



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ORGANOFOSFORADOS Y CARBAMATOS  
EN EL SUELO DE LA PARROQUIA RURAL PUERTO LIMÓN, SANTO DOMINGO.

Autoras

Nancy Fabiola Sarrade Gastelú  
Yadira Marisol Yáñez Zapata

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ORGANOFOSFORADOS Y CARBAMATOS EN EL SUELO  
DE LA PARROQUIA RURAL PUERTO LIMÓN, SANTO DOMINGO.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingenieras Ambiental en Prevención y Remediación

Profesor Guía

MSc. Miguel Ángel Gualoto Oñate

Autoras

Nancy Fabiola Sarrade Gastelú

Yadira Marisol Yáñez Zapata

Año

2017

## **DECLARACIÓN DE PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con las estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Miguel Ángel Gualoto Oñate  
Magister en Ciencias Biológicas.  
C.I. 1707429351

## **DECLARACIÓN DE PROFESOR CORRECTOR**

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Yasser Alejandro González Romero  
Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental  
C.I. 0703737627

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos del autor vigentes”

---

Nancy Fabiola Sarrade Gastelú

C.I. 1719180554

---

Yadira Marisol Yáñez Zapata

C.I. 1723470686

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestra directora de carrera, la Ing. Paola Posligua, quien nos apoyó con el desarrollo del trabajo investigativo, al Dr. Miguel Ángel Gualoto por la apertura, colaboración, sabiduría y cualidades positivas, ya que él estuvo siempre pendiente y apoyándonos de la mejor manera para la elaboración del proyecto, al Ing. Alejandro González que con su apoyo incondicional nos brindó la fuerza para culminar el trabajo de investigación, finalmente al Ing. Tomás Villón decano de la facultad de ingeniería y maestros de nuestra carrera que con sus enseñanzas nos permitieron facilitar la realización de nuestro trabajo.

## **DEDICATORIA**

En primera instancia quiero dedicar este trabajo a Dios, a mis padres, hermano y amigos. A nuestro creador por ser el artífice y forjador de nuestras vidas. A mis padres Milton y Gladys quienes con su sacrificio estuvieron siempre brindando sus mejores consejos y enseñanzas, dándome siempre cariño y afecto para poder culminar esta etapa de mi vida.

A mis amigos Nancy y Oscar con quienes compartimos los mejores momentos en esta etapa universitaria.

Yadira Marisol Yáñez Zapata

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación primero a Dios por guiarme por el buen camino. A mis padres Fausto y Giovanna, quienes, con mucho amor me han dado las mejores enseñanzas y son mi ejemplo a seguir. A mi hermano Fernando, por ser incondicional e impulsarme a cumplir mis sueños. A mis abuelos Fausto y Nancy (papito y tita) y Fausto y Fabiola (tatita y mamá), por ustedes soy lo que soy, y les agradezco por los valores que inculcaron en mí. A mi tío Javier por estar pendiente de mis acciones y apoyarme siempre. Finalmente, a mis amigos Yadira, Oscar, Daniel y a todos aquellos que formaron parte en esta etapa de mi vida.

Nancy Fabiola Sarrade Gastelú

## RESUMEN

De acuerdo con la información recabada del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP), existen alrededor de 216.762 Ha de banano (barraganete, dominico, verde y plátano) en la zona comprendida entre las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas y El Oro, divididas en 6.000 fincas de las cuales se obtienen 5.85 millones de toneladas de banano; además, alrededor de 2.52 millones de kilos de agroquímicos se dispersan cada año en las regiones bananeras. Por lo antes mencionado, el ambiente se ha visto perjudicado por el uso continuo y a veces excesivo de plaguicidas en las plantaciones agrícolas, aspecto que se agudiza por el mal manejo de los residuos y disposición inadecuada de recipientes contenedores.

Los residuos de estas sustancias químicas se distribuyen en las matrices ambientales, convirtiéndose de esta manera en agentes contaminantes para los sistemas bióticos y abióticos, interfiriendo en su estabilidad y generando factores de riesgo para la salud pública. Las propiedades físicas y químicas de los residuos de plaguicidas se ven modificadas por las condiciones ambientales del sitio de aplicación, tales como el clima, la geomorfología, hidrogeología y meteorología del suelo, incrementando su movilidad ambiental y toxicidad.

La investigación ejecutada evaluó los efectos de los organofosforados y carbamatos en el suelo de la parroquia rural Puerto Limón, bajo condiciones de laboratorio en la Universidad de las Américas. Los resultados obtenidos indicaron que los plaguicidas como el malatión y mancozeb afectan sensiblemente a ciertos factores químicos edáficos del suelo, como la conductividad eléctrica y el contenido de materia orgánica; además, afectaron la dinámica, diversidad y porcentaje poblacional de los microorganismos edáficos (bacterias y hongos), generando una disminución en estos. Los tratamientos obtenidos, con mejores resultados según el análisis estadístico, fueron los ejecutados con dosis bajas y altas de ambos plaguicidas, más la aplicación de humato; esta sustancia constituye un agente bloqueador de los efectos negativos de los agroquímicos sobre la dinámica microbiana, por

cuanto sólo en estos tratamientos se observó la supervivencia de dos de las cepas microbianas inicialmente identificadas en los suelos vírgenes; lo antes descrito permite concluir que estos suelos presentan mejores posibilidades de recuperación. Finalmente, con los datos obtenidos, se elaboró recomendaciones prácticas de empleo de protectores húmicos en forma conjunta con plaguicidas en el control de plagas de cultivos, pues el humato actúo en calidad de agente protector de la diversidad microbiana, potenciador de los plaguicidas y agente quelante de micro elementos. Estas recomendaciones serán enviadas, presentadas y socializadas a los agricultores de la parroquia rural Puerto Limón.

**Palabras claves:** *humato, plaguicida, diversidad microbiana, quelante, propiedades químicas, propiedades biológicas.*

## ABSTRACT

According to the information gathered from the Ministry of Agriculture, Livestock, Aquaculture and Fisheries (MALAF), there are about 216,762 hectares of banana (barraganete, dominican, green and banana) in the area between the provinces of Santo Domingo de los Tsáchilas and El Oro, which are divided into 6,000 farms, from where are obtained around 5.85 million tons of banana; also, more than 2.52 million kilos of agrochemicals are dispersed each year in the banana regions. Due to the above, the environment has been adversely affected by the continuous and sometimes excessive use of pesticides in agricultural plantations, aspect that is exacerbated by the mismanagement of waste and the inadequate disposal of container bins.

The residues of these chemical substances are distributed among the environmental matrixes, becoming pollutant agents for biotic and abiotic systems, interfering with their stability and generating risk factors for public health. The physical and chemical properties of the pesticide residues are modified by the environmental conditions of the application site, such as climate, soil geomorphology, hydrogeology and meteorology, increasing its environmental mobility and toxicity.

The executed investigation evaluated the effects of organophosphates and carbamates on the soil of the rural parish of Puerto Limón, under laboratory conditions at the Universidad de las Americas. The results indicated that pesticides such as malathion and mancozeb significantly affect some chemical edaphic soil factors, such as electrical conductivity and organic matter content; in addition, they affected the dynamic, diversity and population percentage of edaphic microorganisms (bacteria and fungi), generating a decrease in them. The obtained treatments, that showed the best results according to the statistical analysis, were those executed with low and high doses of both pesticides, plus the use of humate; this substance constitutes a blocking agent for the harmful effects of agrochemicals over the microbial dynamics, since only

in these treatments, the survival of two of the microbial strains initially identified in the virgin soils was observed; the above described allows to conclude that these soils present better possibilities of recovery. Finally, with the obtained data, practical recommendations were developed for the use of humic protectors in conjunction with pesticides in the control of farming pests, as humate acted as a protective agent for microbial diversity, pesticide enhancer and chelating agent for micro elements. These recommendations will be sent, presented and socialized to farmers in the rural parish of Puerto Limón.

**Key words:** *Humate, pesticide, microbial diversity, chelating, chemical properties, biological properties.*

# ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	3
1.2. Problemática .....	5
1.3. Hipótesis Nula.....	7
1.4. Hipótesis.....	7
1.5. Objetivos .....	7
1.5.1. Objetivo General .....	7
1.5.2. Objetivos Específicos.....	7
1.6. Alcance .....	8
1.7. Justificación .....	8
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Descripción de la zona y línea base .....	9
2.2. Recurso suelo .....	13
2.2.1. Propiedades del suelo .....	13
2.2.1.1. Propiedades físicas .....	13
2.2.1.2. Propiedades químicas .....	14
2.2.1.3. Propiedades biológicas.....	21
2.3. Plaguicidas .....	24
2.3.1. Definición .....	24
2.3.2. Efecto de los plaguicidas en el suelo .....	26
2.3.3. Efecto de los plaguicidas sobre las propiedades del suelo.....	26
2.3.4. Efecto de los plaguicidas a los microorganismos en el suelo .....	26
2.3.5. Efectos de las sustancias húmicas sobre los plaguicidas.....	27
2.3.6. Principales plagas en cultivos de banano en Puerto Limón.....	28
3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	30
3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	30
3.1.1. Variables del experimento .....	30
3.1.2. Tratamientos experimentales.....	31

3.1.3. Celdas experimentales .....	35
3.1.4. Propiedades a evaluarse y periodo de evaluación.....	37
3.1.5. Determinación del mejor tratamiento .....	38
3.1.5.1. Programa seleccionado .....	38
3.1.5.2. Significancia de las variables.....	39
3.1.5.3. Pruebas Post-Hoc y DMS.....	40
3.1.5.4. Evaluación del humato .....	41
<b>3.2. MUESTREO BASE DE 3 FINCAS BANANERAS .....</b>	<b>41</b>
3.2.1. Caracterización del suelo de 3 fincas bananeras para una base.....	41
referencial de la calidad de los suelos. ....	41
3.2.2. Tipo de muestreo .....	42
3.2.3. Toma de muestras .....	42
3.2.4. Preparación muestra compuesta .....	42
3.2.5. Cadena de custodia .....	43
3.2.6. Envío al Laboratorio acreditado .....	43
<b>3.3. Toma de suelo experimental .....</b>	<b>43</b>
3.3.1 Zona de muestreo Suelo virgen .....	43
3.3.2. Tipo de muestreo .....	44
3.3.3. Toma de muestras .....	44
3.3.4. Preparación muestra compuesta .....	45
3.3.5. Cadena de custodia .....	45
3.3.6. Preparación de la muestra .....	46
3.3.7. Caracterización química - biológica del suelo experimental .....	46
3.3.8. Armado de la celda experimental.....	46
3.3.9. Introducción de plaguicidas al sistema .....	47
3.3.9.1. Preparación de las dosificaciones de plaguicidas .....	47
3.3.9.2. Introducción de plaguicidas a las celdas experimentales .....	49
3.3.10. Inicio de la experimentación de suelo con plaguicidas .....	49
3.3.11. Control rutinario de parámetros .....	49
3.3.11.1. Métodos de evaluación de propiedades químicas.....	49
3.3.11.2. Determinación del potencial hidrógeno en el suelo pH.....	49
3.3.11.3. Determinación de conductividad eléctrica en el suelo .....	50

3.3.11.4. Determinación de la materia orgánica en el suelo .....	51
3.3.11.5. Determinación de la temperatura .....	53
3.3.11.2. Métodos de evaluación de propiedades biológicas .....	53
<b>4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>58</b>
<b>4.1. RESULTADOS.....</b>	<b>58</b>
4.1.1. Parámetros controlados de las propiedades químicas .....	63
4.1.1.1. Potencial de hidrógeno .....	63
4.1.1.3. Materia orgánica .....	67
4.1.1.4. Temperatura .....	71
4.1.2. Parámetros controlados de las propiedades biológicas.....	73
4.1.2.1. Número total de conteo de unidades formadoras de colonia (UFCs) .....	80
<b>4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>82</b>
4.2.1. Significancia de las variables .....	82
4.2.2. Gráficos de medias obtenidos por el programa estadístico .....	84
4.2.3. Pruebas Post-Hoc y DMS .....	86
4.2.4. Recuento de medias por variable dependiente y tratamiento .....	88
4.2.5. Evaluación del humato.....	89
4.2.6. Tratamiento ideal .....	91
4.2.6.1. Elaboración de recomendaciones técnicas para los agricultores del sector .....	91
4.2.6.2. Solución ecológica para el uso de plaguicidas .....	91
4.2.6.3. Maneras de aplicación.....	92
4.2.6.4. Dosis recomendada.....	92
4.2.6.5. Frecuencia de uso .....	92
4.2.6.6. Ventajas.....	93
4.2.7. Relaciones de las propiedades químicas y biológicas .....	93
4.2.7.1. Materia orgánica vs conductividad eléctrica .....	93
4.2.7.2. Variación de logaritmo natural de UFCs vs el tratamiento sin humato .....	95
4.2.7.3. Variación de logaritmo natural de UFCs vs el tratamiento con humato.....	96

4.2.7.4. Variación de logaritmo natural de UFCs vs conductividad, en pruebas sin humatos. ....	97
4.2.7.5. Variación de logaritmo natural de UFCs vs conductividad, en pruebas con humatos. ....	98
4.2.7.6. Variación de logaritmo natural de UFCs vs materia orgánica.....	100
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>104</b>
5.1. Conclusiones.....	104
5.2. Recomendaciones .....	107
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>124</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de la zona y línea base.....	10
Tabla 2. Área de muestreo de suelo virgen para la experimentación en el laboratorio. ....	11
Tabla 3. Áreas de muestreo para el análisis de base de la contaminación de plaguicidas en la Parroquia Puerto Limón. ....	12
Tabla 4. Clasificación de suelo dependiendo de pH.....	15
Tabla 5. Conductividad eléctrica .....	16
Tabla 6. Contenido de materia orgánica. ....	18
Tabla 7 Clasificación de plaguicidas.. ....	25
Tabla 8.. Consumo en la introducción de sustancias húmicas más plaguicidas/ ha. ....	28
Tabla 9. ....	32
Tabla 10. Cruce de los tratamientos con sus debidas repeticiones para el diseño experimental. ....	32
Tabla 11. Tratamientos. ....	34
Tabla 12. Celdas experimentales. ....	35
Tabla 13. Propiedades químicas con su periodo de evaluación.....	37
Tabla 14. Propiedades biológicas con su periodo de evaluación. ....	38
Tabla 15. ANOVA para cada variable. ....	39
Tabla 16. Dosificación de plaguicidas. ....	48
Tabla 17. Dosificación de plaguicidas. ....	48
Tabla 18. Número de plantas germinadas en cada uno de los tratamientos de la investigación. ....	59
Tabla 19. Resultados del análisis de conductividad eléctrica.....	65
Tabla 20. Resultados del análisis de materia orgánica. ....	68
Tabla 21. Descripción y características de las colonias fúngicas del suelo virgen antes de la experimentación. ....	74
Tabla 22. Descripción y características de las colonias bacterianas del suelo virgen antes de la experimentación.....	75
Tabla 23. Descripción y características de las colonias fúngicas del suelo contaminado dosis altas y bajas plaguicida 1 (malatión) y 2 (mancozeb). .....	77

Tabla 24. Descripción y características de las colonias bacterianas del suelo contaminado dosis altas y bajas plaguicida 1 (malatión) y 2 (mancozeb).....	79
Tabla 25. Resultados del análisis del conteo de unidades formadoras de colonia (UFCs). .....	80
Tabla 26. Resumen de los valores de ANOVA obtenidos de las propiedades químicas y biológicas.....	83
Tabla 27. Interacciones de conductividad eléctrica que presentan diferencias significativas.....	87
Tabla 28. Interacciones de materia orgánica que presentan diferencias significativas. ....	87
Tabla 29. Resumen de valores del recuento de medias por cada una de las variables dependientes y clase de tratamiento .....	88
Tabla 30. Resumen de valores del análisis multivariante de la varianza (ANOVA). ....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Triángulo de textura de acuerdo con el USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.....	13
Figura 2. Humatos con sus respectivas funciones que cumple en cuanto al agua, suelo y plantas. ....	19
Figura 3. Variables del experimento.....	31
Figura 4. Tratamiento del experimento.....	31
Figura 5. Diseño experimental.....	33
Figura 6. Celdas experimentales.....	36
Figura 7. Procedimiento del envío de muestras al Laboratorio de la Universidad Central. ....	43
Figura 8. Muestreo sistemático en cuadrícula.....	44
Figura 9. Procedimiento toma de muestras con pala. ....	45
Figura 10. Muestra compuesta mediante sistema de cuarteo.....	45
Figura 11. Preparación de la muestra compuesta del suelo virgen.....	46
Figura 12. Preparación de las dosificaciones de los plaguicidas.....	47
Figura 13. Procedimiento para el parámetro pH.....	50
Figura 14. Procedimiento para el parámetro conductividad eléctrica. ....	51
Figura 15. Procedimiento para el parámetro materia orgánica por titulación. ....	52
Figura 16. Procedimiento para el parámetro temperatura.....	53
Figura 17. Procedimiento para la preparación de materiales. ....	54
Figura 18. Procedimiento para la preparación de agar nutritivo. ....	54
Figura 19. Procedimiento para la preparación de medios de cultivo. ....	55
Figura 20. Procedimiento para siembra mediante diluciones.....	56
Figura 21. Procedimiento para la identificación morfológica de colonias. ....	56
Figura 22. Procedimiento para el conteo UFCs.....	57
Figura 23. Procedimiento para la tinción Gram. ....	58
Figura 24. Procedimiento para la resiembra.....	58
Figura 25. Resultados obtenidos de pH en sus respectivos días de medición.....	64

Figura 26. Resultados obtenidos de temperatura en sus respectivos días de medición.....	72
Figura 27. Variación del pH en los tratamientos significativos durante la experimentación que fueron producto del programa SPSS. ....	84
Figura 28. Variación de la temperatura en los tratamientos significativos durante la experimentación que fueron producto del programa SPSS.....	85
Figura 29. Variación de la conductividad eléctrica durante los 30 días de experimentación producto del programa SPSS.....	85
Figura 30. Variación de la materia orgánica durante los 30 días de experimentación producto del programa SPSS.....	86
Figura 31. Preparación de solución experimental. ....	92
Figura 32. Variación de la materia orgánica y conductividad eléctrica en tratamientos con y sin humato a dosis baja de plaguicidas.....	94
Figura 33. Variación de la materia orgánica y conductividad eléctrica en tratamientos con y sin humato a dosis alta de plaguicidas.....	95
Figura 34. Variación de logaritmo natural de UFCs y el tratamiento sin humato.....	96
Figura 35. Variación de logaritmo natural de UFCs y el tratamiento con humato.....	97
Figura 36. Variación de logaritmo natural de UFCs, conductividad eléctrica, tratamiento sin humatos (1-6), dosis altas y bajas, plaguicida 1. ....	98
Figura 37. Variación de logaritmo natural de UFCs, conductividad eléctrica, sin humatos, a dosis altas y bajas del plaguicida 2.....	98
Figura 38. Variación de logaritmo natural de UFCs, conductividad eléctrica, con humato, a dosis altas y bajas, plaguicida 1. ....	99
Figura 39. Variación de logaritmo natural de UFCs, conductividad eléctrica, con humatos, dosis altas y bajas, plaguicida 2 y número de días experimentación de los tratamientos del 19 al 24. ....	100
Figura 40. Variación de logaritmo natural de UFCs, Vs materia orgánica (1-6), en pruebas sin humato con concentraciones bajas y altas del plaguicida 1. ....	101

Figura 41. Variación de logaritmo natural de UFCs (7-12), materia orgánica, en pruebas sin humato con concentraciones altas y bajas, plaguicida 2. ....	102
Figura 42. Variación de logaritmo natural de UFCs (13-18), materia orgánica, en pruebas con humato a altas y bajas concentraciones, plaguicida 1. ....	102
Figura 43. Variación de logaritmo natural de UFCs (19-24), materia orgánica, en pruebas con humatos a altas y bajas concentraciones de plaguicida 2. ....	103

## 1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El plaguicida es un compuesto químico que proviene de diferentes fuentes: naturales o sintéticas; además pueden ser organismos vivos que actúan solos o combinados con otras especies, para atacar, rechazar o eliminar los diferentes tipos de plagas comprendidas en estos grupos: virus, bacterias, hongos, nematodos, ácaros, moluscos, insectos, plantas no deseadas, roedores (Yáñez, 2013, p. 26). El objetivo de su empleo es garantizar la producción agrícola y la soberanía alimentaria. El uso inadecuado e indiscriminado de estas sustancias químicas, tiene efectos negativos sobre las matrices ambientales: agua, suelo y aire, provocando un decrecimiento de la biodiversidad y la inestabilidad en los ecosistemas.

Los primeros plaguicidas sintéticos llegaron al Ecuador al final de la década de los 40, siendo los sectores agrícolas dedicados a los cultivos de banano, cacao y frutas tropicales para la exportación los primeros y más altos consumidores; toda la demanda nacional de agroquímicos se logró satisfacer por las importaciones de diferentes países hasta el año de 1993, cuando empezó la fabricación local de algunos compuestos activos, por medio de la actividad importadora de materia prima, por ello en el país se dio inicio a tres plantas sintetizadoras y nueve plantas formuladoras (Mariño, 2005).

En la información recabada del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP), en el año 2004 había en el Ecuador aproximadamente 153.000 Ha cultivadas de banano (barraganete, dominico, verde y plátano), divididas en 6.000 fincas que producían 5.85 millones de toneladas de banano; las cuales generan residuos de agrotóxicos que se dispersan cada año en las regiones bananeras (Ministerio de agricultura ganadería acuicultura y pesca (MAGAP), 2013). Cabe mencionar que al sistema de producción orgánica estaban dedicadas unas 13.756 Ha, que contaban con certificación para la exportación; el principal problema que

afrontaban, en esta forma de cultivo, era el manejo eficiente de la sigatoka negra (Arango, 2000).

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en el Ecuador, el 47% de la superficie agrícola, 1'320.988,67 Ha, utilizan algún tipo de plaguicida químico en sus cultivos, mientras que en el 53% restante, se cultiva de manera ecológica (Arias, 2013). El empleo masivo de agroquímicos presenta problemas asociados a su uso inadecuado, que deriva en intoxicaciones masivas de la población, aspecto que se ha evidenciado en la costa ecuatoriana en un 53% (Valarezo y Muñoz, 2011).

Si bien los niveles de producción agrícola mundial han incrementado, con el empleo masivo de agroquímicos, pesticidas y plaguicidas; es indispensable reducir en forma paulatina su uso y sustituirlos por otros menos dañinos de nueva generación, basados en la biotecnología (toxinas microbianas), control biológico de plagas (predadores naturales de las plagas), uso de agentes organominerales, quelantes, tales como humatos, ácidos húmicos, leonardita, que potencian el efecto de los plaguicidas permitiendo reducir las dosis de empleo y que bloquean sus efectos residuales en el suelo y el agua, permitiendo su biodegradación. Estas sustancias tienen propiedades aglutinantes y desintoxicantes, sorbentes, pueden actuar como mediadores redox de reacciones abióticas y bióticas, portadores de nutrientes, bio adaptadores y estimulantes de crecimiento; funciones que poseen utilidad significativa en la remediación de ambientes contaminados (Perminova, 2005, pp. 3841-3848).

