 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )				

**Elaborado por:** El Autor

Se observó que no hubo una diferencia significativa según el Test de Tukey al 5 % de probabilidades, se determinó que la Diferencia Mínima Significativa (DMS) tuvo que haber sido de 10.29 entre promedios.

En el Análisis de la Varianza (Tabla 24) se puede observar que el valor de probabilidad obtenido,  $p$ -valor= 0.92 que es mayor que  $\alpha= 0.05$  lo que quiere decir que la variación en los promedios obtenidos se debe a la variación natural de los datos, motivo por el cual no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de la investigación. El experimento tiene un Error Estándar de 2.45 y un Coeficiente de Variación de 19.52.

**Tabla 24.** Cuadro de análisis de la varianza de la variable Hierro.

ANDEVA					
F.V	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	3	11.25	3.75	0.16	0.92 <sup>NS</sup>
Error	12	288.50	24.04		
Total	15	299.75			

**Elaborada por:** El Autor

#### 4.8 Manganeso

La Tabla 25 presenta los resultados obtenidos en la concentración de Mn en ug/ml de los análisis de suelos realizados en el INIAP posteriores al experimento.

**Tabla 25.** Cuadro de promedios de las concentraciones de Manganeso.

Variable	Mn			
	T1	T2	T3	T4
R1	32	16	32	15
R2	29	15	15	14
R3	23	17	11	28
R4	17	16	15	14
x=	25.25 A	16 A	18.25 A	17.75 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )				

**Elaborado por:** El Autor

Se observó que no hubo una diferencia significativa según el Test de Tukey al 5 % de probabilidades, se determinó que la Diferencia Mínima Significativa (DMS) tuvo que haber sido de 14.06 entre promedios.

En el Análisis de la Varianza (Tabla 26) se puede observar que el valor de probabilidad obtenido, p-valor= 0.27 que es mayor que  $\alpha= 0.05$  lo que quiere decir que la variación en los promedios obtenidos se debe a la variación natural de los datos, motivo por el cual no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de la investigación. El experimento tiene un Error Estándar de 3.35 y un Coeficiente de Variación de 34.68.

**Tabla 26.** Cuadro de análisis de la varianza de la variable Manganeso.

<b>ANDEVA</b>					
<b>F.V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Tratamientos	3	199.19	66.40	1.48	0.27 <sup>NS</sup>
Error	12	538.25	44.85		
Total	15	737.44			

**Elaborada por:** El Autor



## 5 DISCUSIÓN

A partir de hallazgos encontrados posteriores al experimento aceptamos la hipótesis nula que establece que no existe efecto del agua ozonificada sobre la concentración de los nutrientes.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene la Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología (2011) quien señala en el apartado de análisis químico de los suelos que al usar ozono se observó que el suelo se acidifica, aumentó el fósforo aunque de manera poco significativa, ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

A pesar de que en la literatura no se reportan trabajos orientados a buscar si el ozono tiene algún efecto sobre la concentración de los nutrientes en el cultivo de Banano, se han realizado otras investigaciones que demuestran sus efectos positivos en la agronomía como lo presentan Bucio Villalobos, Díaz Serrano, Martínez Jaime, Torres Morales, quienes señalan que se mostró un efecto deletéreo sobre hongos, bacterias y nematodos, con la aplicación única de ozono en el agua de riego al inicio del cultivo de fresa, disminuyendo significativamente las poblaciones iniciales de estos organismos en el suelo, y a consecuencia de esta disminución, no se presentó un estímulo positivo sobre el crecimiento del follaje y las raíces de las plantas de fresa de la variedad Camino Real, por lo que se sugiere realizar futuras investigaciones bajo un programa de aplicaciones continuas.