El medio ambiente se ha visto perjudicado por el uso excesivo de agrotóxicos, se produce principalmente por la adhesión directa en las plantaciones agrícolas, además el mal manejo de prácticas ambientales en cuanto a la limpieza inadecuada de los recipientes contenedores, residuos descargados y depositados en el suelo, derrames en las matrices ambientales, el uso excesivo y descontrolado de los agroquímicos por parte de los agricultores, la utilización

frecuente de envases con residuos de estas sustancias empleadas en la contención de agua y productos alimenticios en los hogares ante la falta de conocimiento de los efectos que pueden producir en la salud de los agricultores y sus familias; el conjunto de estas prácticas desencadenan su esparcimiento en el ambiente. Los residuos de estas sustancias químicas se distribuyen en las matrices ambientales, convirtiéndose de esta manera en agentes contaminantes para los siguientes sistemas: bióticos y abióticos, interfiriendo en la estabilidad y convirtiéndose en unos de los peligros de la salud pública; cabe recalcar que los componentes de las propiedades físicas y químicas que alteran la ruta de los agrotóxicos en el medio son: el clima, la condición geomorfológica del suelo, la condición hidrogeológica y meteorológica de las regiones implicadas (Rodríguez, Suárez y Palacio, 2014).

### **1.1. Antecedentes**

La presente investigación se ejecutó en la parroquia rural Puerto Limón, que históricamente dispone de tierras comunales de la nacionalidad Tsáchila. La parroquia cuenta con una población de doce mil quinientos ochenta y ocho habitantes, su actividad principal es la agricultura, el 72% de Puerto Limón es ocupado por grupos productivos minoritarios, con una dimensión menor a cinco hectáreas, con diferentes tipos de cultivos como son: tomates, limones, piñas, papayas, yucas, café y aguacates, convirtiéndose en el producto más destacado el banano. Adicionalmente, cuenta con varias haciendas bananeras que son reconocidas por sus actividades ganaderas, fabricación de cárnicos y lácteos de alta calidad (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), 2012). La parroquia se encuentra ubicada, en el lado sur-occidental, a treinta kilómetros de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas ingresando por el kilómetro siete de la vía Quevedo; está conformado por siete barrios y veinticinco recintos. Dentro de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, se encuentran pequeños y medianos productores de banano, con un total de 11.921,07 Ha de plátano solo y 5.715 Ha de cultivo asociado, sumando un total de 17.636,07 Has de plátano. Según datos del PDOT (Plan de Ordenamiento Territorial) de Puerto Limón 2015, la parroquia es el mayor productor de plátano

de la provincia Tsáchilas, con una superficie total de cultivo de 6.119,56 Ha, siendo de estas un 34,77% de banano (Gobierno Autónomo Descentralizado de Puerto Limón, 2015).

Para contrarrestar las plagas en estos cultivos se utilizan dos tipos de plaguicidas. Los organofosforados que se caracterizan por: sus elevados niveles de toxicidad, sus bajos niveles en la estabilidad química, baja capacidad de degradabilidad y una alta capacidad bioacumulativa y los carbamatos que se encuentran definidos por tener características biodegradables, no bioacumulables, poco volátiles y una toxicidad moderada a ligera (Walker, 2014, pp. 210-225). Estos dos grupos de agroquímicos son sustancias polares, capaces de unirse con arcilla, sesquióxidos y materia orgánica del suelo mediante enlaces de hidrógeno. Cuando se coordinan los diferentes grupos funcionales y los cationes inorgánicos, es importante la contribución que realizan en los procesos de adsorción de diferentes mecanismos, como reacciones de transferencias de cargas y las fuerzas de Van der Waals (Sánchez M y Sánchez C., 1984).

Según Mohammad y Varela, los plaguicidas en estudio son capaces de aumentar la salinidad y como consecuencia disminuyen la estabilidad del suelo, porque destruyen los coloides edáficos. Los coloides del suelo están encargados de desempeñar importantes funciones, una de ellas es, la adsorción de estas sustancias químicas a los coloides del suelo e inactivar sus efectos negativos sobre la biota edáfica. Al no producirse la adsorción de los agroquímicos se hacen persistentes y generan cambios químicos en el suelo (Mohammad y Varela, 2008).

Es importante recalcar que los residuos de estos dos grupos de agrotóxicos en los suelos causan el exterminio de la mayoría de los microorganismos edáficos y con ello la pérdida de la capacidad de autodepuración. La mayoría de microorganismos obtienen energía y nutrientes de la materia orgánica presente en los suelos, solo unos pocos pueden emplear como fuente de carbono la

materia orgánica de las sustancias tóxicas empleadas para el control de plagas (CICOPLAFEST, 1991).

Por ende, es necesario enfocarse en un control de plagas menos perjudicial para esta matriz ambiental, mediante la implementación de agentes quelantes como los humatos en el suelo para que potencien el efecto de los agroquímicos permitiendo reducir las dosis de empleo y bloquear sus efectos residuales en el suelo y el agua, permitiendo su biodegradación. Estudios de aplicación de humatos, señalan que, el empleo de estos materiales naturales poliméricos, reducen los efectos toxicológicos de estas sustancias químicas en los microorganismos edáficos. La capacidad natural de los suelos para movilizar nutrientes depende de su diversidad microbiana, que participa en la degradación de contaminantes ambientales que llegan al suelo y que solubilizan los nutrientes haciéndolos disponibles para las plantas. El uso masivo y prolongado de plaguicidas, elimina los microorganismos edáficos, haciéndose necesario el empleo de agentes naturales que actúen como protectores de los mismos, garantizando con esto, el restablecimiento de la capacidad de autodepuración de los suelos (Perminova, 2005, pp. 3841-3848).

## **1.2. Problemática**

En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, la parroquia rural Puerto Limón se ha posesionado en la principal productora de banano con un 34,77%; lo que ha generado un incremento en la utilización de agroquímicos para el control de plagas del cultivo de banano o plátano. La Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD) es la entidad encargada de regular y controlar los productos químicos utilizados en la agricultura según la normativa nacional, de la Comunidad Andina y otras normativas internacionales, con el propósito de asegurar calidad, eficiencia e inocuidad para el control y prevención de plagas a nivel de cultivos; cabe recalcar que el principal problema que tiene la agencia radica en que algunos agricultores incumplen las dosis establecidas para el uso de estas sustancias químicas (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro

(AGROCALIDAD), 2017). Los plaguicidas en estudio al ser sustancias persistentes en el suelo alteran las propiedades químicas y biológicas (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, temperatura) (Rodríguez, Suárez y Palacio, 2014). Las interacciones que se dan entre las partículas de estas sustancias químicas y las fracciones coloidales de los suelos se encuentran influenciadas por las siguientes propiedades: humedad, cantidad de minerales y materia orgánica, pH y temperatura (Sánchez M y Sánchez C., 1984). Cabe mencionar que en la matriz suelo intervienen los procesos de disipación de sustancias químicas principalmente las propiedades: de cantidad de materia orgánica (MO), tipo y porcentaje de minerales de los suelos (arena, limo, arcilla), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y pH. La materia orgánica y las arcillas intervienen en el complejo de intercambio de los suelos para generar la capacidad de adsorción de los agrotóxicos; esta capacidad disminuye cuando existe niveles bajos de capacidad de intercambio catiónico (Instituto nacional de tecnología agropecuaria (INTA), 2015).

Por una parte, los altos niveles de materia orgánica y de arcillas mejoran la adsorción de una vasta proporción de moléculas de los plaguicidas, además ayudan a formarse macro y mesoporos, que favorecen el transporte vertical de los solutos disueltos en la solución del suelo (Aparicio, Gerónimo, Hernández, Pérez, Portocarrero y Vidal, 2015).

El uso indiscriminado y continuo de las sustancias químicas para el control de plagas aumenta la capacidad de degradación intrínseca de los suelos; ante esta situación, para asegurar la resiliencia de los suelos es necesario implementar dosis específicas para su utilización. De esta manera, los efectos en las comunidades microbianas y la biota del suelo disminuirán representativamente, dando paso a que las funciones de transformación y degradación de agroquímicos puedan ayudar a la recuperación de los ecosistemas afectados (Singh y Walker, 2006).

Según el PDOT de la parroquia Puerto Limón se detectó contaminación por agrotóxicos en la matriz suelo, pero no se ha podido identificar cuál de los dos plaguicidas más utilizados (mancozeb y malatión) es el de mayor impacto negativo sobre este recurso. Al no tener una planificación o un estudio previo de la adecuada dosificación que debe ser utilizada en estos cultivos de banano o plátano, ha generado un uso indiscriminado de sustancias tóxicas, lo que ha provocado que esta matriz ambiental tenga efectos negativos como: acidificación, exceso de salinización, disminución en la biota del suelo, entre otros; no existen programas de reducción de dosis de agroquímicos ni de luchas contra los efectos residuales (Gobierno Autónomo Descentralizado de Puerto Limón, 2015).

### **1.3. Hipótesis Nula**

Los organofosforados y carbamatos no tienen efectos en las propiedades químicas y biológicas del suelo.

### **1.4. Hipótesis**

Al menos uno de los plaguicidas de tipo organofosforados y carbamatos tienen efectos en las propiedades químicas y biológicas de la matriz suelo.

### **1.5. Objetivos**

#### **1.5.1. Objetivo General**

Evaluar los efectos de los organofosforados y carbamatos en el suelo de la parroquia rural Puerto Limón, Santo Domingo.

#### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar la afectación del malatión y mancozeb a las propiedades químicas (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y temperatura) en laboratorio.

- Caracterizar la diversidad morfológica microbiana edáfica en los suelos experimentales potencialmente afectada por el malatión y mancozeb.
- Evidenciar la influencia del malatión y mancozeb sobre la dinámica y diversidad morfológica microbiana.
- Generar recomendaciones técnicas para los agricultores de Puerto Limón Santo Domingo enfocadas a la reducción de la concentración de los plaguicidas.

### **1.6. Alcance**

El presente trabajo investigativo tuvo como finalidad evaluar los efectos de cada uno de los plaguicidas en las propiedades químicas (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, temperatura), así como sus efectos sobre la dinámica y diversidad morfológica microbiana de los suelos naturales de la zona de estudio, bajo condiciones experimentales de laboratorio en la Universidad de Las Américas. Lo antes descrito se realizó mediante un diseño experimental ex situ en el que se utilizó una muestra de suelo virgen de la zona y se obtuvo 24 tratamientos que fueron expuestos a distintas variables: diferentes tipos de concentraciones de plaguicidas (carbamatos, organofosforados, carbamatos+potenciador, organofosforados+potenciador) y dos diferentes dosificaciones (baja y alta) de plaguicidas; cada ocho, dieciséis y treinta días. Adicionalmente, se evaluó la influencia de sales de ácidos húmicos y fúlvicos (humato 7 plus), en calidad de protector de la diversidad microbiana edáfica. Con los resultados obtenidos se realizó recomendaciones técnicas del uso de plaguicidas, para los agricultores de Puerto Limón de Santo Domingo enfocadas a restablecer las propiedades físicas-químicas de los suelos y la diversidad microbiana, responsables de la fertilidad y capacidad de autodepuración de los suelos.

### **1.7. Justificación**

La presente investigación se justifica por la necesidad de reducir el impacto ambiental de la aplicación de los plaguicidas en los cultivos de banano en

Puerto Limón Santo Domingo, manteniendo la eficiencia sistémica, pero reduciendo sus dosis y en consecuencia sus efectos residuales en el ambiente (suelo). La importancia de esta investigación se encuentra directamente vinculada a la pérdida de las propiedades químicas y biológicas del suelo, esto se debe al uso excesivo de plaguicidas en los cultivos de banano de la parroquia rural Puerto Limón, como resultado de la ausencia de entes de control, educación ambiental y la falta de aplicación de soluciones amigables con el ambiente. Los beneficios de estudiar el impacto ambiental se ven directamente relacionados al constatar el elevado uso de plaguicidas sus consecuencias y las probabilidades de disminuirlos (Jong y Snoo, 2002). Los principales factores que son considerados por los agricultores al momento de seleccionar un plaguicida es la efectividad contra las plagas, el costo del químico y costo de la aplicación (Van de Werf y Zimmer, 1997). El experimento a realizarse busca seleccionar el plaguicida con menor tasa de impacto ambiental y con afectaciones mínimas a las propiedades a evaluarse del suelo. Además, pretende generar recomendaciones técnicas de apoyo para la toma de decisiones del agricultor de Puerto Limón Santo Domingo enfocadas a la reducción de la concentración de los plaguicidas manteniendo su eficiencia y crear una imagen corporativa de calidad ambiental que mejora los precios de venta a nivel internacional por ende pueden beneficiarse con certificaciones ambientales.

## **2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Descripción de la zona y línea base**

Tabla 1.

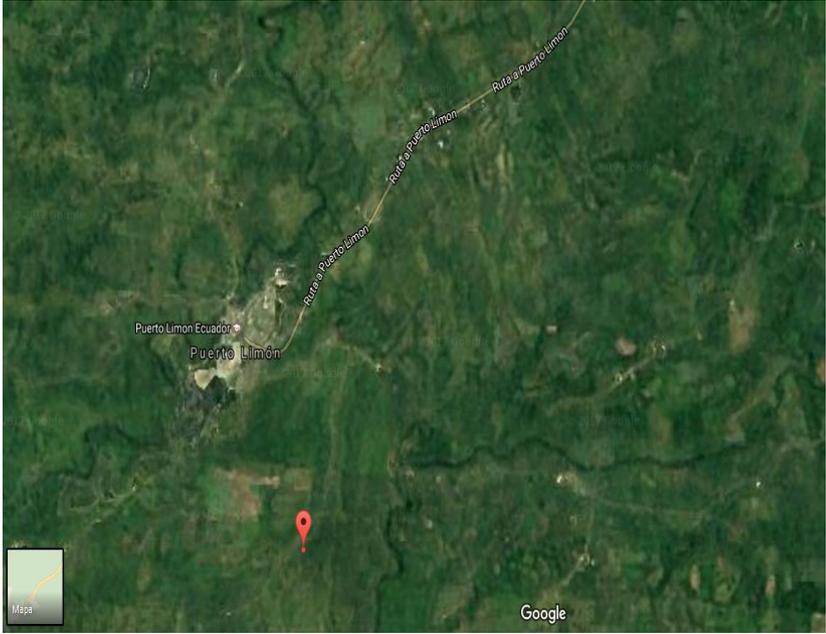
*Descripción de la zona y línea base.*

<b>Línea Base</b>	
<b>Parroquia Puerto Limón</b>	
<b>Ubicación</b>	Puerto Limón se encuentra ubicado, en el extremo suroccidental, a treinta kilómetros de Santo Domingo, entrando por el kilómetro siete de la vía a Quevedo, margen derecho, cabe destacar que el centro poblado de Puerto Limón está conformado por siete barrios y veinte y cinco recintos.
<b>Zonas de vida</b>	Bosque siempre verde de tierras bajas
<b>Precipitación</b>	La parroquia de Puerto Limón tiene una precipitación promedio anual de 2500mm. Con máximas de 2800mm y mínimas de 2200mm.
<b>Humedad</b>	Tiene una humedad promedio mensual en la provincia es del 90,9 %
<b>Clima</b>	Cálido - Húmedo
<b>Cultivos</b>	En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, se encuentran pequeños y medianos productores, existiendo un área de cultivo de 11.921,07 Ha de plátano solo y 5.715 Has de cultivo asociado sumando un total de 17.636,07 Has de plátano.
<b>Altitud</b>	De 185 msnm al Oeste a 451 msnm al Este con el centro poblado a 350 msnm
<b>Temperatura</b>	19 °C a 26 °C
<b>Pendientes</b>	En Puerto limón predominan pendientes del 0% al 12 %
<b>Textura del suelo</b>	<b>ARENOSO:</b> El 34.19 % de suelo arenoso que comprende un área de 7780.46 Ha. <b>FRANCO:</b> Contempla la mayor parte del territorio con un área de 14.013.40 Ha y un porcentaje del 61.57% en relación con el territorio. <b>FRANCO-LIMOSO:</b> Es la textura más baja de la parroquia con un área de 235.44 Ha. Y contempla un porcentaje del 1.03% de la totalidad delos suelos. <b>ARCILLOSO:</b> Tiene un área de 729.88 Ha. con respecto al territorio y el 3.21% de su totalidad.

Tomado de (Gobierno Autónomo Descentralizado de Puerto Limón, 2015)

Tabla 2.

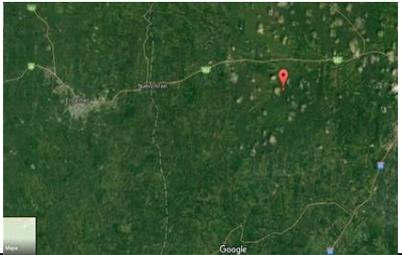
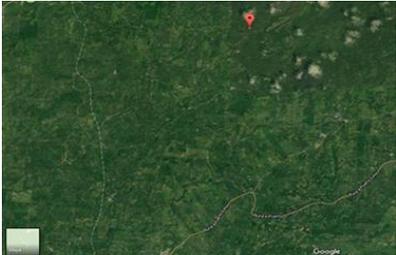
*Área de muestreo de suelo virgen para la experimentación en el laboratorio.*

<b>Área de muestreo para la experimentación</b>	
<b>Ubicación</b>	<p>La muestra de suelo virgen fue tomada en la parroquia Puerto Limón en las coordenadas: latitud = -0,395949 y longitud = -79,368619</p>
	

Tomado de (Google Maps, 2017)

Tabla 3.

*Áreas de muestreo para el análisis de base de la contaminación de plaguicidas en la Parroquia Puerto Limón.*

<b>Áreas de muestreo para el análisis de base de la contaminación de plaguicidas en la Parroquia Puerto Limón</b>	
Se tomará muestras (alícuotas) de suelo de tres fincas bananeras representativas de la parroquia rural Puerto Limón (las que se escogieron en función de su volumen de exportación) que tienen diferentes concentraciones de plaguicidas, se tomó una muestra compuesta de cada una de las haciendas (3), para conocer el grado de concentración de plaguicidas en las muestras mediante un análisis de cromatografía de gases en el Laboratorio de la Universidad Central del Ecuador.	
<b>Ubicación Hacienda 1</b>	Coordenadas de la Hacienda 1: Latitud -0.328964 Longitud -79.307805
<b>Área Hacienda 1</b>	Área de la Hacienda 1: 15 Ha
	
<b>Ubicación Hacienda 2</b>	Coordenadas de la Hacienda 2: Latitud -0.263569 Longitud -79.305153
<b>Área Hacienda 2</b>	Área de la Hacienda 2: 11 Ha
	
<b>Ubicación Hacienda 3</b>	Coordenadas de la Hacienda 3: Latitud -0.277353 Longitud -79.338284
<b>Área Hacienda 3</b>	Área de la Hacienda 3: 10 Ha
	

Tomado de (Google Maps, 2017)

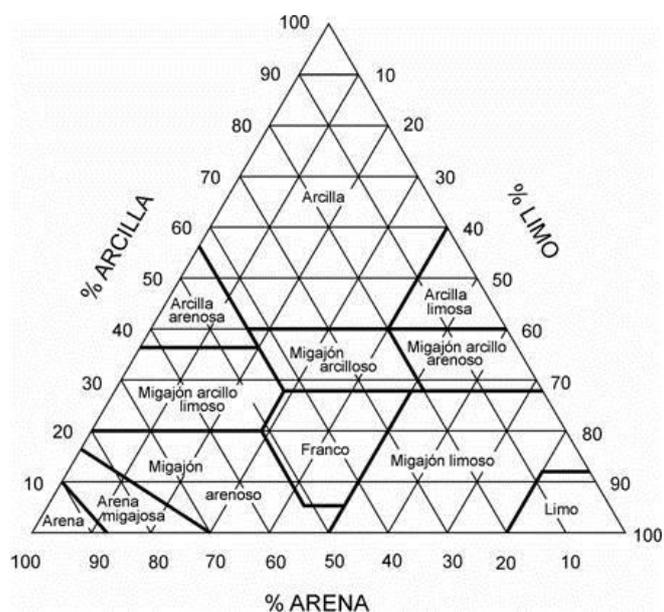
## 2.2. Recurso suelo

### 2.2.1. Propiedades del suelo

#### 2.2.1.1. Propiedades físicas

##### Textura

El suelo está compuesto por diferentes tamaños de partículas que son: arena, limo y arcilla. Cabe mencionar que la textura es una de las propiedades más importantes en el suelo ya que es la distribución de las partículas minerales. Para determinar la clase de textura se utiliza el triángulo de textura que se observará en la figura 1, el mismo que permite obtener la proporción en la que se encuentra la arena, el limo y la arcilla.



*Figura 1.* Triángulo de textura de acuerdo con el USDA Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Tomado de (FAO, 2009)

En el laboratorio de suelos de la Universidad de Las Américas se realizaron los siguientes ensayos: prueba del lanzamiento de la bola, prueba de compresión de la bola, prueba de la botella, prueba de la bola de barro, prueba de

desmenuzamiento en seco y la prueba de manipulación para la determinación de la textura del suelo a ser utilizado en esta investigación, dando como resultado un suelo franco arenoso arcillo.

El contenido de materia orgánica en las zonas áridas (Aridisoles) varía en menos de un 1% de m.o., en suelos de pradera (Molisoles) más de un 10% de m.o., en todos los suelos orgánicos (Histosoles) más de un 30% de materia orgánica (Porta, López y Roquero de Laburu, 2003, pp. 167-168).

### **2.2.1.2. Propiedades químicas**

#### **Potencial Hidrógeno (pH)**

El pH es una expresión logarítmica en la cual cada cambio de una unidad de pH representa un cambio de una magnitud que es diez veces mayor de la alcalinidad o acidez del suelo. El pH mide los  $H^+$  libres en las soluciones de los suelos; además que es utilizado como un indicador para calcular el grado de basicidad o acidez del suelo. La extensión de la escala del potencial hidrógeno se ubica de 0 a 14 siendo el 7 neutro, debido a que los iones hidroxilos e hidrógeno se encuentran en la misma cantidad, se puede evidencia con mayor claridad en la tabla 4 (Campillo y Sadzawka, 2000).

El pH de la matriz suelo es el encargado de medir la actividad de los  $H^+$  libres en las soluciones de los suelos, denominada acidez actual. La medición de los  $H^+$  fijados en el complejo de cambios mencionada como acidez potencial; en cuanto a la acidez total en los suelos es la sumatoria de la acidez actual más la acidez potencial, ya que al producirse una neutralización de los  $H^+$  libres se liberan  $H^+$  que se encontraban retenidos y que pasarán a las soluciones de los suelos (AgroEs, 2013).

Es importante la medición de este parámetro ya que define los umbrales de actividad biológica y química de los suelos; además de controlar la disponibilidad de nutrientes y afectar directamente a la salud de la biota del

suelo (Bardgett, 2005, p. 22). La acidificación del suelo es un proceso natural que en algunos casos puede verse acelerado por actividades humanas, causando efectos tóxicos en la plantas y microorganismos del suelo; la capacidad buffer (amortiguadora) del suelo se encarga de neutralizar la carga ácida incorporada a esta matriz ambiental del suelo, esta característica de los suelos es función de sus componentes (factor capacidad) y de su valor de pH inicial (factor intensidad). El suelo contiene diferentes constituyentes cuya capacidad de reacción depende del pH. A medida que disminuye el pH interviene variando el rango de los carbonatos, alteración mineral de los silicatos, intercambio catiónico el de aluminio y hierro (García, Jiménez, Carral y Álvarez, 2000).

Tabla 4.  
*Clasificación de suelo dependiendo de pH.*

<b>pH</b>	<b>Clasificación de Suelo</b>
Mayor a 10	Considerablemente alcalino
9.1-10	Alcalino
8.5-9	Ligeramente alcalino
7.9-8.4	Básico
7.4-7.8	Moderadamente básico
6.6-7.3	Neutro
6.1-6.5	Ligeramente ácido
5.6-6	Moderadamente ácido
4.5-5.5	Altamente ácido
Menor a 4.5	Considerablemente ácido

Tomado de (Educarm, 2013)

### **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica (CE) se la puede estimar de forma indirecta, por medio de la medición de la salinidad del agua o del suelo referente a la cantidad de las sales presentes en solución. La composición y concentración de sales disueltas influyen directamente el valor de la CE; cabe mencionar que, a mayores niveles de salinidad aumentan los niveles de CE, es de gran importancia tomar en cuenta que los plaguicidas inorgánicos están compuestos

a base de sales, por ende, tienen efectos adversos sobre la CE (Rebolledo, 2009).

La medición de la conductividad eléctrica es importante ya que define los umbrales de actividad vegetal y microbiana; ya que el exceso de salinidad puede afectar las actividades de la enzima del suelo. Además, la conductividad eléctrica se encuentra correlacionada con las propiedades de la matriz suelo que se ven afectadas en la producción agrícola, incluyendo la textura del suelo, la capacidad de intercambio catiónico (CCA), las condiciones de drenaje, el nivel de materia orgánica, la salinidad y las características de esta matriz (Grisso, Wysor, Holshouser y Thomason, 2009).

Los criterios de evaluación de la conductividad eléctrica se lo realizan a partir de la salinidad, por ende, el investigador Shaw y sus colaboradores se basaron en modelos de investigación, para desarrollar su propio modelo con los siguientes criterios el valor de CE 1:5 y el porcentaje de arcilla de la muestra; los criterios de salinidad se pueden evidenciar en la tabla 5 (Porta, López y Poch, 2011, p. 283).

Tabla 5.  
*Conductividad eléctrica.*

<b>Conductividad eléctrica (1:5) dS m<sup>-1</sup> a 25°C</b>					
<b>Evaluación</b>	<b>10-20% a</b>	<b>20-40% a</b>	<b>40-60% a</b>	<b>60-80% a</b>	<b>Cultivos posibles</b>
Muy bajo	< 0,07	< 0,09	< 0,12	< 0,15	Sensibles
Bajo	0,07-0,15	0,09-0,19	0,12-0,24	0,15-0,3	Moderadamente sensibles
Medio	0,15-0,34	0,19-0,45	0,24-0,56	0,3-0,7	Moderadamente tolerantes
Alto	0,34-0,63	0,45-0,76	0,56-0,96	0,7-1,87	Tolerantes
Muy alto	0,63-0,93	0,76-1,21	0,96-1,53	1,18-1,87	Muy tolerantes
Extremo	>0,93	>1,21	>1,53	>1,87	Generalmente demasiado salino

Adaptado de (Porta, López, Poch, 2011, p. 283)

## **Materia orgánica**

La materia orgánica del suelo se caracteriza por ser un constituyente fundamental del suelo, tiene tendencia a dar el color castaño oscuro o negro a los horizontes superficiales; la materia orgánica del suelo contiene: carbono, nitrógeno y otros nutrientes derivados de las plantas vivientes, animales y microorganismos. Esta mezcla de material fresco no descompuesto de hojarasca de plantas, restos de paredes celulares microbianas, componentes que son estabilizados por adhesión a las superficies minerales en una mezcla amorfa larga de sustancias orgánicas complejas ya no identificadas como tejidos de plantas. La materia orgánica del suelo se produce por las plantas y está descompuesta por dos grupos de organismos: los organismos microscópicos (reductores: las bacterias y hongos) que descomponen la materia orgánica en agua, CO<sub>2</sub> y nutrientes minerales y animales (consumidores) que no descomponen la materia orgánica; cuyos valores de materia orgánica se encuentran representados en la tabla 6 (FAO, 2009).

Las propiedades químicas que se ven afectadas por la materia orgánica del suelo son las características de carga, capacidad de intercambio catiónico, capacidad tampón, formación de complejos solubles e insolubles con metales e interacciones con xenobióticos tales como plaguicidas. Las principales propiedades físicas que están influenciadas incluyen la formación y estabilización de agregados, retención de agua, resistencia y resistencia a la compactación y propiedades térmicas. Las propiedades biológicas más importantes de la materia orgánica es que actúa como un reservorio de energía metabolizable; y en cuanto a la actividad microbiana y faunística, existe un efecto en la estabilización de la actividad enzimática (Huang Q, Huang P y Violante, 2008, p. 203).

Cabe mencionar que el siguiente enunciado tiene correlación con la materia orgánica en cuanto a los ácidos húmicos y la fertilidad del suelo.

Tabla 6.  
*Contenido de materia orgánica.*

Contenido de materia orgánica	
Tipo de suelo	Porcentaje %
Aridisoles	< 1
Molisoles	> 10
Histosoles	> 30

Tomado de (Porta, López, Roquero, 2003, p. 447)

### **Ácidos húmicos y fertilidad del suelo**

Los humatos son considerados carbones minerales petrificados de hace miles de años; como consecuencia de la modificación química y biológica de plantas y animales, por efecto de la acción de microorganismos. Las sustancias con actividad biológica encargadas de los beneficios de las sales metálicas (humatos) son los ácidos húmicos (HAs) y fúlvicos (FAs) (Pettit, 2004, pp.1-16). Los humatos son estimulantes naturales que contienen un 87% de sales de sodio y potasio, además son denominados quelatos complejos, ya que contienen micro elementos que pueden ingresar más fácilmente que los iones ordinarios en el interior de las células radiculares de las plantas; donde movilizan su sistema inmune, estimulando el desarrollo de un fuerte sistema radicular, que incrementa el abastecimiento de nutrientes e intensifica el metabolismo celular vegetal en las plantas (Tripura, Kummar y Verma, 2017). A finales del siglo XX frente a uno de los principales problemas que es la contaminación del entorno, se adiciona otra función, "protectora". Por función protectora se presupone que las SH tienen la capacidad de enlazar en complejos fuertes a iones metálicos, así como a eco- tóxicos orgánicos, en suelos y aguas contaminadas (Orlov, 1998). La consecuencia ecológica de este enlace es el cambio de forma de existencia de los eco-tóxicos y su capacidad de migración (Varshal y Buachidze, 1983), la disminución de su biodisponibilidad (Landrum, Sheila, Eadie y Herche, 1985) y toxicidad. Este último de gran importancia debido a que la máxima actividad la posee la forma libre del tóxico, la forma ligada pierde su toxicidad, sobre esta base se consideran a los ácidos húmicos como detoxificantes naturales (McCarthy, Jiménez y Barbee, 1985). En la figura 2 se puede observar cada una de las funciones que cumple los humatos en el agua, el suelo y las plantas.

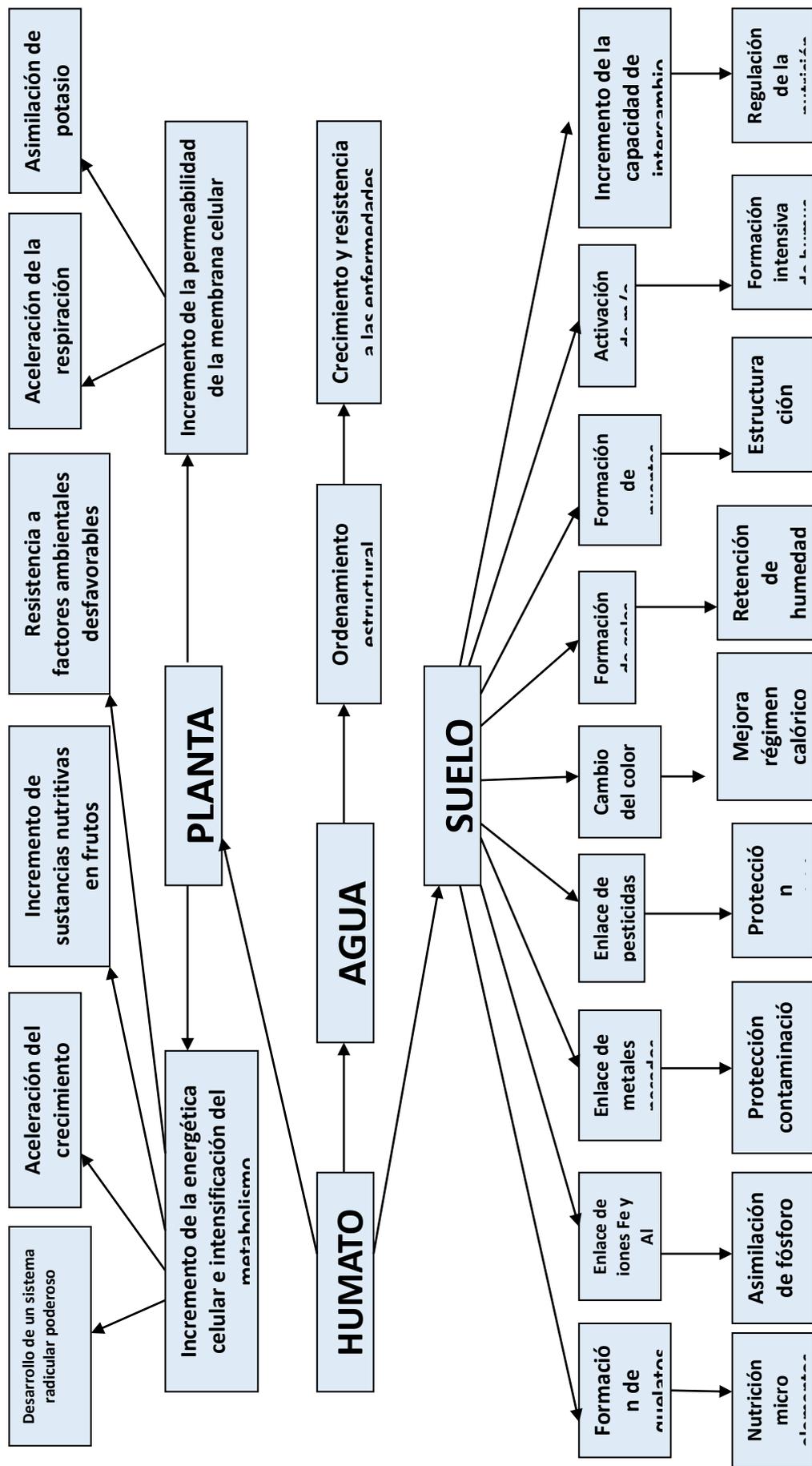


Figura 2. Humatos con sus respectivas funciones que cumple en cuanto al agua, suelo y plantas. Adaptado de (Levinsky, 2000, p. 27)

La creación de modelos de los ciclos biogeoquímicos de las sustancias contaminantes, su valoración y pronóstico de riesgo, velocidad de acumulación y tiempo de vida en el medio, no es factible sin considerar su interacción con los ácidos húmicos, que de forma radical cambia su comportamiento químico y toxicológico. Esto condiciona la necesidad de obtener la caracterización cuantitativa de las interacciones de los ácidos húmicos con diferentes ecotoxicos (Perminova, Youdov, Kovalenko, Zhilin y Kholodov, 2004, pp. 506-508).

La fertilidad del suelo se determina por los ácidos húmicos, los suelos con mayor cantidad de ácidos húmicos tienen gran capacidad de autodepuración debido a que tienen poder quelante. Dentro de la capacidad búfer actúan en mayor proporción las sales. Los ácidos húmicos contribuyen al color contribuye al régimen térmico del suelo, si hay buena temperatura los microorganismos pueden degradar (Havlin, Tisdale, Nelson y Beaton, 1999, p.499).

### **Temperatura**

La temperatura en el suelo influye en los procesos microbianos que se desarrollan en esta matriz; adicionalmente tiene influencia en la absorción de los nutrientes, enfocándose en el fósforo que es menor en los suelos fríos. Cabe destacar que la temperatura en el suelo aporta a los procesos bióticos y químicos. Es importante tomar en cuenta que la capa superficial del suelo sufre los mayores cambios de temperatura (AgroEs, 2015).

Es importante este indicador ya que es una medida de actividad microbiana; puesto que los efectos de la temperatura en la actividad biológica del suelo son bien conocidos; debido a que se genera una duplicación aproximada de la actividad microbiana y de las velocidades de reacción catalizadas por enzimas en el suelo para cada aumento de 10°C de temperatura, hasta aproximadamente 30-35 °C. Por encima de esta temperatura, sin embargo, la mayor cantidad de reacciones catalizadas por las enzimas se disminuyen notoriamente, como proteínas y las membranas se desnaturalizan (Bardgett, 2005, p. 8).

### **2.2.1.3. Propiedades biológicas**

#### **Bacterias en el suelo**

Las bacterias del suelo pertenecen a los microorganismos unicelulares y protagonizan una de las formas de vida sencilla y más sencilla y pequeña que existe. Cabe destacar que rebasan el número y tipos de diferentes organismos en el suelo (Casanova, 2005, p. 265). Las bacterias se clasifican en dos grandes grupos, según la composición química de su pared celular que, mediante el método de tinción diferencial diseñado por Christian Gram, se la denomina Gram positivas y Gram negativos (Macarulla y Goñi, 1994).

Las principales bacterias que se encuentran en el suelo son gramnegativas; la cantidad de bacterias dependen de algunos factores que son: el tipo de suelo debido a la cantidad de arcilla que contengan, temperatura, contenido de materia orgánica, pH, humedad y el cultivo que se encuentre en el suelo.

#### **Principales grupos taxonómicos**

##### **Autótrofos**

Los organismos autótrofos se caracterizan por obtener energía por medio de radiación solar, son capaces de producir carbono orgánico por fijación de CO<sub>2</sub> de la atmósfera durante el proceso de fotosíntesis. Entre los ejemplos más importantes tenemos: bacterias fotosintéticas, algas y plantas superiores las cuales son dependientes del suelo para su almacenamiento de nutrientes y agua (Porta, López y Roquero, 2003, p. 444).

##### **Heterótrofos**

Los organismos heterótrofos cumplen un rol fundamental en el ciclo del carbono, puesto que no permiten que algunas sustancias orgánicas que se forman a partir del proceso de fotosíntesis se acumulen formando una biomasa muerta. Cabe destacar que los procedimientos de degradación, descomposición y mineralización garantizan un retorno de anhídrido carbónico

a la atmósfera y de nutrientes al suelo. Entre los ejemplos más importantes tenemos a los hongos, muchas bacterias y todos los animales (Porta, López y Roquero, 2003, p. 445).

### **Fijadores de Nitrógeno**

Las bacterias fijadoras de nitrógeno son microorganismos presentes en el suelo o en las raíces de plantas que cambian el gas nitrógeno de la atmósfera en nitrógeno sólido utilizable por las plantas; además estas bacterias se encuentran en las relaciones simbióticas con las plantas. Se reconocen dos tipos de bacterias fijadoras de nitrógeno. El primer tipo, las bacterias libres (no simbióticas), incluye las cianobacterias *Anabaena* y *Nostoc* y géneros como *Azotobacter*, *Beijerinckia* y *Clostridium*. El segundo tipo comprende las bacterias mutualistas (simbióticas); Ejemplos incluyen *Rhizobium*, asociado con plantas leguminosas; *Frankia*, asociada con ciertas especies dicotiledóneas y algunas especies de *Azospirillum*, asociadas con hierbas de cereales (Encyclopedia Britannica, 2016).

### **Solubilizadores de fósforo**

Los solubilizadores de fósforo son aquellos organismos implicados en los procesos de transformación del fósforo en los suelos, dentro de estos grupos se encuentran: bacterias, hongos, protozoos y algunos nematodos; en conjunto las bacterias y hongos pertenecientes al suelo que estimulan al ciclo del fósforo por medio de los procesos de inmovilización, mineralización, y solubilización, los mismos que se encuentran directamente vinculados con el metabolismo nutricional. Los organismos que son solubilizadores de fósforo son los siguientes: *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Klebsiella*, *Burkholderia*, *Serratia*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Aereobacter*, *Flavobacterium*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Arthrobacter*, *Rhodobacter*, *Pantotea* y *Klebsiella*, entre las bacterias y, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* y *Fusarium* entre los hongos (Patiño y Sanclemente, 2014).

## **Saprophytas**

Los organismos saprofitos son aquellos que no se desarrollan en los organismos vivos y se alimentan de los residuos alimenticios producidos por el mismo organismo; además es considerado como un organismo que obtiene su energía de materia orgánica muerta y en descomposición. Esto puede ser descomposición de piezas de plantas o animales, lo que significa que los saprófitos son heterótrofos. Cabe destacar que muchas de ellas no provocan daños a los seres humanos, pero a la vez algunos son perjudiciales por medio de las toxinas que segregan (Mendoza, Aguirre, Sarria y Giraldo, 2014).

## **Simbióticos**

Son organismos que obtienen energía y nutrientes a partir de la planta, a la que le proporcionan algún beneficio; algunos ejemplos de organismos simbióticos son las bacterias fijadoras de N<sub>2</sub>-atmosférico, hongos de micorrizas (Porta, López y Roquero, 2003, p. 445).

## **Patógenas**

En cuanto a las bacterias patógenas, son microorganismos, como las bacterias y los virus, los cuales pueden causar diversas enfermedades. Algunas bacterias son capaces de liberar toxinas, y los virus pueden destruir algunas células (BBC, 2014).

## **Especies significativas en el suelo**

Por medio de un método de aislamiento por dilución en placa se han identificado las bacterias más representativas en el suelo que son: Pseudomonas, Cellulomonas, Acinetobacter, Flavobacterium, Staphylococcus, Hyphomicrobium, Xanthomonas, Alcaligenes, Bacillus, Brevibacterium, Metallogenium, Streptococcus, Sarcina, Caulobacter, Clostridium,

Pedomicrobium, Mycobacterium, Corynebacterium, Micrococcus (Ferrera y Alarcón, 2007).

Los hongos del suelo son heterótrofos y aerobios, son capaces de desarrollarse en todos los suelos y cabe mencionar que son tolerantes a la acidez, en el cual crecen mejor al no existir la competencia de las bacterias. Además, bien en horizontes superficiales ricos en materia orgánica, entre los ejemplos más importantes encontramos a los ascomicetes y basidiomicetes (Porta, López y Roquero, 2003, p. 447).

Los hongos actinomicetos son microorganismos del suelo, que se caracterizan por ser organismos entre hongos y bacterias; su aspecto es filamentoso al igual que los hongos (Restrepo y Pinheiro, 2009). Los actinomicetos se caracterizan por una estructura filamentosa o de bastoncillo y cocos y por la presencia de protuberancias laterales. Cabe mencionar que todos son Gram-positivos y habitan extensamente en el suelo, en el lodo de cuerpos de agua, en el aire, y en restos vegetales; se alimentan de materia orgánica proteica o no proteica (Krasilnikov y Luchistye, 1938). Entre los ejemplos más importantes de los ascomicetes encontramos: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Peiza* y *Morchella* (Porta, López y Roquero, 2003, p. 447).

## **2.3. Plaguicidas**

### **2.3.1. Definición**

El plaguicida es un compuesto químico que provienen de diferentes fuentes: naturales o sintéticas; además pueden ser organismos vivos que actúan solos o combinados con otras especies, para atacar, rechazar o eliminar los diferentes tipos de plagas comprendidas en estos grupos: virus, bacterias, hongos, nematodos, ácaros, moluscos, insectos, plantas no deseadas, roedores (Yáñez, 2013, p. 26).

## Clasificación de los plaguicidas

La clasificación de los plaguicidas depende de algunos criterios que son: por su efecto, por la plaga, por su persistencia, por su origen, por su toxicidad y por su estructura; los cuales se ven representados en la tabla 7.

Tabla 7  
*Clasificación de plaguicidas.*

<b>Criterio</b>	<b>Clasificación</b>
<b>Efecto</b>	Corto plazo
	Mediano plazo
	A largo Plazo
<b>Plaga</b>	Insecticidas
	Funguicidas
	Herbicidas
	Nematicidas
	Molusquicidas
	Rodenticidas
	Acaricidas
<b>Persistencia</b>	Baja
	Moderada
	Alta
	Permanente
<b>Origen</b>	Naturales
	Sintéticos
<b>Toxicidad</b>	Extrema
	Alta
	Moderada
	Ligera
<b>Estructura</b>	Organofosforados
	Carbamatos
	Organoclorados
	Sulfonamidas
	Inorgánicos
	Triazínicos
	Fenoxiacéticos

Adaptado de (Botello, Rendón, Gold-Bouchat, Hernández, 2005, p. 230)

### **2.3.2. Efecto de los plaguicidas en el suelo**

La contaminación por agroquímicos en el suelo, debido a la persistencia que posee, dependen de los niveles de toxicidad de los plaguicidas y de la biodisponibilidad, según estudios realizados muestran que los organofosforados y carbamatos poseen un período corto de vida en los suelos desapareciendo en un rango de 2 a 8 semanas; por lo tanto, la velocidad de desaparición y descomposición de los organofosforados y carbamatos es sólo relativa. Existen factores influyentes en el grado de desaparición que son: contenido de materia orgánica, pH, composición granulométrica, temperatura, estructura química del compuesto, tipo de suelo, contenido y naturaleza de los minerales de la arcilla presentes en el suelo (Sánchez M y Sánchez C, 1984).

### **2.3.3. Efecto de los plaguicidas sobre las propiedades del suelo**

Las variables como: temperatura, humedad, materia orgánica, pH, intercambio iónico del suelo, además las propiedades físicas y químicas de la sustancia que se esté manejando; influyen directamente en la evolución y persistencia de las sustancias químicas en el suelo. Cabe destacar que la fracción coloidal de los suelos está compuesta por una porción orgánica (materia orgánica) y una porción inorgánica (arcilla) (Sánchez, 1984).