También podemos observar que González, González, Veliz, Mollineda, y Rodríguez en el 2012 en la página 34 de su investigación de Morfofisiología de posturas de papaya irrigadas con tres calidades diferentes de agua, señalan que el riego con agua ozonizada propició un adelanto de tres días para que las posturas alcanzaran el tamaño necesario, lo que indica un mayor aprovechamiento de los nutrientes del suelo y posibilita su mejor desarrollo. Numerosos reportes indican el acortamiento de los ciclos de diferentes

cultivos al ser regados con agua ozonizada. Scott, Faruqui y Raschid (2004) señalan que esto se debe a que produce una mayor aportación de oxígeno a la raíz de la planta, lo cual permitirá una nutrición con la seguridad de eliminar gérmenes, bacterias, esporas y cualquier microorganismo que impida un crecimiento o funcionalidad equivocada de la planta.

## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusión**

De acuerdo con los objetivos planteados en la investigación en función de los resultados obtenidos posteriores al experimento se puede concluir que:

- El ozono no tiene un efecto en la concentración de nutrientes en el suelo.
- No existe una relación entre la concentración de ozono sobre la concentración de nutrientes en el suelo.
- Los suelos utilizados en la plantación de banano cumple con la calidad requerida.

### **6.2 Recomendaciones**

Se recomienda:

- Se recomienda aumentar las dosis de ppm de ozono, la frecuencia de aplicación y por lo tanto la misma antes de realizar los análisis de suelo.
- También se recomienda aumentar el número de repeticiones por tratamiento para poder tabular de mejor manera los resultados.
- Se recomienda que en futuras investigaciones se estudie el efecto del ozono en el proceso de respiración de las raíces de las plantas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abrego, F. (2012). Calidad ambiental de suelos. Universidad Nacional Noroeste Buenos Aires. Recuperado a partir de [http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/proinsa/informes/\\_archivos/002012\\_Ronda%202012/000300\\_Lic.%20Fabio%20L.%20Abrego%20-%20UNNOBA/000300\\_Determinaci%C3%B3n%20de%20CIC.pdf](http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/proinsa/informes/_archivos/002012_Ronda%202012/000300_Lic.%20Fabio%20L.%20Abrego%20-%20UNNOBA/000300_Determinaci%C3%B3n%20de%20CIC.pdf)
- Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología. (2011, Septiembre 22). Determinar la efectividad del ozono, un gas con gran capacidad oxidante, en la desinfección de suelos agrícolas. Recuperado a partir de <http://www.agenciasinc.es/Noticias/El-ozono-es-efectivo-para-desinfectar-suelos-agricolas>
- Bucio, C., Díaz, F., Martínez, O., y Torres, J. (2016). Efecto del ozono sobre la población microbiana del suelo y el crecimiento de plantas de fresa, 34(2). Recuperado a partir de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792016000200229&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000200229&lng=es&nrm=iso)
- CosemarOzono. (s. f.). Tratamientos con ozono. Recuperado a partir de [https://www.cosemarozono.es/pdf/servicios\\_59.pdf](https://www.cosemarozono.es/pdf/servicios_59.pdf)
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Gonzalez, L., y Tablada, E. (2009). Estadística para las Ciencias Agropecuarias, *Séptimo*, 231.
- Dorronsoro, C. (2010). Introducción a la edafología. Recuperado 23 de octubre de 2017, a partir de <http://www.edafologia.net/introeda/tema05/ccc.htm>

ECONOTICIAS. (2015, Julio 13). El uso del ozono en la agricultura incrementa hasta un 40% la productividad. Recuperado 23 de octubre de 2017, a partir de <http://www.ecoticias.com/agricultura-ecologica/105262/ozono-agricultura-incrementa-productividad>

El Telégrafo. (2017, Mayo 16). Banano de Ecuador contará con marca sectorial. Recuperado 21 de octubre de 2017, a partir de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/banano-de-ecuador-contara-con-marca-sectorial>

Espinosa, J., y Mite, F. (2008). Búsqueda de eficiencia en el uso de nutrientes en Banano. Presentado en XVIII Congreso ACORBAT, Guayaquil-Ecuador. Recuperado a partir de [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/0/38296979B38E673C05257AF00058BCFB/\\$FILE/Busqueda%20de%20eficiencia%20en%20el%20uso%20de%20nutrientes%20en%20banano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/0/38296979B38E673C05257AF00058BCFB/$FILE/Busqueda%20de%20eficiencia%20en%20el%20uso%20de%20nutrientes%20en%20banano.pdf)

Espinosa, J., y Mite, F. (2015). Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano, 5.