Los plaguicidas pueden aumentar la salinidad y como consecuencia disminuyen la estabilidad del suelo, porque destruyen los coloides edáficos. Los coloides del suelo están encargados de desempeñar importantes funciones, una de ellas es, la adsorción de plaguicidas a los coloides del suelo e inactivar sus efectos negativos sobre la biota edáfica. Al no producirse la adsorción los plaguicidas se hacen persistentes y generan cambios químicos en el suelo (Mohammad y Varela, 2008).

### **2.3.4. Efecto de los plaguicidas a los microorganismos en el suelo**

Los residuos de plaguicidas en los suelos causan el exterminio de la mayoría de los microorganismos edáficos y con ello la pérdida de la capacidad de

autodepuración. La mayoría de microorganismos obtienen energía y nutrientes de la materia orgánica presente en los suelos, solo unos pocos pueden emplear como fuente de carbono la materia orgánica de los plaguicidas, su empleo está influenciado por el pH y el contenido de materia orgánica de suelo (CICOPLAFEST, 1991).

Los plaguicidas organofosforados tienen una degradación más pronunciada en el suelo donde existen gran cantidad y diversidad de microorganismos (Mohammad y Varela, 2008).

Con el propósito de reducir el efecto negativo sobre la diversidad microbiana edáfica, desde los años 50 en la URSS se ha venido empleando Humatos (sales de ácidos húmicos y fúlvicos de Na y K), en calidad de agentes organominerales con actividad biológica, que inmovilizan a los residuos de plaguicidas y facilitan su biodegradación, reduciendo su toxicidad y movilidad ambiental; adicionalmente, actúan como agentes quelantes de micro elementos (solubilización) y de metales pesados (precipitación), que contribuyen a generar condiciones adecuadas para los procesos naturales de formación y acumulación de coloides edáficos necesarios para recuperar la fertilidad de los suelos (Levinsky, 2000, pp. 24).

### **2.3.5. Efectos de las sustancias húmicas sobre los plaguicidas.**

En la región de Irkustk (Rusia), se realizaron tratamientos empleando un combinado de preparados húmicos con plaguicidas y abonos minerales, en tres actividades fundamentales como son: tratamiento de semillas, aplicación no radicular y adición directa al suelo en forma de preparado puro o en conjunto con abonos minerales humatizados. Los resultados muestran que solo en plaguicidas, se pueden economizar un 50% de los recursos, debido al efecto potenciador de los humatos, que permite reducir el consumo de plaguicidas conservando su eficiencia, en consecuencia, tratar el doble de superficie. De igual forma, el ahorro de abonos minerales constituyó cerca del 30% (Levinsky, 2000, pp. 20-37).

Estos resultados, se explican gracias a las propiedades quelantes de los preparados húmicos, gracias a la gran cantidad de grupos funcionales con actividad biológica que sus moléculas poseen (incluir una imagen), los humatos actúan en calidad de reguladores, dosificadores de nutrientes, entregando a las plantas, solo cuando existen gradientes de concentración favorables, actúan como adaptadores que reducen la energía de activación de las reacciones bioquímicas, incrementado su eficiencia. Los preparados húmicos incrementan la capacidad de soportar las enfermedades, sequías, excesos de humedad, y soportar dosis altas de sales de nitrógeno en el suelo; la ventaja principal de los preparados húmicos consiste en la posibilidad de reducir el consumo de abonos minerales, sin que exista ningún tipo de pérdida para el cultivo, a expensas del incremento de la adsorción de nutrientes y de la posibilidad de reducir significativamente la cantidad de plaguicidas, sin que se reduzca su eficiencia, lo que genera un grado de importancia mayor desde el punto de vista económico y ecológico; como se muestra en la tabla 8 (Varshal y Buachidze, 1983).

Tabla 8.

*Consumo en la introducción de sustancias húmicas más plaguicidas/ ha.*

<b>Parámetro</b>	<b>Sin humato</b>	<b>Con Humato</b>
<b>Costo de mano de obra y maquinaria (\$)</b>	48	48
<b>Cantidad de plaguicida (kg)</b>	2	1
<b>Costos del plaguicida (\$)</b>	800	400
<b>Cantidad de humatos (kg)</b>	-	0,05
<b>Costos de humatos (\$)</b>	-	4
<b>Total rublos (\$):</b>	848	452

Tomado de (Perminova I., 2005, pp. 3841-3848)

### **2.3.6. Principales plagas en cultivos de banano en Puerto Limón**

Una de las plagas que más afectan al cultivo de banano es la cochinilla harinosa (*Pseudococcidae*), a nivel mundial, se debe a su condición polífaga;

hay que tomar en cuenta que esta plaga se adapta a varios cultivos, en especial a cítricos donde el daño puede ser considerable. Es endémica en cultivo de banano y representa más del 90% de las intercepciones en fruta de exportación. Cabe destacar que su presencia en la fruta de exportación es causa de rechazo en países importadores (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y pesca (MAGAP), 2013). Los muestreos de la cochinilla en el campo se realizan de forma aleatoria, porque su distribución en las regiones definidas no genera evidencias claras de patrones definidos; por el contrario, se generan diferentes niveles de población y se distribuyen en una tendencia generalizada (Guillén, Rodríguez, Laprade, Valle, Segura, Uva y Sandoval, 2010). Para el control y eliminación de esta plaga en el cultivo de banano, se utiliza el plaguicida organofosforado denominado malatión.

Otra de las plagas que afecta al cultivo de banano, es la sigatoka negra; de naturaleza fúngica foliar, producida por el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijensis* que establece el problema fundamental fitopatológico de los cultivos. Este patógeno elimina de forma rápida al tejido foliar, por ende, disminuye el proceso de fotosíntesis y se perjudica el crecimiento de la planta al igual que su producción (Martínez, Villalta, Soto, Murillo y Guzmán, 2011). El crecimiento de la plaga está vinculado de forma directa con las condiciones climáticas, la susceptibilidad de la planta seleccionada y el manejo del cultivo; la sigatoka negra es más dañina en la época de lluvia ya que existe una mayor cantidad de lámina de agua sobre sus hojas, que ayudan a los procedimientos de liberación e infección de esporas (Álvarez, Pantoja, Gañán y Ceballos, 2013). Para el control y eliminación de esta plaga en el cultivo de banano se utiliza el plaguicida que contiene el carbamato denominado mancozeb que actúa como agente insecticida de la plaga.

El mancozeb cuya nomenclatura química es etilen-bis (ditiocarbamato) de manganeso con sal de zinc, es uno de los carbamatos muy eficientes que actúan por fricción inmediata sobre las hojas del banano para controlar preventiva y curativamente del hongo sigatoka negra; las principales

características físicas y químicas del mancozeb son: sus partículas son de color amarillento grisáceo, con un olor rancio; tiene una solubilidad en el agua se encuentra en las siguientes condiciones: un pH de 7.5 y a 25 °C, no es soluble en los diferentes disolventes orgánicos. Tiene una presión de vapor que se aproxima a  $9.8 \times 10^{-8}$  mm Hg a 25 °C, y su estabilidad depende de las condiciones de almacenamiento. El carbamato se desintegra lentamente a altas temperaturas (204°C), bajo humedad y en condiciones acidificantes y basificantes. Su mecanismo de acción se sustenta en la inhibición de la germinación de las esporas y la elaboración de un tubo germinativo encima de la superficie de las hojas; no se ve afectado el desarrollo del micelio ni el proceso de esporulación (Nufarm, 2012). En cuanto al malatión cuya nomenclatura química es dietil (dimetoxitiofosforiltio) succinato o S-1,2-bis (etoxicarbonil) etil O, O-dimetil fosforoditioato, es uno de los organofosforados más eficaces que actúan en las hojas del banano para el control de la Cochinilla harinosa; las principales propiedades físicas y químicas del malatión son: partículas de color blanco, con olor a derivado fosfórico. El punto de fusión de la sustancia es a los 2.9 °C. Su densidad relativa es de 1.23 a 25 °C/4 °C y es soluble en el agua a 145 ppm a 20 °C. El malatión cuenta con una presión de vapor de  $1.78 \times 10^{-4}$  mm Hg a 25 °C. Cabe destacar que este organofosforado se descompone a altas temperaturas, generando gases tóxicos que comprenden a los óxidos de fósforo y azufre (INEC, 2012). Además, el organofosforado malatión es poco persistente en el suelo, ya que posee una vida media de 1 a 25 días, la degradación se produce por acción combinada de microorganismos y agua. Se adhiere moderadamente al suelo, es soluble en agua y, por ende, puede contaminar aguas subterráneas (SPACHEM, 2000).

### **3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL**

##### **3.1.1. Variables del experimento**

A continuación, se presentan las variables en la figura 3, que se consideraron para la experimentación del trabajo investigativo.

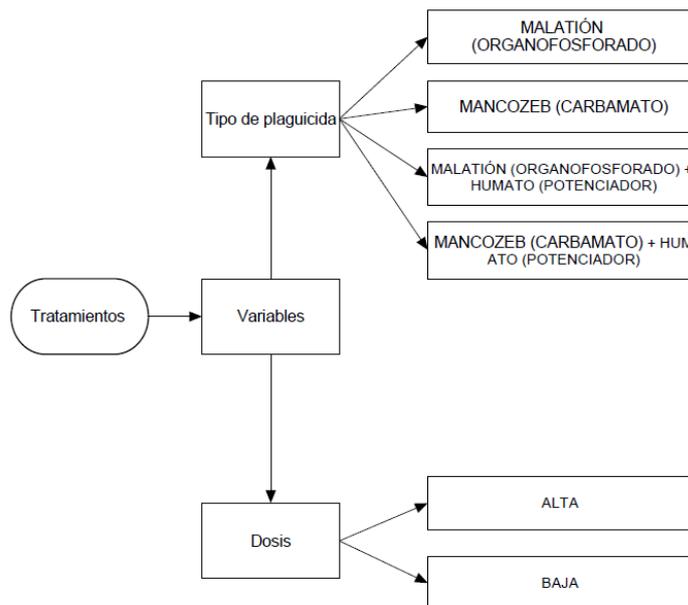


Figura 3. Variables del experimento.

### 3.1.2. Tratamientos experimentales

A continuación, se presentan en la figura 4, cada uno de los tratamientos que se consideraron para la experimentación del trabajo investigativo.

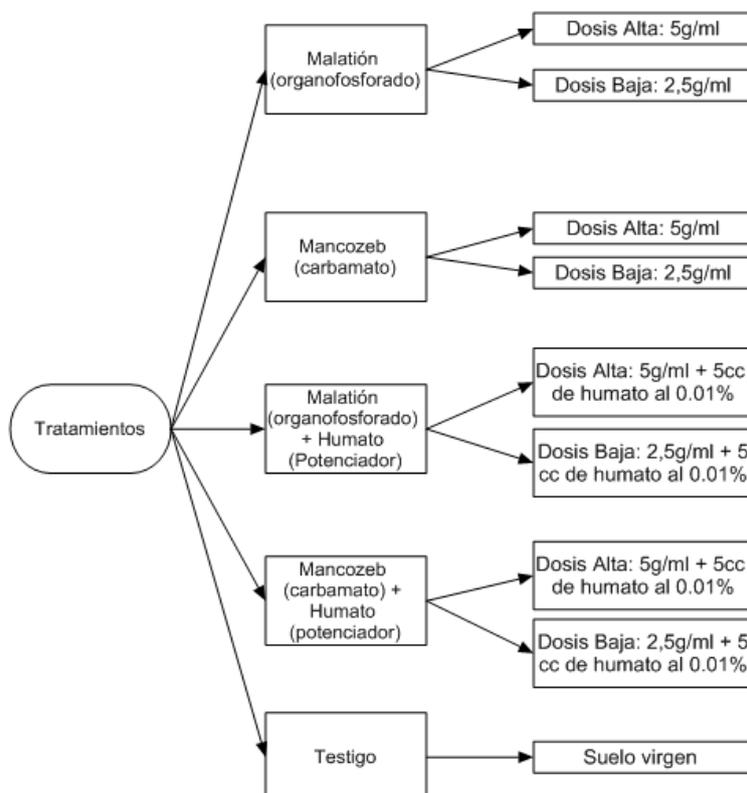


Figura 4. Tratamiento del experimento.

Tabla 9.  
*Diseño experimental.*

<b>Variable</b>	<b>Símbolo</b>
Malatión (organofosforado)	@
Mancozeb (carbamato)	#
Malatión (organofosforado) + Humato (Potenciador)	\$
Mancozeb (carbamato) + Humato (potenciador)	%
Dosis: Alta	A
Dosis: Baja	B

Tabla 10.

*Cruce de los tratamientos con sus debidas repeticiones para el diseño experimental.*

<b>SUELO VIRGEN</b>	<b>Repetición 1</b> MALATIÓN	t1@A
		t2@B
	<b>Repetición 2</b> MALATIÓN	t3@A
		t4@B
	<b>Repetición 3</b> MALATIÓN	t5@A
		t6@B
	<b>Repetición 1</b> MANCOZEB	t7#A
		t8#B
	<b>Repetición 2</b> MANCOZEB	t9#A
		t10#B
	<b>Repetición 3</b> MANCOZEB	t11#A
		t12#B
	<b>Repetición 1</b> Malatión (organofosforado) + Humato (Potenciador)	t13\$A
		t14\$B
	<b>Repetición 2</b> Malatión (organofosforado) + Humato (Potenciador)	t15\$A
		t16\$B
	<b>Repetición 3</b>	t17\$A

	Malatión (organofosforado) + Humato (Potenciador)	t18\$B
	<b>Repetición 1</b> Mancozeb (carbamato) + Humato (potenciador))	t19%A
		t20%B
	<b>Repetición 2</b> Mancozeb (carbamato) + Humato (potenciador)	t21%A
		t22%B
	<b>Repetición 3</b> Mancozeb (carbamato) + Humato (potenciador)	t23%A
		t24%B

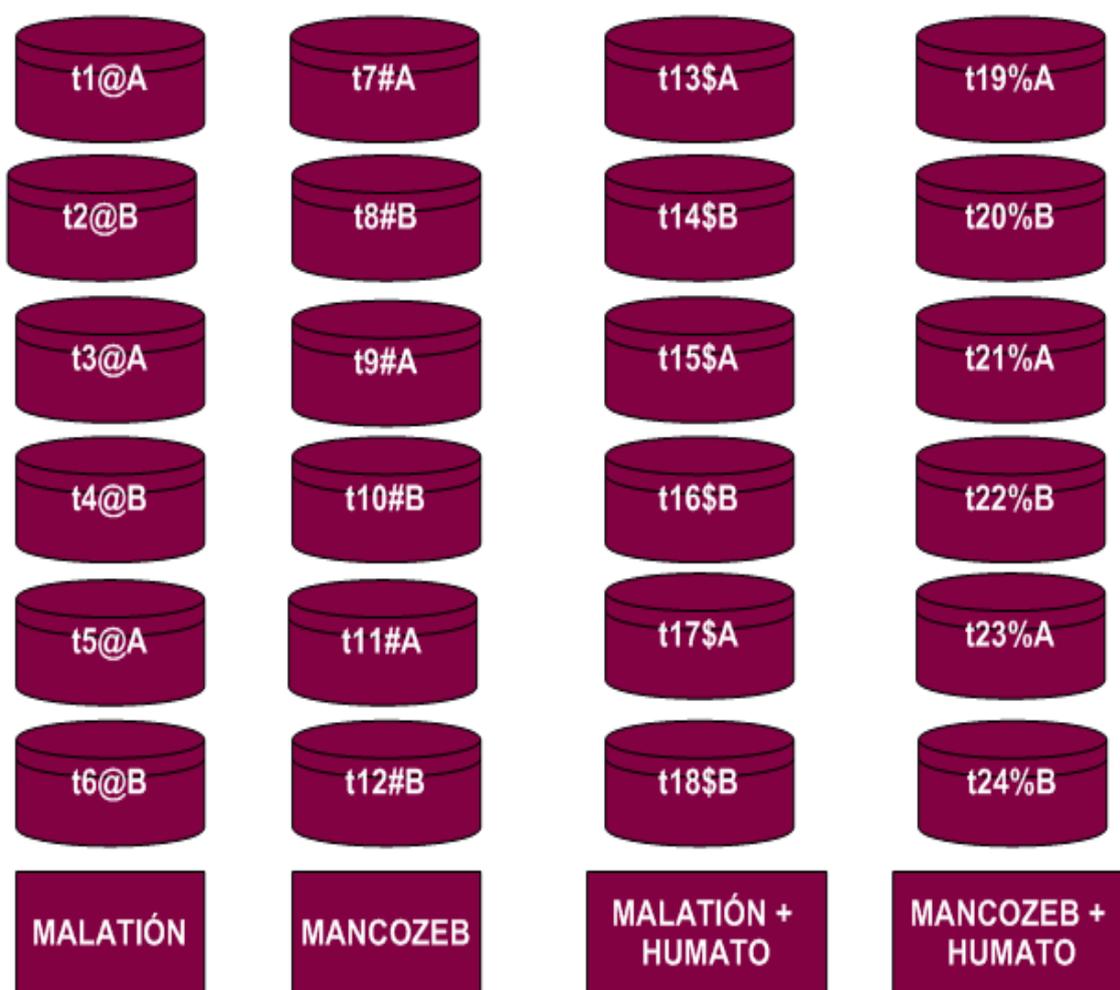


Figura 5. Diseño experimental.

Tabla 11.  
Tratamientos.

N°	Plaguicida	Dosis	Número de repeticiones	Total de tratamientos
1	Malatión	Para este tratamiento se someterá al sujeto experimental a una concentración alta del plaguicida de 5g/ml al inicio de la fase experimental.	3	
2	Malatión	Para este tratamiento se someterá al sujeto experimental a una concentración baja del plaguicida de 2,5g/ml al inicio de la fase experimental.	3	
3	Mancozeb	Para este tratamiento se someterá al sujeto experimental a una concentración alta del plaguicida de 5g/ml al inicio de la fase experimental.	3	
4	Mancozeb	Para este tratamiento se someterá al sujeto experimental a una concentración baja del plaguicida de 2,5g/ml al inicio de la fase experimental.	3	
5	Malatión + Humato	Para este tratamiento se someterá al sujeto experimental a una concentración alta del plaguicida de 5g/ml y 5 cc de humato al 0,01% al inicio de la fase experimental.	3	24 tratamientos
6	Malatión + Humato	Para este tratamiento se someterá al sujeto experimental a una concentración baja del plaguicida de 2,5g/ml y 5 cc de humato al 0,01% al inicio de la fase experimental.	3	
7	Mancozeb + Humato	Para este tratamiento se someterá al sujeto experimental a una concentración alta del plaguicida de 5g/ml y 5 cc de humato al 0,01% al inicio de la fase experimental.	3	
8	Mancozeb + Humato	Para este tratamiento se someterá al sujeto experimental a una concentración baja del plaguicida de 2,5g/ml y 5 cc de humato al 0,01% al inicio de la fase experimental.	3	

### 3.1.3. Celdas experimentales

Se utilizaron 24 celdas experimentales, cada una tiene capacidad de 5 kilogramos y su material es de plástico, cuyas medidas se evidencian en la tabla 12.

Tabla 12.  
*Celdas experimentales.*

<b>Capacidad:</b> 5 kg	
<b>Largo:</b> 32 cm <b>Ancho:</b> 23 cm	
<b>Profundidad:</b> 16.5 cm	



Figura 6. Celdas experimentales.

### 3.1.4. Propiedades a evaluarse y periodo de evaluación

A continuación, en la tabla 13 y 14, se detallan las propiedades químicas y biológicas que se analizaron en este trabajo investigativo en un periodo determinado de tiempo.

Tabla 13.

*Propiedades químicas con su periodo de evaluación.*

<b>Propiedades Químicas</b>	<b>pH</b>	Se realizó la medición todos los días de la primera semana, después de iniciar el tratamiento, también al 8vo día, el día 16 y al finalizar el tratamiento el día 30. El primer contacto con el plaguicida genera una condición de shock por lo que genera cambios en las propiedades químicas del suelo, una de las maneras para ver los cambios es la evaluación todos los días de la primera semana.
	<b>Conductividad Eléctrica</b>	Se realizó la medición todos los días de la primera semana, después de iniciar el tratamiento, también al 8vo día, el día 16 y al finalizar el tratamiento el día 30. El primer contacto con el plaguicida genera una condición de shock lo que genera cambios en las propiedades químicas del suelo, una de las maneras para ver los cambios es la evaluación todos los días de la primera semana.
	<b>Temperatura</b>	Se realizó la medición todos los días de la primera semana, después de iniciar el tratamiento, también al 8vo día, el día 16 y al finalizar el tratamiento el día 30. El primer contacto con el plaguicida genera una condición de shock lo que genera cambios en las propiedades químicas del suelo, una de las maneras para ver los cambios es la evaluación todos los días de la primera semana.
	<b>Materia orgánica</b>	Se realizó la medición antes de iniciar el tratamiento, después de iniciar el tratamiento, también al 8vo día, el día 16 y al finalizar el tratamiento el día 30.

Tabla 14.

*Propiedades biológicas con su periodo de evaluación.*

<b>Propiedades Biológicas</b>	<b>Variación morfológica microbiana</b>	Se realizó la medición a las 24 horas antes de iniciar el tratamiento, a las 72 horas, después de iniciar el tratamiento, también al 8vo día, el día 16 y al finalizar el tratamiento el día 30.
	<b>Conteo Bacteriano</b>	Se realizó la medición a las 24 horas antes de iniciar el tratamiento, a las 72 horas, después de iniciar el tratamiento, también al 8vo día, el día 16 y al finalizar el tratamiento el día 30.
	<b>Tinción Gram</b>	Se realizó la medición a las 24 horas antes de iniciar el tratamiento, a las 72 horas, después de iniciar el tratamiento, también al 8vo día, el día 16 y al finalizar el tratamiento el día 30.
	<b>Aislamiento de cepas</b>	<p>Se realizó la medición antes de iniciar el tratamiento, después de iniciar el tratamiento, también al 8vo día, el día 16 y al finalizar el tratamiento el día 30.</p> <p>Se realizó la medición antes de iniciar el tratamiento, después de iniciar el tratamiento, también al 8vo día, el día 16 y al finalizar el tratamiento el día 30. Se realizó el aislamiento de cada una de las colonias cuya morfología era distinta al resto de la gran mayoría; para verificar las cepas remanentes al final del trabajo investigativo tanto en número como en diversidad.</p>

### 3.1.5. Determinación del mejor tratamiento

#### 3.1.5.1. Programa seleccionado

Se seleccionó SPSS ya que es un programa estadístico completo e interactivo para el usuario; se encarga de entregar valores descriptivos, gráficos, correlaciones y pruebas ANOVA, pudiendo realizar en el mismo programa la prueba Post Hoc.