Fagiani, M., y Tapia, A. (2013, abril 15). Ficha del cultivo de Banano. Instituto Nacional De Tecnología Agropecuaria. Recuperado a partir de <https://inta.gob.ar/documentos/cultivo-del-banano>

FAO. (2002). La economía del Banano 1985-2002. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/docrep/007/y5102s/y5102s03.htm>

FAO. (s. f.). Propiedades químicas del suelo. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>

FAOSTAT. (2014). *Most produced commodities, Ecuador*. FAO. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

Gauggel, C., y Gloria, A. (2010). Fertilización de Banano. Honduras-Zamorano. Recuperado a partir de [https://www.ipipotash.org/udocs/Gauggel\\_and\\_gauggel\\_fertilizacion\\_en\\_banano.pdf](https://www.ipipotash.org/udocs/Gauggel_and_gauggel_fertilizacion_en_banano.pdf)

Gil, B. (2011, octubre 11). El ozono sustituto de herbicidas. Recuperado a partir de <http://www.elmundo.es/elmundo/2011/10/11/castillayleon/1318323810.html>

González, José, González, R., Veliz, E., Mollineda, A., y Rodríguez, D. (2012). Morfofisiología de posturas de papaya irrigadas con tres calidades diferentes de agua., 34.

Google Earth. (2014, de 03 del). Ubicación geográfica de la hacienda Margara Comargara S.A.

Haifa Gruop. (s. f.). Recomendaciones nutricionales para Banano, 7.

HIDRITEC. (2011). El Ozono en la agricultura. Recuperado 23 de octubre de 2017, a partir de <http://www.hidritec.com/hidritec/el-ozono-en-la-agricultura>

InfoStat. (2018). Resultados obtenidos de las variables (Versión 2017). Recuperado a partir de C:\Users\HP\Downloads\Tesis\InfoStat\Tablas\Tabla NH4.IDB2 : 19/01/2018 - 12:53:49 - [Versión : 11/09/2017]

- INIAP. (2006). Muestreo de suelos para análisis químico con fines agrícolas (p. 1). Guayas. Recuperado a partir de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Muestreo%20del%20suelos%20para%20an%C3%A1lisis%20qu%C3%ADmico%20con%20fines%20agr%C3%ADcolas..pdf>
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a las ciencias del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- Jingquan, L. (2014). Generalidad y generación electroquímica de ozono, 13.
- Llerena, Á., Castaño, R., y Aguirre, C. (2016). Relación de la concentración y frecuencia de aplicación de ozono con el nivel de daño de la Sigatoka Negra en banano. Diseño de un protocolo de riego con agua ozonificada. *Alternativas*, 16(2), 66-75. <https://doi.org/10.23878/alternativas.v16i2.69>
- López, A., y Espinosa, J. (1995). Respuesta del banano al Potasio, 3.
- Meléndez, G., y Molina, E. (2001). Manejo y Fuentes de la Acidez del Suelo (p. 27). Presentado en Fertilidad de Suelos y Manejo de la Nutrición de Cultivos en Costa Rica, Costa Rica. Recuperado a partir de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilidad%20de%20Suelos.pdf>
- Osorio, R. . (2014). *Manejo de los nutrientes en suelos del trópico*. (2da Edición). Medellín - Colombia. Recuperado a partir de [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/58238/62699#B16](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/58238/62699#B16)

Pincay, J. (2014). *Determinación de la dosis optima de ozono en ppm para el manejo de Sigatoka Negra (Mycophaerella fijiensis) en un plantación de banano procedente de meristema*. (Tesis de grado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayas. Recuperado a partir de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2548/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-48.pdf>

PRO ECUADOR. (2016). *Boletín de Comercio Exterior (Boletín Mensual)* (p. 9). Recuperado a partir de <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2016/03/ABR.pdf>