### 3.1.5.2. Significancia de las variables

Se realizó un ANOVA con cada uno de los factores que fueron considerados como variables independientes, es decir aquellas variables sobre las cuales se tuvo control durante el experimento, también se generó diferentes combinaciones existentes entre los plaguicidas, las dosis y la presencia de humato en cada tratamiento, para esto se tomó en cuenta las diferencias de cada variable dependiente. Se realizó un análisis ANOVA para cada una de las variables de la experimentación mediante los intra-grupos e inter-grupos respectivamente, se evidencia con mayor claridad en la tabla 15.

Tabla 15.  
ANOVA para cada variable.

Fuente de variabilidad	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Medias Cuadradas	Estadístico
Inter grupos	SC inter	Tratamientos - 1	$M_{cinter} = \frac{SC_{inter}}{\text{tratamientos} - 1}$	$F = \frac{M_{cinter}}{M_{cintra}}$
Intra grupos	SC intra	Numero observaciones - tratamientos	$M_{cintra} = \frac{SC_{intra}}{\text{Numero de observaciones} - \text{tratamientos}}$	
Total	SC total	Numero observaciones - 1		

Nota: Intra-grupos es la variación de cada variable dentro de cada grupo, en donde se caracteriza por calcular la difusión de los datos obtenido de cada una de las variables analizadas con relación a sus respectivas medias; mientras que, Inter-grupos significa la variación de cada variable por cada grupo medido es decir entre grupos, en donde se caracteriza por calcular la difusión de las medias de todas las variables analizadas con relación a la media total.

Donde:

$$SC_{inter} = \sum_{j=1}^p n_j (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2$$

$$SC_{intra} = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^{n_j} n_j (X_{ij} - \bar{X}_j)^2$$

$$SC_{total} = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^{n_j} n_j (\bar{X}_{ij} - \bar{\bar{X}})^2$$

$\bar{X}_j$  = Media en cada tratamiento

$\bar{\bar{X}}$  = Media general

$X_{ij}$  = Observaciones

$N_j$  = Número de observaciones en cada tratamiento

### 3.1.5.3. Pruebas Post-Hoc y DMS

Posteriormente se realizaron pruebas Post-Hoc y Diferencia mínima de Fisher (DMS) para evidenciar la presencia de desigualdades entre las distintas combinaciones de factores con las variables que se midieron arrojando valores de significancia altos; se ejecutaron pruebas Post-Hoc que permitieron calcular las diferencias entre las interacciones de los niveles de factores, añadiendo a esto se calculó una diferencia crítica para la comparación de los promedios y la construcción de intervalos de confianza utilizando el estadístico F.

Donde:

$$V = \sum_{i=1}^s \frac{\lambda_i}{1 + \lambda_i} \quad \text{Traza de Pillai}$$

$$T = \sum_{i=1}^s \lambda_i \quad \text{Traza de Hotelling}$$

$$A = \prod_{i=1}^s \frac{1}{1 + \lambda_i} \quad \text{Lambda de Wilkis}$$

$\lambda_i$  = Ejevalores

$s$  = Ecuaciones

$i$  = Tratamientos

Las pruebas compararon la variación entre los tratamientos y la intersección de todos. Por medio de ecuaciones de ejemplo que analizan la dispersión de los resultados es decir si el valor está justo en la media vale 0 y si no se debe medir desde -1 a 0 y de 0 a 1 para ver cómo estaría disperso en la media.

#### **3.1.5.4. Evaluación del humato**

Se realizó un análisis ANOVA para los 3 tipos de factores (dosis, tipo de plaguicida y con-sin humato) que se utilizaron desde el inicio de la fase experimental, para evidenciar la significancia de la variable humato. Cabe mencionar que la intersección representa a la relación entre factores (dosis, tipo de plaguicida y con-sin humato) cuyo valor es el resultado de la prueba estadística. Además, F indica el valor de la prueba estadística con la que se compara con su probabilidad para determinar si existe o no diferencia. Al hacer un análisis multivariado ANOVA se tomaron ciertas consideraciones o grados de libertad (GI de la hipótesis y GI del error) estos generalmente representan la cantidad de datos que se tiene, la cantidad de variables, y el valor de datos en cada subgrupo, estas fueron tomadas en cuenta para el diseño. Por último, Sig. representa a la significancia estadística siendo esta la probabilidad de que no existan diferencias entre sus medias, si esta es menor a 0,05 (valor estimado generalizado) se puede determinar una diferencia, caso contrario se dice que no existe diferencia en la combinación de factores.

### **3.2. MUESTREO BASE DE 3 FINCAS BANANERAS**

#### **3.2.1. Caracterización del suelo de 3 fincas bananeras para una base referencial de la calidad de los suelos.**

Se realizó la toma de muestras (alícuotas) de suelo de tres fincas bananeras de la parroquia rural Puerto Limón (las que se escogieron en función de su volumen de exportación), las mismas que tienen diferentes concentraciones de plaguicidas, se tomó una muestra compuesta de cada una de las haciendas (3), para conocer el grado de concentración de plaguicidas en las muestras

mediante un análisis de cromatografía de gases en el Laboratorio de la Universidad Central del Ecuador.

### **3.2.2. Tipo de muestreo**

Para el muestreo de las haciendas se realizó mediante la metodología del cuarteo basándose en la norma ASTM C702; se seleccionó 3 cuadrantes al azar en cada una de las haciendas para obtener una muestra compuesta, mediante un muestreo sistemático por cuadrícula que se lo realizó en tres cuadrantes de 30 m por 45 m en los que se tomó 10 submuestras por cuadrante dando un total de 30 submuestras por hacienda, obteniendo de esta manera una muestra compuesta representativa.

### **3.2.3. Toma de muestras**

En cada una de las haciendas se seleccionó un cuadrante cercano a la carretera, un cuadrante céntrico y un cuadrante al otro extremo de la finca; para la recolección de las submuestras se utilizó una pala ya que mediante este método se conservan los agregados, que son fundamentales para las determinaciones físicas. Las submuestras fueron tomadas de 0 a 15 cm de profundidad, mayores detalles pueden observar en el anexo 4.1.

### **3.2.4. Preparación muestra compuesta**

Para la elaboración de la muestra compuesta se tomó las 10 submuestras por cada uno de los 3 cuadrantes que se realizaron en cada finca dando un total de 30 submuestras, para cada submuestra se procedió a vaciarla en un plástico negro para después mezclar todas las submuestras para homogenizar y distribuirlas en un círculo que será dividido en cuatro cuadrantes, después se procedió a eliminar los cuadrantes opuestos y se mezclaron los dos sobrantes, este proceso se lo repitió hasta obtener una muestra de un solo kilogramo de suelo.

### 3.2.5. Cadena de custodia

Al tener listas las muestras fueron empacadas en bolsas de plástico ziplock y etiquetadas correctamente con toda la información requerida por el laboratorio de la Universidad Central del Ecuador. Para el transporte de la muestra se las colocó en un cooler con hielo y papel periódico para mantener la muestra a 4°C. Las muestras fueron procesadas según la cadena de custodia, las mismas que se encuentran en el anexo 11.

### 3.2.6. Envío al Laboratorio acreditado

Fueron enviadas las muestras al Laboratorio de la Universidad Central del Ecuador para la respectiva caracterización de las muestras de suelo contaminado mediante el método de cromatografía de gases para la determinación de organofosforados y carbamatos. Como se puede observar los resultados del laboratorio en la figura 7 y el anexo 4.2.



*Figura 7.* Procedimiento del envío de muestras al Laboratorio de la Universidad Central.

## 3.3. Toma de suelo experimental

### 3.3.1 Zona de muestreo Suelo virgen

Existen zonas en la parroquia Puerto Limón que no han sido intervenidas por el hombre y tampoco tienen indicios de contaminación alguna, por lo tanto, en esta fase experimental se evaluó los efectos de los plaguicidas en las

propiedades químicas y biológicas en un suelo virgen bajo condiciones de laboratorio. Por lo tanto, mediante la línea base y muestreo realizado se garantizó un óptimo proceso de levantamiento de la información para la descripción del sitio y los muestreos con sus respectivos puntos.

### 3.3.2. Tipo de muestreo

Se obtuvo una muestra compuesta, mediante un muestreo sistemático por cuadrícula que se lo realizó en un cuadrante de 5 m por 5 m en el cual se tomó una submuestra en cada esquina dando un total de 4 submuestras, previo el desbroce y limpieza de la superficie del terreno. El proceso se encuentra representado en la figura 8.

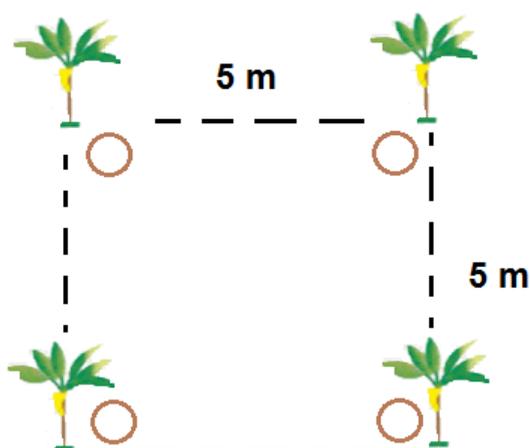


Figura 8. Muestreo sistemático en cuadrícula.

### 3.3.3. Toma de muestras

Para el muestreo del suelo virgen se lo realizó mediante la metodología del cuarteo basándose en la norma ASTM C702; es necesario tomar en cuenta para el procedimiento de muestreo no tomar muestras cercanas a la carretera y a los ríos del predio; para la recolección de las submuestras se utilizó una pala ya que mediante este método se conservan los agregados que son fundamentales para las determinaciones físicas. Las submuestras fueron tomadas de 0 a 15 cm de profundidad. Se puede evidenciar el proceso en la figura 9.



Figura 9. Procedimiento toma de muestras con pala.

### 3.3.4. Preparación muestra compuesta

Para la elaboración de la muestra compuesta se tomó 4 submuestras de la unidad de muestreo, para ello cada submuestra se procede a vaciarla en un plástico negro para después mezclar todas las submuestras para homogenizarlas, posteriormente se distribuyó en un círculo que fue dividido en cuatro cuadrantes, después se procedió a eliminar los cuadrantes opuestos y se mezclaron los dos sobrantes, este proceso se lo tuvo que repetir hasta obtener una muestra compuesta. El proceso del cuarteo se encuentra representado en la figura 10.

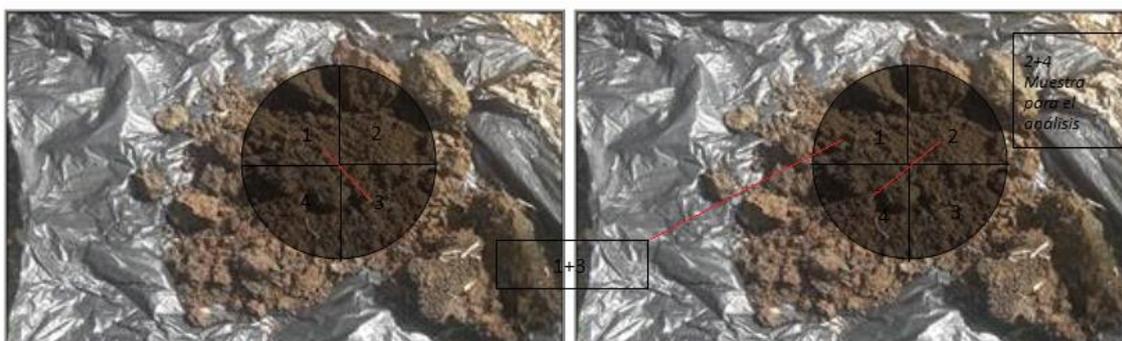


Figura 10. Muestra compuesta mediante sistema de cuarteo.

### 3.3.5. Cadena de custodia

Al tener lista la muestra fue empacada en una bolsa de plástico y etiquetada correctamente con toda la información requerida. Para el transporte de la muestra se las colocó en cooler con hielo y papel periódico para mantener la muestra a 4°C.

### 3.3.6. Preparación de la muestra

Se tamizó con el equipo HUMBOLDT a un tamaño de partícula de 1.18 mm la muestra de suelo en el Laboratorio de la Universidad de Las Américas, posteriormente se procedió a colocar en las celdas experimentales simulando los tratamientos de los diferentes concentraciones de plaguicidas en el suelo que se utilizan en las 3 haciendas. El proceso de preparación de la muestra se encuentra en la figura 11.

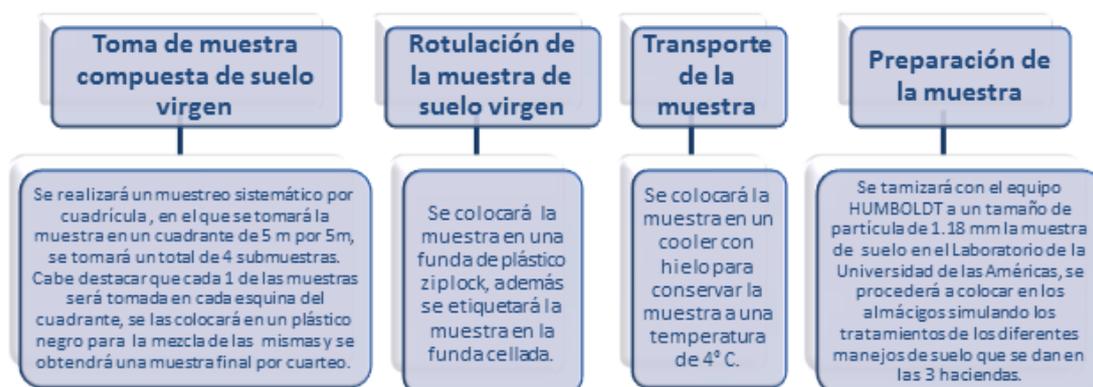


Figura 11. Preparación de la muestra compuesta del suelo virgen.

### 3.3.7. Caracterización química - biológica del suelo experimental

Se realizó los análisis respectivos de las propiedades químicas y biológicas del suelo que se evaluaron durante el diseño experimental, las cuales se encuentran señaladas detalladamente en la sección 4.2.11 para obtener un control rutinario de parámetros.

### 3.3.8. Armado de la celda experimental

Se colocó 5 kilogramos del suelo preparado en cada una de las veinticuatro celdas experimentales, después se puso las celdas experimentales en una repisa que fue cubierta por un toldo de color oscuro y de material grueso para simular las condiciones ambientales de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas y también para evitar alteraciones en el medio experimental.

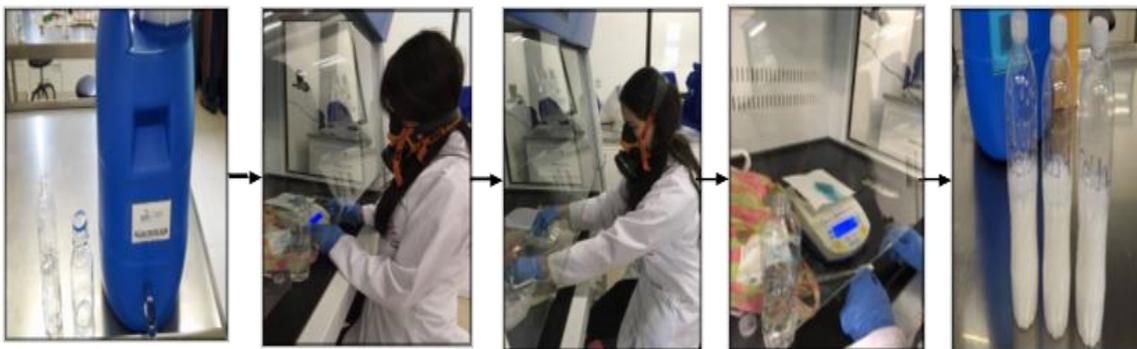
### 3.3.9. Introducción de plaguicidas al sistema

#### 3.3.9.1. Preparación de las dosificaciones de plaguicidas

Para la preparación de las dosificaciones de los plaguicidas se tomó en cuenta las indicaciones que se encuentra en la ficha técnica MSDS de cada uno de los compuestos químicos a ser utilizados para este experimento, se utilizó una mascarilla para agro químicos con filtro, guantes y gafas de seguridad.

Las dosis que van hacer utilizadas para este diseño experimental es de 500 ppm como dosis baja por ende se colocó 0.5 g de plaguicidas en un kilogramo de suelo dando un total de 2.5 g/ml del agroquímico en los 5 kg de suelo que se añadieron en cada celda y 1000 ppm como dosis alta, esto quiere decir que se colocó 1 g de plaguicidas en un kilogramo de suelo dando un total de 5 g/ml del agroquímico en los 5 kg de suelo que se añadió en cada celda experimental; en el caso de los tratamientos con el potenciador se incluyó 5 cc de humato al 0,01% tanto en la dosis alta como en la dosis baja.

Se preparó 24 dosificaciones de plaguicidas, las mismas que están especificadas en la tabla 15, cabe recalcar que se utilizó para la mezcla de cada dosis 250 ml de agua destilada. Su preparación se encuentra representada en la figura 12.



*Figura 12.* Preparación de las dosificaciones de los plaguicidas.

Tabla 16.  
*Dosificación de plaguicidas.*

Plaguicida	Producto	Dosis baja utilizada para el diseño	Dosis alta utilizada para el diseño
Organofosforado	Malatión	2.5g/ml	5 g/ml
Carbamato	Mancozeb	2.5 g/ml	5 g/ml
Organofosforado + Potenciador	Malatión + Humato	2.5 g/ml + 5 cc de humato al 0,01%	5 g/ml + 5 cc de humato al 0,01%
Carbamato + Potenciador	Mancozeb + Humato	2.5 g/ml + 5 cc de humato al 0,01%	5 g/ml + 5 cc de humato al 0,01%

En la tabla 17 se encuentra los diferentes tipos de dosis que fueron utilizados en este trabajo de investigación para evaluar los efectos en las propiedades químicas y biológicas.

Tabla 17.  
*Dosificación de plaguicidas.*

PREPARACIÓN DE LA DOSIS DE PLAGUICIDAS (ORGANOFOSFORADOS Y CARBAMATOS)	Tipo de plaguicida	Dosis utilizada en cada hacienda (3)	Tipo de dosis
	Mancozeb (carbamato)	2.5 g + 250 ml	Dosis baja
		5 g+ 250 ml	Dosis alta
	Malatión (organofosforado)	2.5 g + 250 ml	Dosis baja
		5 g+ 250 ml	Dosis alta
	Mancozeb (carbamato) + Humato (Potenciador)	2.5 g + 250 ml+ 5 cc Humato al 0.01%	Dosis baja
		5 g+ 250 ml+ 5 cc Humato al 0.01%	Dosis alta
	Malatión (organofosforado) + Humato (Potenciador)	2.5 g + 250 ml+ 5 cc Humato al 0.01%	Dosis baja
		5 g+ 250 ml+ 5cc Humato al 0.01%	Dosis alta

### **3.3.9.2. Introducción de plaguicidas a las celdas experimentales**

Se colocó la respectiva dosis en cada una de las celdas experimentales y se procedió a mezclar el suelo con el plaguicida con ayuda de una espátula metálica, para que todo el suelo se encuentre humedecido con el plaguicida.

### **3.3.10. Inicio de la experimentación de suelo con plaguicidas**

El día lunes 16 de febrero del 2017 se comenzó con la fase experimental del suelo con plaguicidas, posteriormente se realizó un control rutinario de parámetros y así se analizó y evaluó los efectos de los plaguicidas en la matriz suelo.

### **3.3.11. Control rutinario de parámetros**

#### **3.3.11.1. Métodos de evaluación de propiedades químicas**

Se determinó las propiedades químicas pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y temperatura que fueron afectadas debido a los efectos de los organofosforados y carbamatos.

#### **3.3.11.2. Determinación del potencial hidrógeno en el suelo pH**

##### **3.3.11.2.1. Método**

El método que se utilizó para la determinación de pH en el suelo es denominado electrométrico según el libro estándar de medición de parámetros del suelo. El pH fue medido mediante el dispositivo sonda o medidor marca HANNA instruments fue adquirido por el laboratorio el 15 de septiembre, el cual se empleó para la determinación de la acidificación o basicidad que tiene cada sustancia; este instrumento usa un electrodo para medir el potencial hidrógeno correcto de la solución, cabe mencionar que el electrodo no se ve perjudicado por los gases disueltos, agentes oxidantes o reductores, materia orgánica, entre otros (Pérez, 2013).

### 3.3.11.2.2. Procedimiento

Para medir el potencial hidrógeno se procedió a colocar 15 gramos de suelo en una balanza de precisión, después se lo colocó en vasos de precipitación. Posteriormente se agregó agua destilada en el suelo; se procedió a mezclar con ayuda de una varilla de agitación durante 10 minutos, tomando el tiempo con un cronómetro.

Para finalizar el proceso se esperó por 30 minutos para cada una de las soluciones y posteriormente medir con el pH metro. Su procedimiento se encuentra representado en la figura 13.

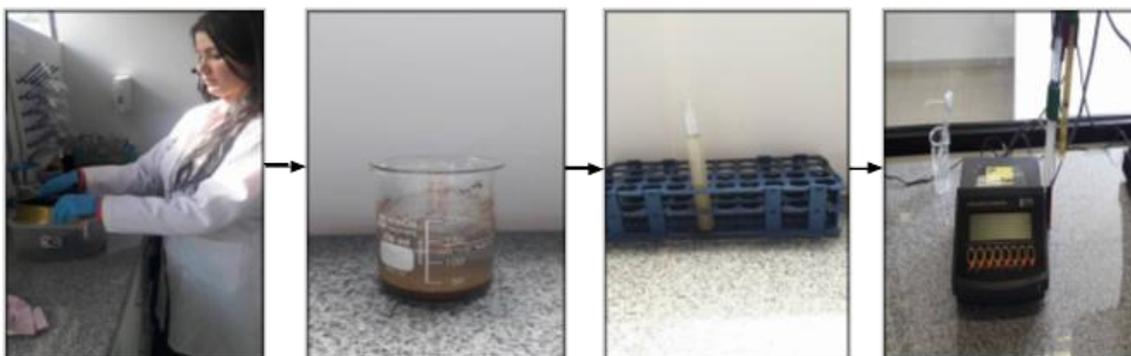


Figura 13. Procedimiento para el parámetro pH.

### 3.3.11.3. Determinación de conductividad eléctrica en el suelo

#### 3.3.11.3.1. Método

El método que se utilizó para la determinación de la conductividad eléctrica en el suelo es denominado electrométrico según el libro estándar de medición de parámetros del suelo. La conductividad fue medida mediante el dispositivo sonda o medidor marca HANNA instruments fue adquirido por el laboratorio el 15 de septiembre, el mismo que se fundamenta en el principio de inducción y descarta los inconvenientes usuales que están asociados a un sistema amperimétrico, como pueden ser la consecuencia de la polarización; a través de corrientes internas que calculan la variación del potencial inducido por un flujo de corrientes, que necesitan de la conductividad de la solución en la que se ha introducido la sonda (Cortés, Pérez y Camacho, 2013).