Reuter, y Robinson. (1997). *Plant analysis and interpretation manual*. Recuperado a partir de [http://www.nuprec.com/Nuprec\\_Sp\\_archivos/Literatura/Magnesio/Mg%20en%20Banano.pdf](http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/Magnesio/Mg%20en%20Banano.pdf)

Revista El Agro. (2012). Cinco países concentran el 69,5% de la exportación de banano Revista El Agro. *Revista El Agro*. Recuperado a partir de <http://www.revistaelagro.com/cinco-paises-concentran-el-695-de-la-exportacion-de-banano/>

Rodríguez Vidal, F. (2003). Influencia del tratamiento con ozono en los procesos de potabilización de agua, 3-4.

Sanchez, J., y Mira, J. (2013). *Principios para la nutrición del banano*. Medellín - Colombia: AUGURA Cenibanano. Recuperado a partir de [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/58238/62699#B16](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/58238/62699#B16)

Scott, Faruqi, N. ., y Raschid, L. (2004). Wastewater use in irrigated agriculture: confronting the livelihood and environmental realities.



Sistema Nacional de Información. (2015). *Gestión municipal* (p. 12). Cantón Alfredo Baquerizo Moreno. Recuperado a partir de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0960001970001\\_PDOT%20Alfredo%20Baquerizo%20Moreno%20Jujan\\_14-03-2015\\_06-45-04.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0960001970001_PDOT%20Alfredo%20Baquerizo%20Moreno%20Jujan_14-03-2015_06-45-04.pdf)

Torres, A., Lopez, R., y Mickelbart, M. (s. f.). Medición de pH y Conductividad Eléctrica en sustratos, 1.

Umaña, C. (2014, abril 9). Capacidad de intercambio catiónico. Recuperado 23 de octubre de 2017, a partir de <http://caracteristicasdelcic.blogspot.com/2014/04/caracteristicas-de-un-suelo-con.html>

Universidad Agrícola. (2017, Octubre 16). Comportamiento de los nutrientes en función del pH. Recuperado 7 de noviembre de 2017, a partir de <http://universidadagricola.com/comportamiento-de-los-nutrientes-en-funcion-del-ph-2/>

Zapata Hernández, R. (s. f.). Origen de la acidez en el suelo. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1735/3/9583367125.3.pdf>

# **ANEXOS**

**Anexo 1.** Extracción de la muestra de suelo en Hacienda Comargara.



**Fuente:** El Autor

**Anexo 2.** Procedimiento realizado para la toma de la muestra de suelo.



**Fuente:** El Autor

**Anexo 3.** Identificación de los tratamientos y repeticiones de las unidades experimentales.



**Fuente:** El Autor

**Anexo 4.** Homogenización del suelo para colocar en las macetas.



**Fuente:** El Autor

**Anexo 5.** Pesando los 906 gr de suelo en las Unidades Experimentales



**Fuente:** El Autor

**Anexo 6.** Distribución de las unidades experimentales en el invernadero de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.



**Fuente:** El Autor

### Anexo 7. Máquina de ozono



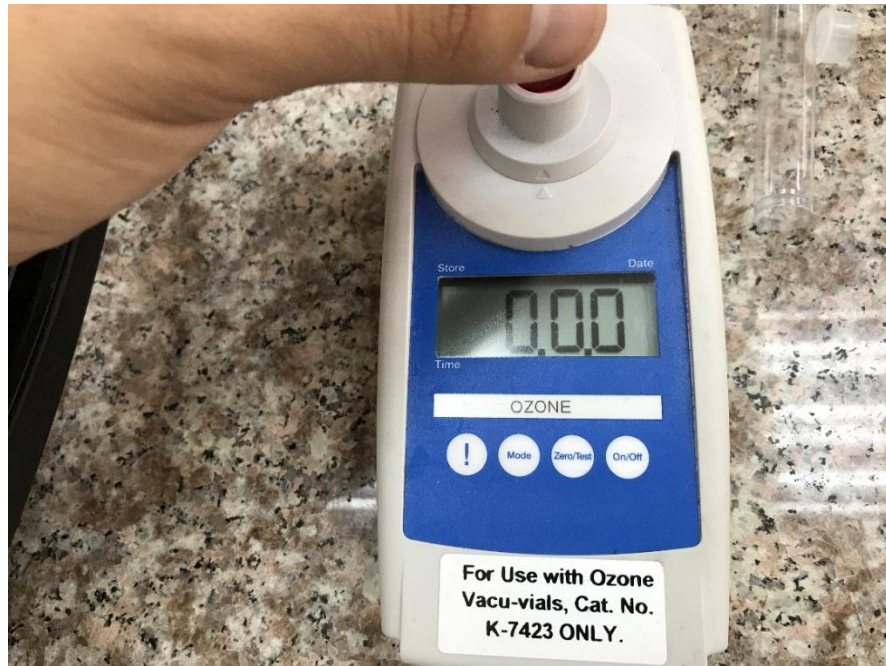
Fuente: El Autor

### Anexo 8. Preparación del agua ozonificada



Fuente: El Autor

**Anexo 9. Medidor digital de ppm de ozono**



**Fuente:** El Autor

**Anexo 10. Laboratorio de suelos de la FETD previo al análisis de ppm de ozono**



**Fuente:** EL Autor

**Anexo 11.** Medición de ppm de ozono previo a la aplicación del agua ozonificada a las unidades experimentales.



**Fuente:** El Autor

**Anexo 12.** Aplicación de los 100 ml de agua ozonificada a las macetas



**Fuente:** El Autor




**Anexo 13.** Entrega de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones en el Laboratorio del INIAP



Fuente: El Autor

**Anexo 14.** Análisis de los tratamientos y sus repeticiones.



**ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR**  
**"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
Km 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7099 Yaguachi - Guayas - Ecuador  
Teléfono: 042724260 - 042724119 e-mail: lab.suelos.eels@iniap.gob.ec

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre :	PEDRO MARCELO BOEZIO ALVEAR	Nombre :	COMARGARA	Informe No. :	020428	Factura No. :	04521				
Dirección :	VIA A MALIMPIA KM 12 VIA JORDAN	Provincia :	GUAYAS	Responsable Muestreo :	Cliente	Fecha Análisis :	18/12/2017				
Ciudad :	ROZA ZARATE	Cantón :	BAQUERIZO MORENO	Fecha Muestreo :	28/11/2017	Fecha Emisión :	20/12/2017				
Teléfono :	0691988223	Parroquia :	BAQUERIZO MORENO	Fecha Ingreso :	11/12/2017	Fecha Impresión :	20/12/2017				
Fax :	NIE	Ubicación :	KM. 25 VIA GUAYAQUIL - JUJUA	Condiciones Ambientales :	TC: 24.0 %H: 56.0	Cultivo Actual :	BANANO				