### 3.3.11.3.2. Procedimiento

Para medir la conductividad eléctrica en la solución del suelo, se pesó 25 gramos de suelo de cada una de las muestras y después se colocó respectivamente en los vasos de precipitación.

Después se colocó 50 ml de agua destilada en todos los vasos; se procedió a mezclar la solución con la ayuda de las varillas de vidrio durante 10 minutos, tomando en cuenta el tiempo con ayuda de un cronómetro.

Para finalizar el proceso se dejó en reposo por 10 minutos a todas las muestras; además se efectuó la filtración con el uso de un Erlenmeyer; a un tubo de ensayo sin tapa se agregó cada una de las muestras filtradas para la medición de este parámetro. Su procedimiento se encuentra representado en la figura 14.



Figura 14. Procedimiento para el parámetro conductividad eléctrica.

### 3.3.11.4. Determinación de la materia orgánica en el suelo

#### 3.3.11.4.1. Método

La metodología de la determinación de materia orgánica por titulación se tomó de referencia de la metodología estándar determinada por Walkley y Black. Este método se fundamenta en un proceso de oxidación en frío del carbón por un exceso de dicromato de potasio en medio sulfúrico, después, dosificación del dicromato no consumido con la sal de Morh (Walkey y Black, 1934).

### 3.3.11.4.2. Procedimiento

Cabe destacar que para seleccionar la cantidad necesaria para este procedimiento se encuentra en el rango de 0.1 gramos (mayor contenido de materia orgánica) a 0.5 gramos (menor contenido de materia orgánica). Las muestras se les retiraron las raicillas y posteriormente fueron tamizadas (tamiz de 0.25 mm). En una balanza analítica se colocó un papel encerado y se pesó 0.1 gramos de la muestra previamente tamizada. Posteriormente se colocó la muestra en un erlenmeyer, se añadió 5 mililitros de dicromato de potasio 1 N por erlenmeyer. Además, se agregó 10 mililitros de ácido sulfúrico que debe encontrarse en una concentración del 97% por muestra, se removi6 por un minuto hasta que se obtenga una muestra homogenizada, evitando que esta se incorpore a las paredes. Se dejó en reposo durante 30 minutos. Después se agregó 100 mililitros de agua destilada con ayuda de un vaso de precipitación, 5 mililitros de ácido fosf6rico al 85% con ayuda de una pipeta y 10 a 14 gotas de difenilamina por goteo. Se tituló el sobrante de dicromato mediante una solución de sal de morh (sulfato de hierro) concentrada al 0.5 N. El cambio de color de una tonalidad azul oscura hasta una tonalidad verde turquesa como se evidencia en la figura 12, se anotó el volumen consumido. Para su posterior análisis se realizó una solución inicial (blanco) de dicromato de potasio la misma que debe efectuar los distintos parámetros a los que fue expuesta la muestra. Esto permitió identificar el volumen inicial de titulación y posteriormente usarlo en los cálculos necesarios. Su procedimiento se encuentra representado en la figura 15.



Figura 15. Procedimiento para el parámetro materia orgánica por titulación.

### 3.3.11.5. Determinación de la temperatura

#### 3.3.11.5.1. Método

El método que se utilizó para la determinación de temperatura en el suelo es denominado electrométrico según el libro estándar de medición de parámetros del suelo. Es decir, un dispositivo sonda o medidor, el cual se emplea para determinar la temperatura de la solución (Pérez, 2013).

#### 3.3.11.5.2. Procedimiento

Para el reconocimiento de la temperatura se pesó 20 gramos de suelo por medio de una balanza de precisión. Después se colocó 10 mililitros de agua destilada en el suelo y se colocó en vasos de precipitación.

Se procedió a homogenizar la muestra con ayuda de una varilla de vidrio durante 10 minutos y se tomó el tiempo con un cronómetro.

Para finalizar se dejó en reposo 30 minutos para cada una de las muestras antes de tomar la medida de la temperatura. Su procedimiento se encuentra representado en la figura 16.

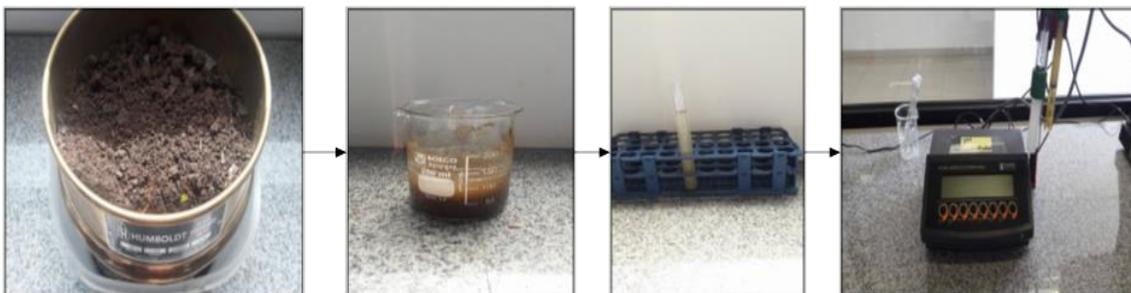


Figura 16. Procedimiento para el parámetro temperatura.

#### 3.3.11.2. Métodos de evaluación de propiedades biológicas

El mecanismo para evaluar la influencia de los plaguicidas sobre las propiedades biológicas de los suelos experimentales es el conteo de UFC de los microorganismos presentes en el suelo antes de las pruebas. En el proceso

se valoró el número de colonias y la diversidad morfológica microbiana (Falkiewicz, Janda y Wypych, 2015, pp. 230- 235).

### 3.3.11.2.1. Preparación de materiales

Para garantizar el uso de materiales esterilizados dentro de la fase de experimentación de este trabajo, se procedió a lavar cada uno de los materiales, secarlos con papel secante y sellarlos con papel empaque. Después se colocó los materiales en el autoclave por un tiempo de 90 minutos y a una temperatura de 191 °C. Su procedimiento se encuentra representado en la figura 17.



Figura 17. Procedimiento para la preparación de materiales.

### 3.3.11.2.2. Preparación de medios de cultivo

Se preparó medio agar nutritivo conforme a la receta establecida por el fabricante y por último se autoclavó por 90 minutos a 121°C. Su preparación se encuentra representada en la figura 18.

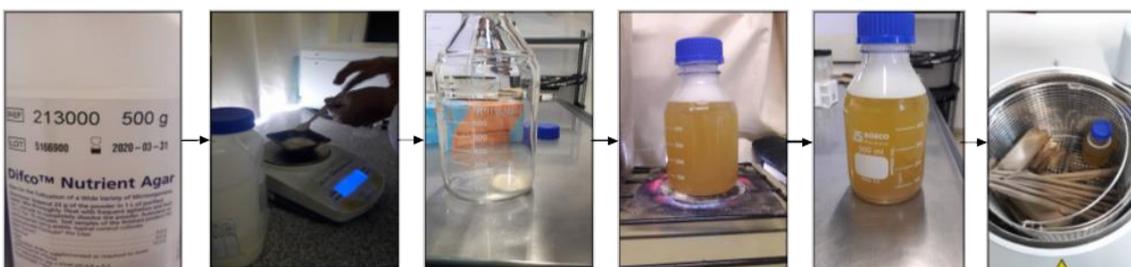
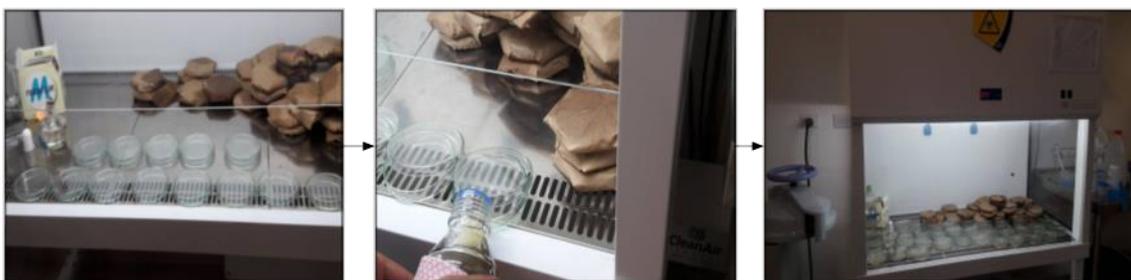


Figura 18. Procedimiento para la preparación de agar nutritivo.

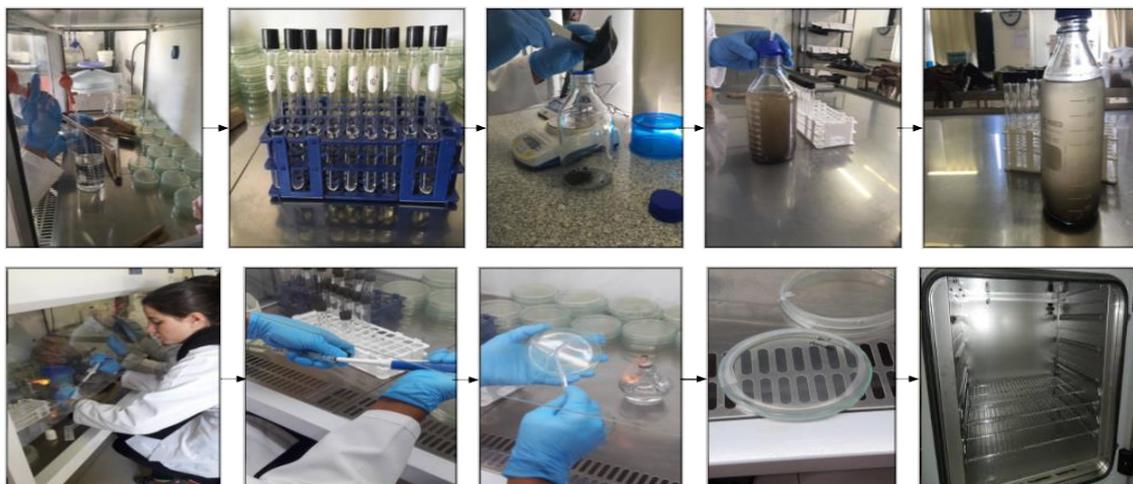
Para preparar los medios de cultivo se retiró el agar del autoclave dejándolo enfriar por 20 min, posteriormente se colocó las cajas petri y el agar nutritivo dentro de la cámara de flujo laminar para evitar alguna posible contaminación, se añadió 0.6 ml de agar cubriendo la superficie de la caja petri y se las dejó en reposo por 5 min para que se encuentre coagulado el medio de cultivo. Su procedimiento se encuentra representado en la figura 19.



*Figura 19.* Procedimiento para la preparación de medios de cultivo.

### 3.3.11.2.3. Siembra y aislamiento mediante diluciones

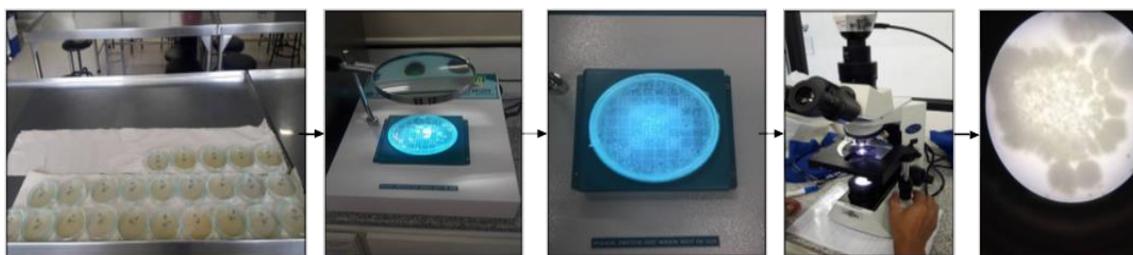
Con el propósito de conocer con cierto grado de certidumbre la cantidad de microorganismos presentes por unidad de masa del sustrato objeto de estudio, se emplea la técnica de siembra mediante diluciones (Falkiewicz, Janda y Wypych, 2015, pp. 230- 235). Para sembrar por medio de diluciones, se tomó 100 gramos de suelo virgen y se disolvió en 1000 mililitros de agua destilada. Se agitó la solución madre, después se tomó por medio de una pipeta estéril un mililitro de la solución, la misma que fue transferida a un tubo de ensayo con tapa que contiene 9 mililitros de agua destilada. Posteriormente se mezcló constantemente con movimientos inversos al tubo de ensayo tapado, se tomó de él 1 mililitro de muestra y se la transfirió a los siguientes tubos de ensayo que contenían 9 mililitros cada uno, repitiendo este proceso hasta el sexto tubo de ensayo, los mismos que estaban rotulados de la siguiente manera  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  y  $10^{-6}$ . Para la siembra se debe considerar solamente las tres últimas diluciones. Su procedimiento se encuentra representado en la figura 20.



*Figura 20.* Procedimiento para siembra mediante diluciones.

#### **3.3.11.2.4. Caracterización morfológica de colonias**

La caracterización morfológica se efectuó de dos maneras: primero a simple vista y segundo por medio de un microscopio. Superficialmente por medio de la lupa del contador de colonias (colony counter manual de marca Medica Instrument MFG CO), se pudo percibir características propias de la morfología de las colonias, que permiten su posterior identificación. Entre los principales detalles que se pueden analizar físicamente se encuentran: forma de la colonia, color de la colonia, apariencia de la superficie y perfil de la colonia. Su procedimiento se encuentra representado en la figura 21 (Falkiewicz, Janda y Wypych, 2015, pp. 230- 235).



*Figura 21.* Procedimiento para la identificación morfológica de colonias.

### 3.3.11.2.5. Conteo UFC con siembra en placa

Para el conteo de UFCs se utilizó el equipo Colony Counter Digital que se evidencia en la figura 22, posteriormente se procedió a simular un cuarteo en la caja petri para realizar el conteo del eje superior izquierdo, para obtener el número total de colonias de cada uno de los medios se utiliza la siguiente fórmula:



$$(\text{Número de colonias (eje superior izquierdo)} * 4) / (10^{-2} * 0.1)$$

Figura 22. Procedimiento para el conteo UFCs.

### 3.3.11.2.6. Prueba de tinción Gram

Para la prueba de tinción Gram se contó las colonias cuya morfología fue identificada como diferente se ejecutó la prueba de Gram para confirmar que son en realidad microorganismos diferentes (Falkiewicz, Janda y Wypych, 2015, pp. 230- 235). Todas las colonias cuyas pruebas de Gram muestren ser distintas serán conservadas para al final de las pruebas evaluar su ausencia o presencia en los suelos experimentales. Su procedimiento se encuentra representado en la figura 23.



Figura 23. Procedimiento para la tinción Gram.

### 3.3.11.2.7. Conservación de cepas morfológicamente diferentes

Para la conservación se procedió a aislar cada una de las colonias cuya morfología era distinta al resto de la gran mayoría; resemebrándolas en tubos de ensayo con agar nutritivo, que posteriormente serían enviadas a conservación a una temperatura de 4 °C hasta el final de la fase experimental en la que se realizaran las pruebas de identificación de colonias remanentes. Su procedimiento se encuentra representado en la figura 24.

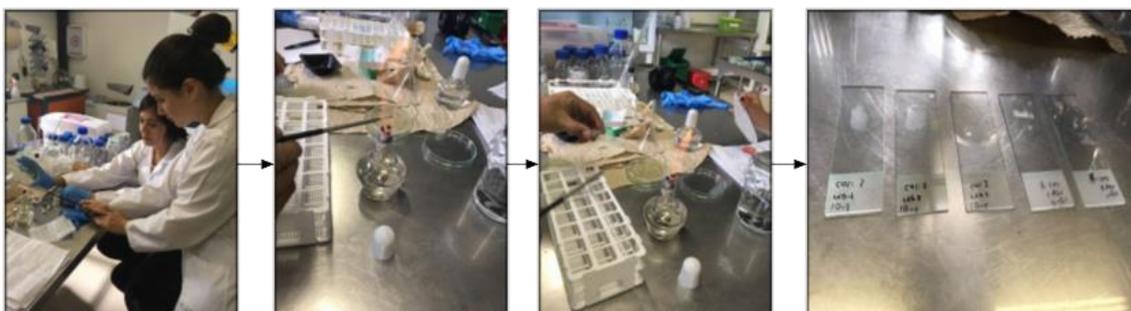


Figura 24. Procedimiento para la resiembra.

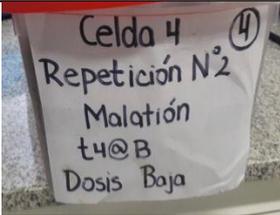
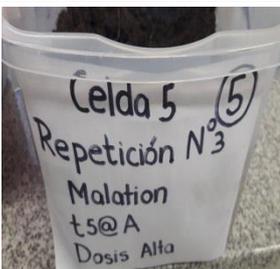
## 4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1. RESULTADOS

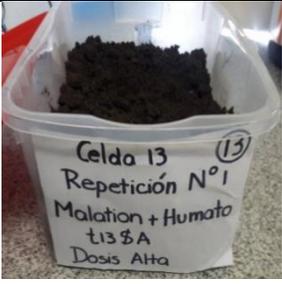
En el laboratorio de la Universidad de Las Américas se realizaron los análisis de las propiedades químicas y biológicas de los 24 tratamientos en los días 0, 8, 16 y 30. Añadiendo a los resultados de esta investigación se evidenció que los tratamientos que contenían humato presentaron el desarrollo de 1 a 3 plantas en sus celdas experimentales como se evidencia en la tabla 18.

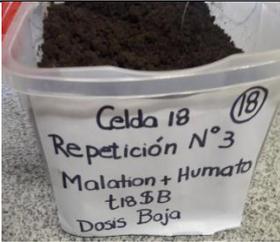
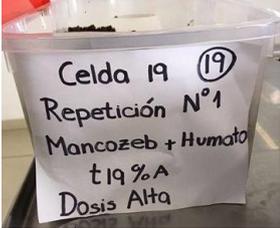
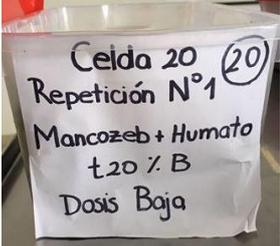
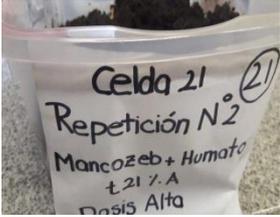
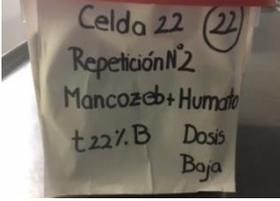
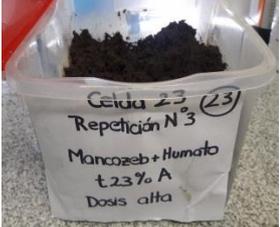
Tabla 18.

Número de plantas germinadas en cada uno de los tratamientos de la investigación.

Tratamiento	Número de plantas	Evidencia fotográfica
<u>t0</u>	5	
<u>t1@A</u>	0	 
<u>t2@B</u>	1	 
<u>t3@A</u>	0	 
<u>t4@B</u>	1	 
<u>t5@A</u>	0	 

<u>t6#B</u>	0		
<u>t7#A</u>	1		
<u>t8#B</u>	1		
<u>t9#A</u>	0		
<u>t10#B</u>	0		
<u>t11#A</u>	0		

<u>t12#B</u>	1	 <p>Celda 12 (12) Repetición N°3 Mancozeb t12 #B Dosis Baja</p>	
<u>t13\$A</u>	2	 <p>Celda 13 (13) Repetición N°1 Malation + Humato t13 \$A Dosis Alta</p>	
<u>t14\$B</u>	2	 <p>Celda 14 (14) Repetición N°1 Malation + Humato t14 \$B Dosis Baja</p>	
<u>t15\$A</u>	2	 <p>Celda 15 (15) Repetición N°2 Malation + Humato t15 \$A Dosis Alta</p>	
<u>t16\$B</u>	1	 <p>Celda 16 (16) Repetición N°2 Malation + Humato t16 \$B Dosis Baja</p>	
<u>t17\$A</u>	2	 <p>Celda 17 (17) Repetición N°3 Malation + Humato t17 \$A Dosis Alta</p>	

<u>t18%B</u>	3		
<u>t19%A</u>	1		
<u>t20%B</u>	2		
<u>t21%A</u>	1		
<u>t22%B</u>	3		
<u>t23%A</u>	2		
<u>t24%B</u>	3		

Nota: La mayor cantidad de plantas germinadas son en los tratamientos con humato y a dosis baja de plaguicidas.

A continuación, se presentan los valores obtenidos, describiendo el significado de estos para el suelo.

#### **4.1.1. Parámetros controlados de las propiedades químicas**

##### **4.1.1.1. Potencial de hidrógeno**

Los resultados obtenidos están expresados en la figura 25; siendo el valor inicial del pH obtenido al día 0 del suelo virgen de 7 por lo tanto es un pH neutro. En general, en los 12 tratamientos sin humato se presentó una concentración de pH con tendencia menor a 7 convirtiéndose en muestras acidificantes y no alcanzaron a estabilizar el valor del pH en una escala cercana a la neutralidad; cabe recalcar que en los siguientes 12 tratamientos que se añadió el humato la disminución del pH fue ligera y durante la experimentación alcanzó valores cercanos a la neutralidad. Estos valores se pueden observar, mayores detalles se pueden observar en el anexo 1.

Los parámetros de proceso evaluados durante las pruebas tales como pH, se mantuvieron dentro de los valores ideales para procesos de biorremediación que fluctúan entre 5,5, y 6,5 (Bardgett R., 2005, p. 22); según el análisis estadístico no influyó en las pruebas experimentales.