N° Laboraf.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			* NH <sub>4</sub>	* P	K	* Ca	* Mg	* S	* Zn	Cu	* Fe	* Mn	* B	* Cl
66503	T.1 - R.1	7.2 PN	9 B	21 A	166 A	4037 A	846 A	25 A	1.8 B	12.7 A	26 M	32.0 A	0.46 B	B
66504	T.1 - R.2	7.2 PN	8 B	19 M	148 M	3835 A	860 A	20 A	2.1 M	11.8 A	28 M	29.0 A	0.56 M	B
66506	T.1 - R.3	7.4 PN	7 B	14 M	108 M	3944 A	890 A	16 M	1.1 B	12.8 A	24 M	23.0 A	0.30 B	M
66506	T.1 - R.4	7.5 PN	8 B	14 M	99 M	3791 A	905 A	14 M	0.9 B	13.7 A	26 M	17.0 A	0.22 B	B
66507	T.2 - R.1	7.6 LAI	8 B	15 M	109 M	3857 A	946 A	13 M	0.9 B	14.0 A	26 M	15.0 A	0.27 B	B
66508	T.2 - R.2	7.6 LAI	8 B	13 M	101 M	3935 A	883 A	18 M	1.0 B	13.1 A	26 M	15.0 M	0.24 B	B
66509	T.2 - R.3	7.6 LAI	8 B	14 M	99 M	4006 A	915 A	13 M	1.4 B	13.2 A	25 M	17.0 A	0.31 B	B
66510	T.2 - R.4	7.6 LAI	8 B	14 M	92 M	3949 A	913 A	12 M	1.0 B	13.6 A	24 M	16.0 A	0.34 B	B
66511	T.3 - R.1	7.2 PN	9 B	16 M	145 M	3862 A	1000 A	62 A	1.3 B	15.5 A	39 M	32.0 A	0.38 B	B
66512	T.3 - R.2	7.5 PN	8 B	16 M	115 M	3951 A	898 A	22 A	1.4 B	12.7 A	24 M	15.0 M	0.50 B	B
66513	T.3 - R.3	7.6 LAI	8 B	13 M	89 M	3938 A	884 A	13 M	1.0 B	11.7 A	18 B	11.0 M	0.46 B	B
66514	T.3 - R.4	7.6 LAI	9 B	14 M	100 M	3959 A	889 A	14 M	1.2 B	12.2 A	21 M	15.0 M	0.51 M	M
66515	T.4 - R.1	7.6 LAI	8 B	15 M	100 M	3919 A	917 A	15 M	1.3 B	12.8 A	22 M	15.0 M	0.44 B	B
66516	T.4 - R.2	7.6 LAI	8 B	14 M	99 M	3927 A	928 A	10 M	1.3 B	13.6 A	22 M	14.0 M	0.16 B	B
66517	T.4 - R.3	7.3 PN	8 B	16 M	115 M	4040 A	909 A	15 M	0.6 B	13.7 A	24 M	28.0 A	0.18 B	B
66518	T.4 - R.4	7.6 LAI	10 B	14 M	96 M	3828 A	911 A	10 M	0.6 B	13.2 A	27 M	14.0 M	0.26 B	B

Interpretación		pH	
NH <sub>4</sub> , P, K, Ca, Mg, S	Alto = Muy Alto	Alto = Muy Alto	Alto = Muy Alto
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	Bajo = Bajo	Alto = Muy Alto	Alto = Muy Alto
	M = Medio	Alto = Muy Alto	Alto = Muy Alto
	A = Alto	Alto = Muy Alto	Alto = Muy Alto


Determinación	Metodología	Extractante
NH <sub>4</sub> , P	Colorimétrica	Olson
K, Ca, Mg	Atomística	Multielemento
Zn, Cu, Fe, Mn, S	Atomística	pH 8.5
B	Turbidimétrica	Fuente de Ca
Cl	Colorimétrica	Mercapto
	Volumétrica	Punto Salino
	Potenciométrica	Suete: agua (1:2.5)

Niveles de Referencia Optimos			
Medio (ug/ml)			
NH <sub>4</sub>	20 - 40	Fe	20 - 40
P	10 - 20	Mg	6 - 15
K	70 - 150	Zn	0.5 - 1.8
Cu	0.60 - 15.00	Cu	1.8 - 4.0
		Cl	17 - 34

NIE = No entregado  
 <LC = Menor al Límite de Cuantificación  
 Los resultados arrojados en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al OAE  
 Las opiniones, interpretaciones, etc., que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al OAE  
 \*\* Ensayo subsecuencial  
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

  
**Responsable Técnico del Laboratorio**  
 Mgs. Diana Acosta J.

Página 1 de 2

Fuente: INIAP

**Anexo 15.** Resultados obtenidos del análisis de suelo realizado en laboratorios del INIAP.

Tratamiento	Repetición	pH	ug/ml						
			NH4	P	K	Zn	Cu	Fe	Mn
1 (4ppm)	R1	7.2	9	21	166	1.8	12.7	26	32.0
	R2	7.2	8	19	148	2.1	11.8	28	29.0
	R3	7.4	7	14	108	1.1	12.8	24	23.0
	R4	7.5	8	14	99	0.9	13.7	26	17.0
2 (3ppm)	R1	7.6	8	15	109	0.9	14.0	26	16.0
	R2	7.6	8	13	101	1.0	13.1	26	15.0
	R3	7.6	8	14	99	1.4	13.2	25	17.0
	R4	7.6	8	14	92	1.0	13.6	24	16.0
3 (2ppm)	R1	7.2	9	16	145	1.3	15.5	39	32.0
	R2	7.5	8	16	115	1.4	12.7	24	15.0
	R3	7.6	8	13	89	1.0	11.7	18	11.0
	R4	7.6	6	14	100	1.2	12.2	21	15.0
4 (testigo)	R1	7.6	8	15	100	1.3	12.8	22	15.0
	R2	7.6	8	14	99	1.3	13.6	22	14.0
	R3	7.3	8	16	115	0.6	13.7	24	28.0
	R4	7.6	10	14	96	0.6	13.2	27	14.0

Elaborado por: El Autor.

**Anexo 16.** Datos obtenidos de InfoStat en la variable pH.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Repeticiones	16	0,40	0,25	1,90

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,16	3	0,05	2,67	0,0948
Tratamientos	0,16	3	0,05	2,67	0,0948
Error	0,24	12	0,02		
Total	0,40	15			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,29843**

Error: 0,0202 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T1	7,33	4	0,07 A
T3	7,48	4	0,07 A
T4	7,53	4	0,07 A
T2	7,60	4	0,07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Variable	Media	E.E.
Repeticiones	7,48	0,04

Fuente: InfoStat, 2018, p. 1

**Anexo 19.** Datos obtenidos de InfoStat en la variable NH<sub>4</sub>.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Repeticiones	16	0,11	0,00	11,18

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,19	3	0,40	0,49	0,6975
Tratamientos	1,19	3	0,40	0,49	0,6975
Error	9,75	12	0,81		
Total	10,94	15			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,89231**

Error: 0,8125 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4	8,50	4	0,45	A
T2	8,00	4	0,45	A
T1	8,00	4	0,45	A
T3	7,75	4	0,45	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Variable	Media	E.E.
Repeticiones	8,06	0,21

**Fuente:** InfoStat, 2018, p. 2

**Anexo 20.** Datos obtenidos de InfoStat en la variable Fósforo.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Repeticiones	16	0,29	0,11	13,43

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20,25	3	6,75	1,64	0,2331
Tratamientos	20,25	3	6,75	1,64	0,2331
Error	49,50	12	4,13		
Total	69,75	15			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,26376**

Error: 4,1250 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1	17,00	4	1,02	A
T3	14,75	4	1,02	A
T4	14,75	4	1,02	A
T2	14,00	4	1,02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Variable	Media	E.E.
Repeticiones	15,13	0,54

**Fuente:** InfoStat, 2018, p. 3

**Anexo 21.** Datos obtenidos de InfoStat en la variable Potasio.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Repeticiones	16	0,30	0,13	18,70

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2238,19	3	746,06	1,72	0,2155
Tratamientos	2238,19	3	746,06	1,72	0,2155
Error	5199,25	12	433,27		
Total	7437,44	15			

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=43,69789**

Error: 433,2708 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T1	130,25	4	10,41 A
T3	112,25	4	10,41 A
T4	102,50	4	10,41 A
T2	100,25	4	10,41 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Variable	Media	E.E.
Repeticiones	111,31	5,57

**Fuente:** InfoStat, 2018, p. 4

**Anexo 22.** Datos obtenidos de InfoStat en la variable Zinc.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Repeticiones	16	0,27	0,08	31,79

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,61	3	0,20	1,45	0,2783
Tratamientos	0,61	3	0,20	1,45	0,2783
Error	1,69	12	0,14		
Total	2,30	15			

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,78841**

Error: 0,1410 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T1	1,48	4	0,19 A
T3	1,23	4	0,19 A
T2	1,08	4	0,19 A
T4	0,95	4	0,19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Variable	Media	E.E.
Repeticiones	1,18	0,10