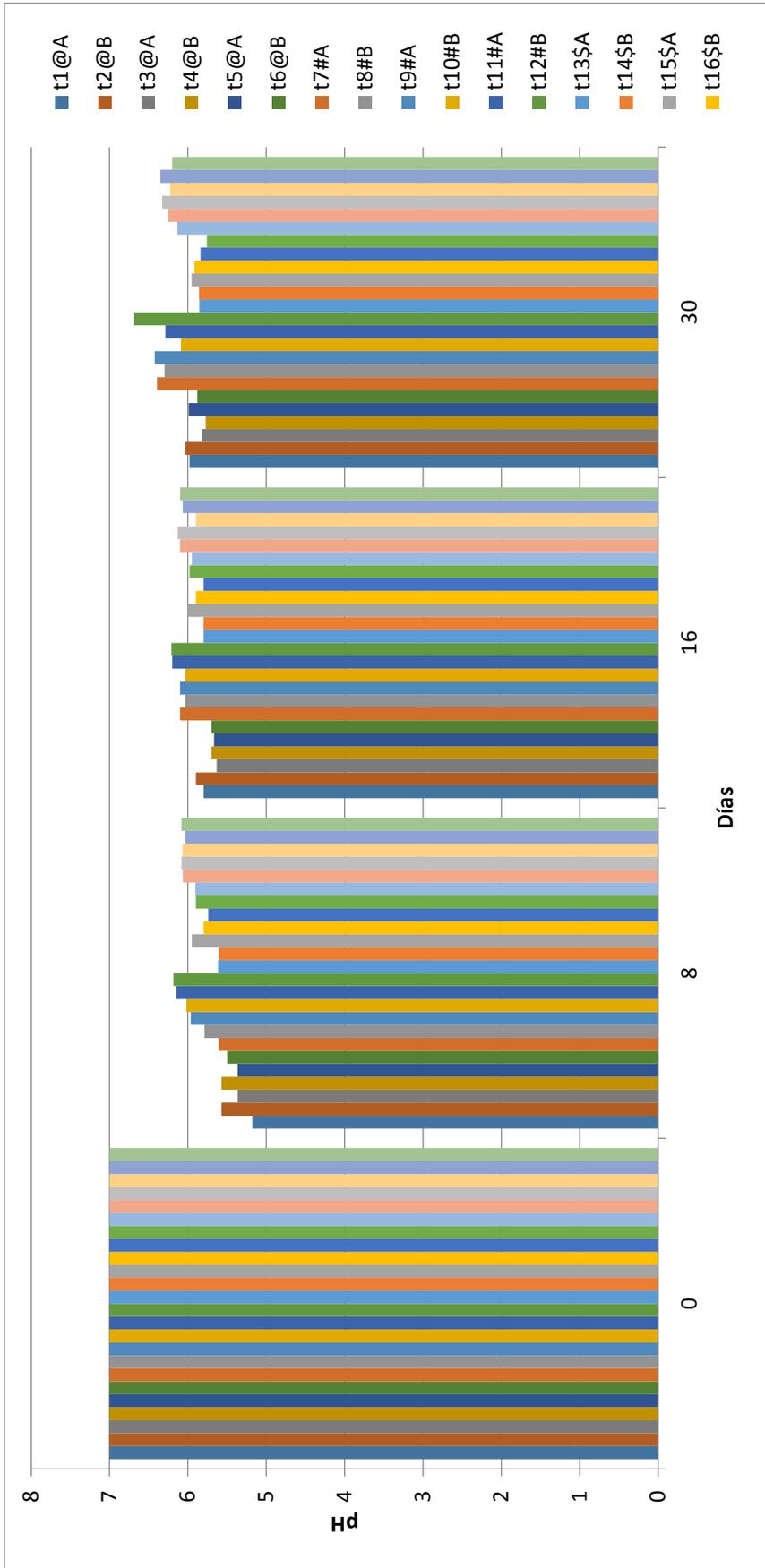


Figura 25. Resultados obtenidos de pH en sus respectivos días de medición.

#### 4.1.1.2. Conductividad eléctrica

El valor inicial de conductividad eléctrica (CE) obtenido al día 0 del suelo virgen fue de 1,7 mS/cm siendo este una CE muy baja dando la posibilidad de que los cultivos sensibles puedan desarrollarse, en general, en los 12 tratamientos sin humato se presentó un valor de CE entre 6 a 17 mS/cm, es decir apta para cultivos moderadamente tolerantes a la salinidad; cabe recalcar que en los siguientes 12 tratamientos que se añadió el humato el valor de CE se encuentra entre 1,8 a 13,4 siendo aptos para cultivos moderadamente sensibles a la salinidad (Porta, López, Poch, 2011, p. 283). Estos valores se pueden observar claramente en la tabla 19.

Tabla 19.

*Resultados del análisis de conductividad eléctrica.*

		Repetición	Tratamiento	Día	Conductividad eléctrica (mS/cm)
Plaguicida 1 (MALATIÓN)	Sin humato	1	<u>t1@A</u>	0	1,7
				8	15,20
				16	16,75
				30	17,75
			<u>t2@B</u>	0	1,7
				8	7,12
				16	9,70
				30	11,70
		2	<u>t3@A</u>	0	1,7
				8	15,14
				16	15,60
				30	16,60
<u>t4@B</u>	0		1,7		
	8		8,12		
	16		9,72		
	30		10,72		
3	<u>t5@A</u>	0	1,7		
		8	16,11		
		16	16,56		
		30	17,56		
	<u>t6@B</u>	0	1,7		
		8	7,10		

				16	8,58
				30	9,58
Plaguicida 2 (MANCOZEB)	Sin humato	1	<u>t7#A</u>	0	1,7
				8	14,11
				16	15,58
				30	16,32
		<u>t8#B</u>	0	1,7	
			8	6,13	
			16	7,63	
			30	10,63	
		2	<u>t9#A</u>	0	1,7
				8	14,11
				16	14,69
				30	15,39
	<u>t10#B</u>		0	1,7	
			8	6,10	
			16	8,62	
			30	9,62	
3	<u>t11#A</u>	0	1,7		
		8	15,11		
		16	15,64		
		30	16,64		
	<u>t12#B</u>	0	1,7		
		8	6,10		
		16	7,66		
		30	9,66		
Plaguicida 1 (MALATIÓN)	Con humato	1	<u>t13\$A</u>	0	1,7
				8	5,17
				16	8,73
				30	9,73
		<u>t14\$B</u>	0	1,7	
			8	1,85	
			16	2,22	
			30	3,22	
	2	<u>t15\$A</u>	0	1,7	
			8	6,16	
			16	7,17	
			30	9,17	
		<u>t16\$B</u>	0	1,7	
			8	3,15	
			16	3,32	

				<b>30</b>	4,32		
		<b>3</b>	<u>t17\$A</u>	<b>0</b>	1,7		
				<b>8</b>	6,17		
				<b>16</b>	9,36		
				<b>30</b>	13,36		
			<u>t18\$B</u>	<b>0</b>	1,7		
				<b>8</b>	2,16		
				<b>16</b>	3,18		
				<b>30</b>	4,18		
<b>Plaguicida 2 (MANCOZEB)</b>	<b>Con humato</b>	<b>1</b>	<u>t19%A</u>	<b>0</b>	1,7		
				<b>8</b>	6,16		
				<b>16</b>	7,20		
				<b>30</b>	11,20		
					<u>t20%B</u>	<b>0</b>	1,7
						<b>8</b>	2,15
						<b>16</b>	3,24
						<b>30</b>	4,24
				<b>2</b>	<u>t21%A</u>	<b>0</b>	1,7
						<b>8</b>	8,18
						<b>16</b>	11,38
						<b>30</b>	12,38
					<u>t22%B</u>	<b>0</b>	1,7
						<b>8</b>	3,19
						<b>16</b>	4,20
						<b>30</b>	5,20
				<b>3</b>	<u>t23%A</u>	<b>0</b>	1,7
						<b>8</b>	9,20
						<b>16</b>	11,27
						<b>30</b>	12,27
					<u>t24%B</u>	<b>0</b>	1,7
						<b>8</b>	3,18
						<b>16</b>	4,36
						<b>30</b>	4,96

#### 4.1.1.3. Materia orgánica

El porcentaje inicial de materia orgánica obtenido al día 0 del suelo virgen fue 31,05% demostrando así que es un horizonte de suelo orgánico, en general, en los 12 tratamientos sin humato se presentó un porcentaje entre 10,5 a 17,5%, por ende disminuyó representativamente el porcentaje de materia orgánica;

cabe recalcar que en los siguientes 12 tratamientos que se añadió el humato el porcentaje de materia orgánica se encuentra entre 18 a 29%, es decir que se aproximan a un horizonte orgánico (Otiniano A., Florián L., Sevillano R., Amez S., 2006). Estos valores se pueden observar claramente en la tabla 19. Los resultados obtenidos corroboran la información de varios investigadores que han descubierto los efectos inhibitorios de los plaguicidas sobre las tasas de descomposición de la materia orgánica y mineralización en los diferentes ecosistemas (Perfect, 1981; Pimentel y Warneke, 1998 y Santos y Whitford, 1981). Además los plaguicidas en estudio son capaces de disminuir significativamente el total de carbono, nitrógeno y materia orgánica de suelo durante los primeros 30 días en el período de incubación del agrotóxico, ya que la materia orgánica es una de las propiedades más críticas del suelo que afecta su calidad, productividad y la emisión de gases traza a la atmósfera (Sukul, 2006).

Tabla 20.  
*Resultados del análisis de materia orgánica.*

		Repetición	Tratamiento	Día	Materia orgánica (%)
<b>Plaguicida 1 (MALATIÓN)</b>	<b>Sin humato</b>	<b>1</b>	<u>t1@A</u>	<b>0</b>	31,05
				<b>8</b>	15,39
				<b>16</b>	16,59
				<b>30</b>	13,91
			<u>t2@B</u>	<b>0</b>	31,05
				<b>8</b>	17,29
				<b>16</b>	17,29
				<b>30</b>	18,81
		<b>2</b>	<u>t3@A</u>	<b>0</b>	31,05
				<b>8</b>	14,64
				<b>16</b>	17,29
				<b>30</b>	17,69
			<u>t4@B</u>	<b>0</b>	31,05
				<b>8</b>	12,56
				<b>16</b>	11,52
<b>30</b>	13,05				
<b>3</b>	<u>t5@A</u>	<b>0</b>	31,05		
		<b>8</b>	15,52		

				16	14,17		
				30	16,64		
			<u>t6#B</u>	0	31,05		
				8	12,88		
				16	13,85		
				30	14,41		
Plaguicida 2 (MANCOZEB)	Sin humato	1	<u>t7#A</u>	0	31,05		
				8	15,64		
				16	14,66		
				30	16,17		
				<u>t8#B</u>	0	31,05	
					8	11,52	
					16	12,17	
					30	13,93	
			2	<u>t9#A</u>	0	31,05	
						8	11,08
						16	12,29
					30	14,41	
				<u>t10#B</u>	0	31,05	
					8	15,52	
			16		16,32		
	3	<u>t11#A</u>	16	13,17			
				30	13,17		
				0	31,05		
			<u>t12#B</u>	8	10,62		
				16	10,80		
				30	11,49		
			0	31,05			
			8	16,92			
			16	16,73			
			30	17,29			
Plaguicida 1 (MALATIÓN)	Con humato	1	<u>t13\$A</u>	0	31,05		
				8	19,29		
				16	22,76		
				30	23,41		
				<u>t14\$B</u>	0	31,05	
					8	24,41	
					16	25,08	
					30	28,81	
	2	<u>t15\$A</u>	0	31,05			
				8	21,85		
				16	23,76		

				<b>30</b>	24,29		
			<u>t16\$B</u>	<b>0</b>	31,05		
				<b>8</b>	25,85		
				<b>16</b>	27,76		
				<b>30</b>	28,29		
		<b>3</b>	<u>t17\$A</u>	<b>0</b>	31,05		
				<b>8</b>	24,41		
				<b>16</b>	22,56		
				<b>30</b>	21,29		
			<u>t18\$B</u>	<b>0</b>	31,05		
				<b>8</b>	26,41		
				<b>16</b>	25,82		
				<b>30</b>	28,81		
<b>Plaguicida 2 (MANCOZEB)</b>	<b>Con humato</b>	<b>1</b>	<u>t19%A</u>	<b>0</b>	31,05		
				<b>8</b>	21,29		
				<b>16</b>	23,05		
				<b>30</b>	23,29		
					<u>t20%B</u>	<b>0</b>	31,05
						<b>8</b>	27,29
						<b>16</b>	25,49
						<b>30</b>	26,17
				<b>2</b>	<u>t21%A</u>	<b>0</b>	31,05
						<b>8</b>	20,42
						<b>16</b>	21,96
						<b>30</b>	22,29
					<u>t22%B</u>	<b>0</b>	31,05
						<b>8</b>	27,29
						<b>16</b>	28,86
						<b>30</b>	29,41
				<b>3</b>	<u>t23%A</u>	<b>0</b>	31,05
						<b>8</b>	21,73
						<b>16</b>	22,44
						<b>30</b>	24,17
					<u>t24%B</u>	<b>0</b>	31,05
						<b>8</b>	27,52
						<b>16</b>	28,12
						<b>30</b>	29,29

#### **4.1.1.4. Temperatura**

Los resultados obtenidos de este parámetro se encuentran representados en la figura 26; siendo el valor inicial de la temperatura obtenida al día 0 del suelo virgen fue de 21,3 °C; en general, los 24 tratamientos después de iniciar la fase experimental presentaron una disminución de la temperatura, la misma que no fue representativa para demostrar un cambio drástico en los tratamientos evaluados (AgroEs, 2015). La temperatura se mantuvo entre los 20 y 21 grados, la misma que coincidió con las condiciones del laboratorio de la universidad y que según el análisis estadístico no influyó en las pruebas experimentales. Mayores detalles pueden observar en el anexo 2.

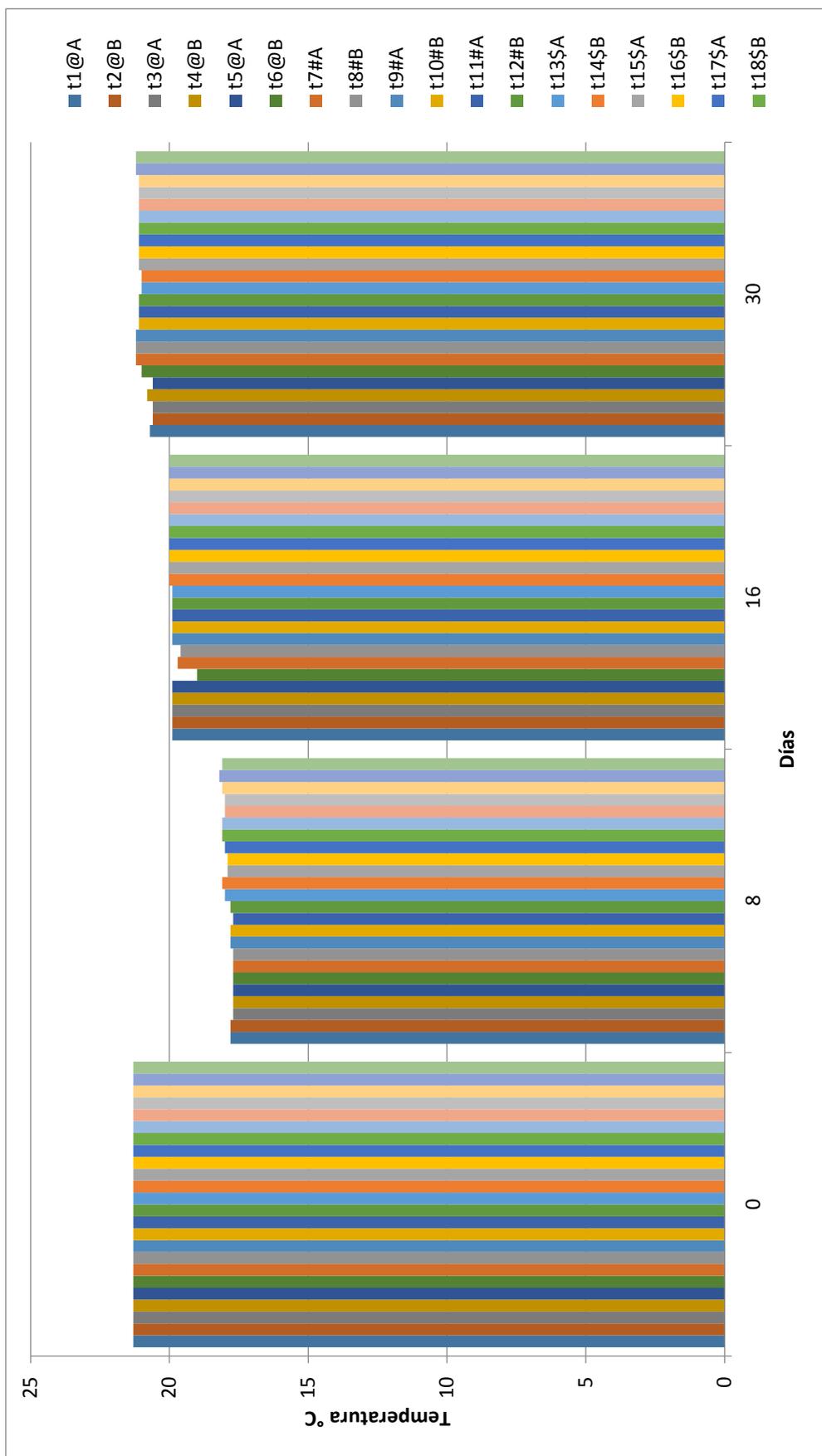


Figura 26. Resultados obtenidos de temperatura en sus respectivos días de medición.

#### **4.1.2. Parámetros controlados de las propiedades biológicas**

Para evaluar el efecto de los plaguicidas sobre la diversidad microbiana edáfica se realizaron siembras en medio sólido, conforme a la metodología estandarizada descrita en el capítulo dos de metodología; obteniéndose los siguientes resultados en cuanto a la diversidad morfológica microbiana:

##### **Disminución de la diversidad microbiana**

Las pruebas experimentales confirman la hipótesis planteada en la presente investigación, en relación al efecto negativo de los plaguicidas sobre la diversidad microbiana edáfica. Corroborando la información que los plaguicidas en estudio dañan a los microorganismos autóctonos del suelo, alteraran el ecosistema de esta matriz ambiental y disminuyen la diversidad microbiana (Ingram, 2005; Niewiadomska, 2004 y Wang, 2006).

De la diversidad microbiana inicial identificada en suelos sin afectación de plaguicidas, de cinco cepas bacterianas quedaron al final solo dos, sin embargo, su número aumentó sustancialmente, tal como se puede apreciar en las tablas 21 y 22 en tanto que la diversidad fúngica aumentó en diversidad. Algunas bacterias utilizan plaguicidas como una fuente de nutrientes y energía para seguir multiplicándose, mientras que para otras bacterias puede ser tóxico y las elimina (Johnsen, 2001). Cabe recalcar que en ciertas ocasiones las aplicaciones de estos agroquímicos en estudio son capaces de reducir la diversidad microbiana pero incrementan la función de multiplicación de los microorganismos (Wang, 2006).

Todas las cepas bacterianas identificadas resultaron Gram positivas en la investigación realizada, esto tiene relación con lo que mencionó el investigador Wang cuando realizó un experimento para evaluar los efectos del plaguicida methamidophos, durante cuatro años en las propiedades biológicas del suelo y genéticas de las comunidades microbianas; que obtuvieron resultados en los que el plaguicida aumentó la biomasa microbiana total de las bacterias Gram-

positivas y la actividad catabólica en las bacterias Gram-negativas no tuvo efectos por ende disminuyeron drásticamente (Wang, 2006).

En la investigación no se efectuó la identificación bioquímica de los microorganismos aislados, por limitaciones y restricciones legales de permisos de la autoridad competente ambiental, tan solo se limitó a evaluar la dinámica de su crecimiento bajo el influjo de los plaguicidas, constatando su presencia y ausencia antes y después de las pruebas experimentales.

### Colonias fúngicas, descripción (SUELO VIRGEN)

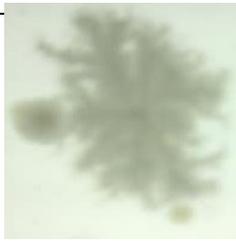
Tabla 21.

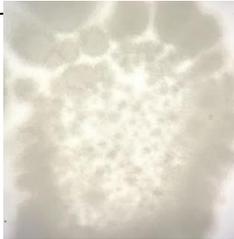
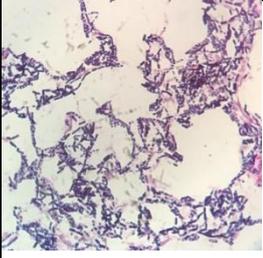
*Descripción y características de las colonias fúngicas del suelo virgen antes de la experimentación.*

N <sup>o</sup>	Tratamiento	Colonia	Color	Tamaño	Borde	Evidencia fotográfica (100X)
1	Suelo virgen antes de la experimentación.	Hongo	Café verdoso	Pequeños y medianos en gran cantidad.	Lanceoladas y lisas.	
2	Suelo virgen antes de la experimentación.	Hongo	Grisáceo amarillento	Mancha mediana.	Lanceolados irregulares.	

### Colonias Microbianas descripción (SUELO VIRGEN)

Tabla 22.  
Descripción y características de las colonias bacterianas del suelo virgen antes de la experimentación

Nº	Tratamiento	Colonia	Color	Tamaño	Borde	Evidencia fotográfica (100X)	Gram (+ o -)	Célula	Evidencia fotográfica (100X)
1	Suelo virgen antes de la experimentación.	Bacteria redonda	Amarillo verdoso	Mediano	Regular con anillos concéntricos		Gram +	Clostridio	
2	Suelo virgen antes de la experimentación.	Bacteria	Amarillo verdoso	Mediano	Fibrosas irregulares.		Gram +	Bacilos esporulados	

3	Suelo virgen antes de la experimentación.	Bacteria	Grisáceo amarillento	Mediano	Lobulados irregulares.		Gram +	Estreptococos esporulados	
4	Suelo virgen antes de la experimentación.	Bacterias ovaladas	Amarillo verdoso	Pequeño	regular nuclear		Gram +	Estreptococos	
5	Suelo virgen antes de la experimentación.	Bacteria redonda	Amarillo verdoso	Mediano	Filamentoso irregular.		Gram +	Diplococos	

Al final de la fase experimental se realizó el conteo y la identificación de la diversidad microbiana remanente, obteniéndose los siguientes resultados:

### Colonias fúngicas, descripción (SUELO CONTAMINADO)

Tabla 23.

*Descripción y características de las colonias fúngicas del suelo contaminado dosis altas y bajas plaguicida 1 (malatión) y 2 (mancozeb).*

Nº	Tratamiento	Colonia	Color	Tamaño	Borde	Evidencia fotográfica (100X)
1	Suelo contaminado dosis alta y baja plaguicida 1 (malatión).	Hongo cuneiforme	Amarillo verdoso	Mediano.	Liso irregular.	
2	Suelo contaminado dosis alta y baja plaguicida 1 (malatión).	Hongo redonda	Amarillo verdoso	Mediano.	Lanceolado irregular.	
3	Suelo contaminado dosis altas y bajas plaguicida 1 (malatión).	Hongo redonda	Amarillo verdoso	Mediano.	Lanceolado irregular.	
4	Suelo contaminado dosis altas y bajas plaguicida 2 (mancozeb).	Hongo	Grisáceo	Mancha mediana.	Lanceolado irregular.	

5	Suelo contaminada dosis alta y baja plaguicida 2 (mancozeb).	Hongo redonda	Amarillo verdoso.	Mediano.	Liso	
6	Suelo contaminado dosis altas y bajas plaguicida 2 (mancozeb).	Hongo	Grisáceo verdoso.	Mediano.	Lanceolado irregular.	

### Colonias Microbianas descripción (SUELO CONTAMINADO)

Tabla 24. Descripción y características de las colonias bacterianas del suelo contaminado dosis altas y bajas plaguicida 1 (malatión) y 2 (mancozeb).