**Fuente:** InfoStat 2018, p. 5.

### Anexo 23. Datos obtenidos de InfoStat en la variable Cobre.

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Repeticiones	16	0,10	0,00	7,45

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,25	3	0,42	0,43	0,7326
Tratamientos	1,25	3	0,42	0,43	0,7326
Error	11,49	12	0,96		
Total	12,74	15			

#### Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,05446

Error: 0,9577 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2	13,48	4	0,49	A
T4	13,33	4	0,49	A
T3	13,03	4	0,49	A
T1	12,75	4	0,49	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Variable	Media	E.E.
Repeticiones	13,14	0,23

Fuente: InfoStat, 2018, p. 6.

### Anexo 24. Datos obtenidos de InfoStat en la variable Hierro.

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Repeticiones	16	0,04	0,00	19,52

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11,25	3	3,75	0,16	0,9238
Tratamientos	11,25	3	3,75	0,16	0,9238
Error	288,50	12	24,04		
Total	299,75	15			

#### Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,29350

Error: 24,0417 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1	26,00	4	2,45	A
T3	25,50	4	2,45	A
T2	25,25	4	2,45	A
T4	23,75	4	2,45	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Variable	Media	E.E.
Repeticiones	25,13	1,12

Fuente: InfoStat, 2018, p. 7.

**Anexo 25.** Datos obtenidos de InfoStat en la variable Manganeso.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Repeticiones	16	0,27	0,09	34,68

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	199,19	3	66,40	1,48	0,2695
Tratamientos	199,19	3	66,40	1,48	0,2695
Error	538,25	12	44,85		
Total	737,44	15			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=14,05990**

Error: 44,8542 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T1	25,25	4	3,35 A
T3	18,25	4	3,35 A
T4	17,75	4	3,35 A
T2	16,00	4	3,35 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Variable	Media E.E.
Repeticiones	19,31 1,75

**Fuente:** InfoStat, 2018, p. 8.



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo **Goncálvez Maridueña José Antonio**. Con C.C: # **0802724757** autor del trabajo de titulación: “**Evaluación de la influencia del ozono sobre la concentración de nutrientes del suelo en el cultivo de banano del cantón Alfredo Baquerizo Moreno, provincia del Guayas**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario** 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, **05 de marzo de 2018**

f. \_\_\_\_\_

**Goncalvez Maridueña José Antonio**

**C.C: 0802724757**

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Evaluación de la influencia del ozono sobre la concentración de nutrientes del suelo en el cultivo de banano del cantón Alfredo Baquerizo Moreno, provincia del Guayas		
<b>AUTOR(ES)</b>	José Antonio Goncálvez Maridueña		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Emilio Comte Saltos, M. Sc.		
<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		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	05 de marzo de 2018	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	70
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Manejo sostenible de cultivos tropicales y producciones pecuarias		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	Ozono, Nutrientes, Dosis, Concentración de nutrientes, Suelo, Laboratorio, Análisis de suelo		
<p><b>RESUMEN/ABSTRACT:</b> El presente Trabajo de Titulación se realizó entre los meses de diciembre del 2017 y enero del 2018, en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. En la investigación se aplicó agua con ozono al suelo para determinar si el ozono tiene algún efecto sobre la concentración de los nutrientes. Para llegar a determinar esto se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial de 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos fueron identificados con sus respectivas repeticiones en 16 masetas. Teniendo por objetivos: establecer la concentración de los nutrientes después del ensayo, determinar la dosis en ppm de ozono con efecto en la concentración de los nutrientes del suelo, Además de realizaron análisis de suelo en los laboratorios del INIAP. De acuerdo con los resultados obtenidos se pudo determinar que no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de la investigación.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-996642529	E-mail: josegoncalvez95@gmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre: Ing. Noelia Carolina Caicedo Coello.</b>		
	<b>Teléfono: 0987361675</b>		
	E-mail: <a href="mailto:noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec">noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			