Nº	Tratamiento	Colonia	Color	Tamaño	Borde	Evidencia fotográfica (100X)	Gram (+ o -)	Célula	Evidencia fotográfica (100X)
1	Suelo contaminado dosis alta y baja plaguicida 1 (malatión).	Bacteria	Verdoso	Pequeño	Lanceolados irregulares.		Gram +	Estreptobacilos esporulados	
2	Suelo contaminado dosis alta y baja plaguicida 2 (mancozeb).	Bacteria	Amarillo verdoso	Mediano	Lanceolados irregulares.		Gram +	Estreptobacilos	

#### 4.1.2.1. Número total de conteo de unidades formadoras de colonia (UFCs)

Dando al cumplimiento al objetivo del estudio de investigación, se realizó una siembra de una muestra de suelos originales previo al inicio de la fase experimental; la siembra se realizó mediante la metodología de diluciones en placa en medio sólido, obteniéndose los siguientes resultados una media de 430 UFCs y una diversidad morfológica de 4 colonias.

A partir de este análisis inicial de cada celda experimental se tomaron alícuotas y siguiendo la misma metodología se realizó el conteo de UFCs para evidenciar el efecto de los plaguicidas (malatión y mancozeb) sobre el número y diversidad microbiana de los suelos experimentales. El conteo de UFCs se realizó los días 0, 8, 16 y 30 obteniéndose los siguientes resultados en la tabla 25.

Tabla 25.

*Resultados del análisis del conteo de unidades formadoras de colonia (UFCs).*

		Repetición	Tratamiento	Día	N° total de conteo	N° de colonias
<b>Plaguicida 1 (MALATIÓN)</b>	<b>Sin humato</b>	<b>1</b>	<u>t1@A</u>	<b>0</b>	430	4
				<b>8</b>	420	3
				<b>16</b>	92	2
				<b>30</b>	40	2
		<b>2</b>	<u>t2@B</u>	<b>0</b>	430	4
				<b>8</b>	372	3
				<b>16</b>	116	2
				<b>30</b>	72	2
		<b>3</b>	<u>t3@A</u>	<b>0</b>	430	4
				<b>8</b>	296	3
				<b>16</b>	96	2
				<b>30</b>	96	2
	<b>4</b>	<u>t4@B</u>	<b>0</b>	430	4	
			<b>8</b>	340	4	
			<b>16</b>	76	1	
			<b>30</b>	56	1	
<b>5</b>	<u>t5@A</u>	<b>0</b>	430	4		
		<b>8</b>	260	3		

				16	84	2
				30	60	2
			<u>t6@B</u>	0	430	4
				8	244	4
				16	120	1
				30	28	1
Plaguicida 2 (MANCOZEB)	Sin humato	1	<u>t7#A</u>	0	430	4
				8	332	2
				16	72	2
				30	40	1
			<u>t8#B</u>	0	430	4
				8	288	3
				16	64	2
				30	48	2
		2	<u>t9#A</u>	0	430	4
				8	236	3
				16	96	2
				30	32	2
			<u>t10#B</u>	0	430	4
				8	248	3
				16	100	2
				30	16	1
3	<u>t11#A</u>	0	430	4		
		8	188	3		
		16	104	2		
		30	8	1		
	<u>t12#B</u>	0	430	4		
		8	72	2		
		16	68	2		
		30	20	2		
Plaguicida 1 (MALATIÓN)	Con humato	1	<u>t13\$A</u>	0	430	4
				8	200	3
				16	80	2
				30	8	2
			<u>t14\$B</u>	0	430	4
				8	188	3
				16	144	2
				30	184	2
		2	<u>t15\$A</u>	0	430	4
				8	156	3
				16	100	1
				30	148	2
			<u>t16\$B</u>	0	430	4
				8	140	3
				16	104	1

				<b>30</b>	176	2		
		<b>3</b>	<u>t17\$A</u>	<b>0</b>	430	4		
				<b>8</b>	288	3		
				<b>16</b>	188	1		
				<b>30</b>	192	2		
			<u>t18\$B</u>	<b>0</b>	430	4		
				<b>8</b>	168	2		
				<b>16</b>	132	2		
				<b>30</b>	152	2		
<b>Plaguicida 2 (MANCOZEB)</b>	<b>Con humato</b>	<b>1</b>	<u>t19%A</u>	<b>0</b>	430	4		
				<b>8</b>	168	2		
				<b>16</b>	140	2		
				<b>30</b>	168	2		
					<u>t20%B</u>	<b>0</b>	430	4
						<b>8</b>	272	2
						<b>16</b>	176	1
						<b>30</b>	120	1
				<b>2</b>	<u>t21%A</u>	<b>0</b>	430	4
						<b>8</b>	264	2
						<b>16</b>	192	2
						<b>30</b>	144	2
					<u>t22%B</u>	<b>0</b>	430	4
						<b>8</b>	160	3
						<b>16</b>	140	1
						<b>30</b>	228	2
				<b>3</b>	<u>t23%A</u>	<b>0</b>	430	4
						<b>8</b>	188	2
						<b>16</b>	184	1
						<b>30</b>	148	1
					<u>t24%B</u>	<b>0</b>	430	4
						<b>8</b>	216	2
						<b>16</b>	156	1
						<b>30</b>	200	1

## 4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### 4.2.1. Significancia de las variables

El ANOVA nos arrojó niveles de significancia muy altos para las variables dependientes de pH, temperatura y número de colonias, estas se encuentran superiores al nivel de significancia del 0.05, por ende, estas variables tienen

medias iguales, concluyendo de esta manera que no hay diferencias significativas en las diferentes combinaciones del factor. Haciendo mención a la variable logaritmo de número de colonias UFCs tiene un valor poco significativo pudiéndose demostrar que existe una tendencia marcada en el tiempo, por ende en pruebas experimentales que superen los treinta días se deberían obtener un valor significativo. Las variables materia orgánica y conductividad eléctrica son significativas para el experimento.

El ANOVA es una prueba que se fundamenta en el análisis de variación de todos los valores obtenidos en relación a una media total, que bajo las medias de cada grupo son iguales, para esto se mide la variación de cada muestra para cada factor como se puede apreciar en la tabla 26.

Tabla 26.

*Resumen de los valores de ANOVA obtenidos de las propiedades químicas y biológicas.*

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>pH</b>	Inter-grupos	1,956	7	,279	1,067	,392
	Intra-grupos	23,054	88	,262		
	Total	25,010	95			
<b>Temperatura</b>	Inter-grupos	,916	7	,131	,066	1,000
	Intra-grupos	173,999	88	1,977		
	Total	174,915	95			
<b>Conductividad</b>	Inter-grupos	1060,922	7	151,560	8,651	,000
	Intra-grupos	1541,707	88	17,519		
	Total	2602,630	95			
<b>Materia orgánica</b>	Inter-grupos	2122,751	7	303,250	6,917	,000
	Intra-grupos	3857,886	88	43,840		

	Total	5980,637	95			
<b>Logaritmo número de conteos</b>	Inter-grupos	7,210	7	1,030	1,302	,259
	Intra-grupos	69,630	88	,791		
	Total	76,840	95			
<b>Número de colonias</b>	Inter-grupos	2,906	7	,415	,341	,933
	Intra-grupos	107,083	88	1,217		
	Total	109,990	95			

Nota: La variación Intra-grupos se caracteriza por calcular la difusión de los datos obtenido de cada una de las variables analizadas con relación a sus respectivas medias; mientras que, la variación Inter-grupos se caracteriza por calcular la difusión de las medias de todas las variables analizadas con relación a la media total.

#### 4.2.2. Gráficos de medias obtenidos por el programa estadístico

En las figuras 27 y 28 se muestra una tendencia de medias iguales para el pH y temperatura en los tratamientos más significativos producto del programa SPSS, con lo que se concluye que en el ANOVA se obtuvieron valores mayores de 0.05 por ende no son variables significativas para la experimentación.

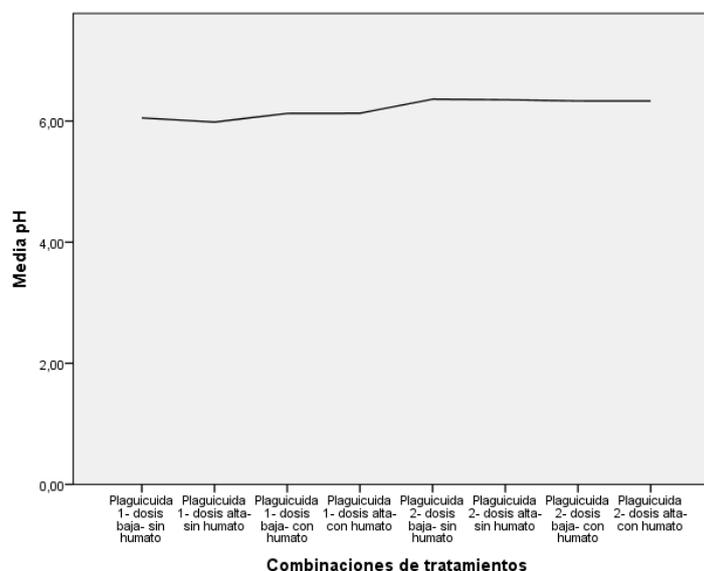


Figura 27. Variación del pH en los tratamientos significativos durante la experimentación que fueron producto del programa SPSS.

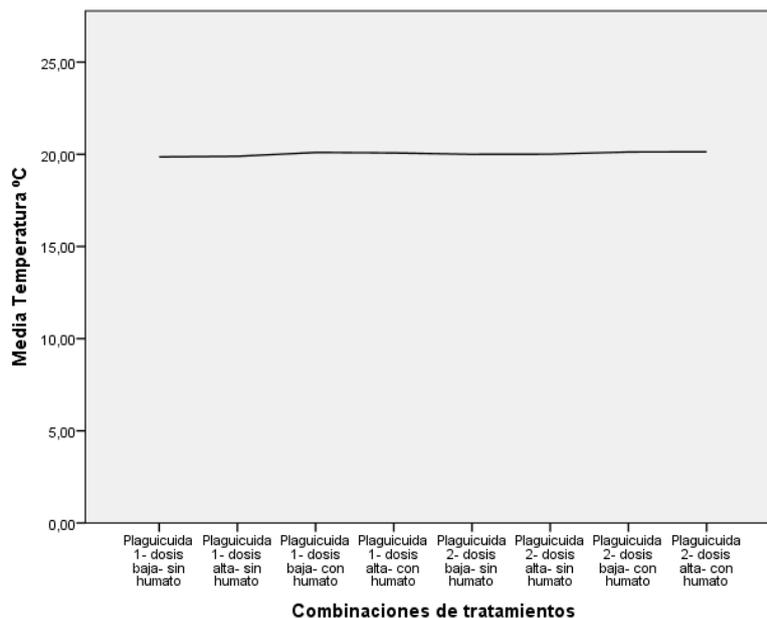


Figura 28. Variación de la temperatura en los tratamientos significativos durante la experimentación que fueron producto del programa SPSS.

En las figuras 29 y 30 se muestra como varían las medias entre cada una de las combinaciones del factor, en los tratamientos más significativos producto del programa SPSS, con lo que se concluye que en el ANOVA se obtuvieron valores menores a 0.05 por ende se encuentran diferencias significativas para conductividad eléctrica y materia orgánica

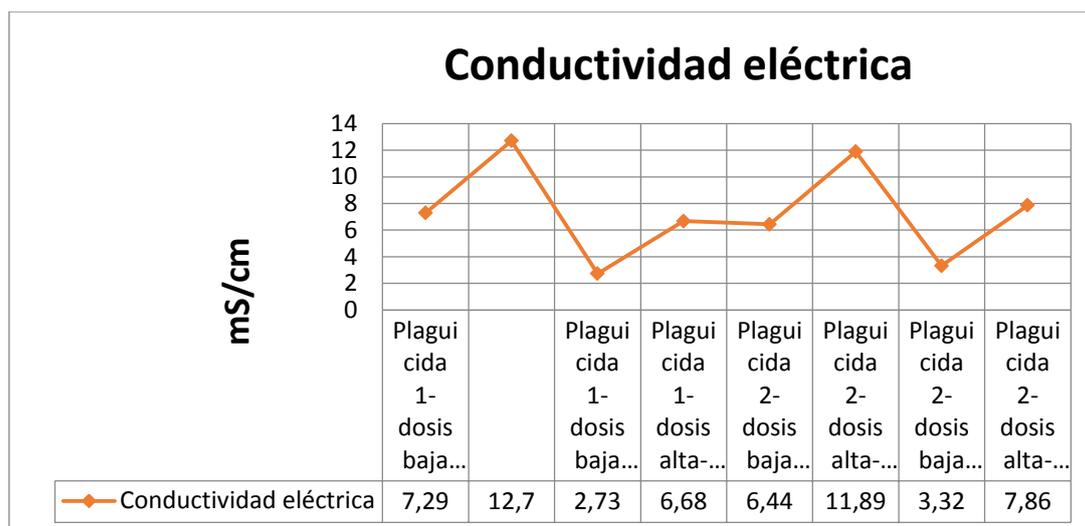
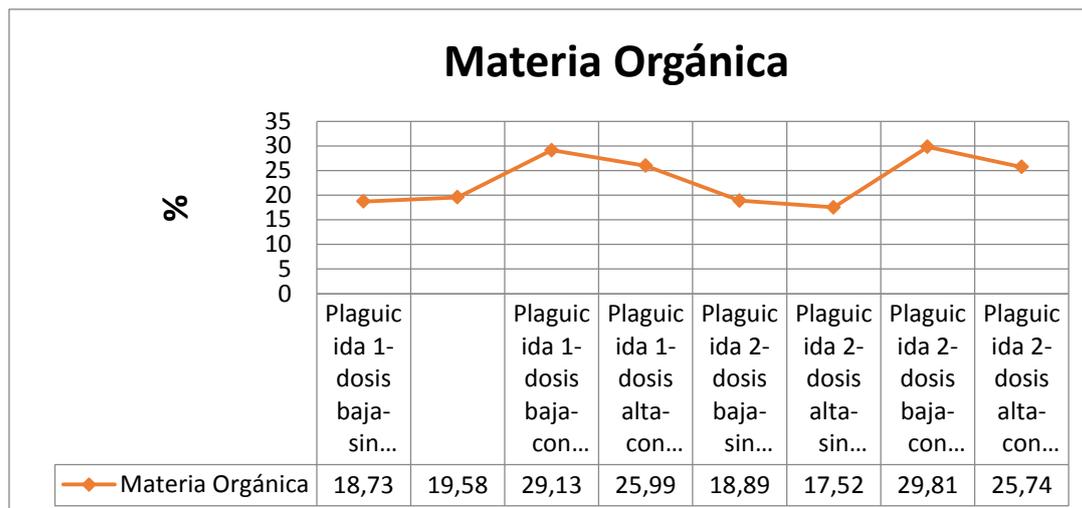


Figura 29. Variación de la conductividad eléctrica durante los 30 días de experimentación producto del programa SPSS.



*Figura 30.* Variación de la materia orgánica durante los 30 días de experimentación producto del programa SPSS.

#### 4.2.3. Pruebas Post-Hoc y DMS

Posteriormente se determinó la presencia de desigualdades entre las distintas combinaciones de factores con las variables que se midieron arrojando valores de significancia altos, que fueron conductividad eléctrica y materia orgánica, por consiguiente, se realizó un análisis de pruebas Post-Hoc que permitió calcular las diferencias entre las interacciones de los niveles de factores. La prueba permitió evidenciar que tratamientos mantienen ciertas diferencias fue la Diferencia mínima de Fisher (DMS), añadiendo a esto se calculó una diferencia crítica para la comparación de los promedios y la construcción de intervalos de confianza se utilizó el estadístico F.

Para la conductividad eléctrica las siguientes interacciones presentan diferencias en la tabla 27, concluyendo que los tratamientos representativos durante la experimentación son aquellos que contienen humato tanto en dosis alta como baja del plaguicida 1 y 2, cabe recalcar que algunos tratamientos sin humato en dosis baja de plaguicida 1 y 2 también fueron arrojados por el programa como significantes, pero en una minoría.

Tabla 27.

*Interacciones de conductividad eléctrica que presentan diferencias significativas.*

Plaguicida 2- dosis baja- con humato	Plaguicida 1- dosis alta - sin humato
Plaguicida 2- dosis alta- con humato	Plaguicida 1- dosis baja- con humato
Plaguicida 1- dosis baja- sin humato	Plaguicida 2- dosis alta- sin humato
Plaguicida 2- dosis alta- sin humato	Plaguicida 2- dosis baja- con humato
Plaguicida 2- dosis baja- con humato	Plaguicida 1- dosis baja- con humato
Plaguicida 2- dosis alta- con humato	Plaguicida 1- dosis alta- con humato
Plaguicida 2- dosis baja- sin humato	Plaguicida 2- dosis baja- sin humato
Plaguicida 2- dosis alta- con humato	Plaguicida 2- dosis baja- con humato
Plaguicida 1- dosis alta - sin humato	Plaguicida 2- dosis alta- con humato
Plaguicida 1- dosis baja- con humato	Plaguicida 1- dosis alta- con humato
Plaguicida 1- dosis baja- con humato	Plaguicida 2- dosis baja- sin humato
Plaguicida 1- dosis baja- con humato	Plaguicida 2- dosis alta- sin humato
Plaguicida 1- dosis baja- con humato	Plaguicida 2- dosis alta- con humato
Plaguicida 1- dosis alta- con humato	Plaguicida 2- dosis alta- sin humato
Plaguicida 1- dosis alta- con humato	Plaguicida 2- dosis baja- con humato
Plaguicida 1- dosis alta- con humato	Plaguicida 2- dosis baja- con humato
Plaguicida 2- dosis baja- sin humato	Plaguicida 2- dosis baja- sin humato

Para la materia orgánica las siguientes interacciones presentan diferencias en la tabla 28, concluyendo que los tratamientos representativos durante la experimentación son aquellos que contienen humato tanto en dosis alta como baja del plaguicida 1 y 2, cabe recalcar que algunos tratamientos sin humato en dosis baja de plaguicida 1 y 2 también fueron arrojados por el programa como significantes, pero en una minoría.

Tabla 28.

*Interacciones de materia orgánica que presentan diferencias significativas.*

Plaguicida 1- dosis baja- sin humato	Plaguicida 1- dosis baja- con humato
Plaguicida 1- dosis baja- sin humato	Plaguicida 1- dosis alta- con humato
Plaguicida 1- dosis baja- sin humato	Plaguicida 2- dosis baja- con humato
Plaguicida 1- dosis baja- sin humato	Plaguicida 2- dosis alta- con humato
Plaguicida 2- dosis baja- con humato	Plaguicida 1- dosis baja- con humato
Plaguicida 2- dosis alta- con humato	Plaguicida 1- dosis alta- con humato
Plaguicida 2- dosis baja- con humato	Plaguicida 2- dosis baja- con humato
Plaguicida 2- dosis alta- con humato	Plaguicida 2- dosis alta- con humato
Plaguicida 1- dosis baja- con humato	Plaguicida 2- dosis baja- sin humato
Plaguicida 1- dosis baja- con humato	Plaguicida 2- dosis alta- sin humato
Plaguicida 1- dosis alta- con humato	Plaguicida 2- dosis baja- sin humato
Plaguicida 1- dosis alta- con humato	Plaguicida 2- dosis alta- sin humato
Plaguicida 2- dosis baja- sin humato	Plaguicida 2- dosis baja- sin humato

#### 4.2.4. Recuento de medias por variable dependiente y tratamiento

En la tabla 29 se resumen las combinaciones de tratamientos significativos arrojados por el programa SPSS, cabe recalcar que con la información recabada de las propiedades químicas y biológicas del suelo se puede deducir que los tratamientos ideales durante la experimentación fueron aquellos que contenían humato con los distintos plaguicidas (malatión y mancozeb) y dosis (alta y bajas), concluyendo de esta manera que el programa obtuvo una mayoría de combinaciones de tratamientos con humato y una minoría de tratamientos sin humato pero a dosis baja de plaguicida.

Tabla 29.

*Resumen de valores del recuento de medias por cada una de las variables dependientes y clase de tratamiento.*

	Combinaciones de tratamientos							
	Plaguicida 1-dosis baja-sin humato	Plaguicida 1-dosis alta-sin humato	Plaguicida 1-dosis baja-con humato	Plaguicida 1-dosis alta-con humato	Plaguicida 2-dosis baja-sin humato	Plaguicida 2-dosis alta-con humato	Plaguicida 2-dosis baja-con humato	Plaguicida 2-dosis alta-con humato
	Media							
pH	6,05	5,98	6,13	6,13	6,36	6,35	6,33	6,33
Temperatura	19,86	19,89	20,10	20,08	20,00	20,01	20,13	20,13
Conductividad eléctrica	7,29	12,70	2,73	6,68	6,44	11,89	3,32	7,86
Materia Orgánica	18,73	19,58	29,13	25,99	18,89	17,52	29,81	25,74

#### 4.2.5. Evaluación del humato

La parte más importante que se pudo demostrar con el análisis estadístico fue que el humato es aquel que produce diferencias significativas, por ende, los resultados estadísticos confirman el cumplimiento de la hipótesis.

Los resultados obtenidos del análisis ANOVA para los 3 tipos de factores (dosis, tipo de plaguicida y con-sin humato) que se utilizaron desde el inicio de la fase experimental, fue una clara significancia con la presencia del humato. Cabe mencionar que la intersección representa a la relación provocada para todos los factores (dosis, tipo de plaguicida y con-sin humato) cuyo valor es el resultado de la prueba estadística. Además, F indica el valor de la prueba estadística con la que se compara con su probabilidad para determinar si existe o no diferencia. Al hacer un análisis multivariado ANOVA se tomaron ciertas consideraciones o grados de libertad (GI de la hipótesis y GI del error) estos generalmente representan la cantidad de datos que se tiene, la cantidad de variables, y el valor de datos en cada subgrupo, estas fueron tomadas en cuenta para el diseño. Por último, Sig. representa a la significancia estadística siendo esta la probabilidad de que no existan diferencias entre sus medias, si esta es menor a 0,05 (valor estimado generalizado) se puede determinar una diferencia, caso contrario se dice que no existe diferencia en la combinación de factores; a continuación, se presenta la tabla 30 que representa lo expuesto.

El análisis multivariado indica que existe significancia para la interacción del modelo tanto como las interacciones que contienen humato, lo que nos quiere decir que la presencia de humato permite marcar diferencia entre los grupos de estudios de cada factor, contrastando con la interacción entre el plaguicida y la dosis que nos dan datos no significativos concluyendo que para todas sus combinaciones sin tomar en cuenta la presencia de humato estas no presentaran diferencias significativas.

Tabla 30.

*Resumen de valores del análisis multivariante de la varianza (ANOVA).*

<b>Contrastes multivariados<sup>a</sup></b>						
Efecto		Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	Traza de Pillai	,999	9297,673 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,000
	Lambda de Wilks	,001	9297,673 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,000
	Traza de Hotelling	672,121	9297,673 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,000
	Raíz mayor de Roy	672,121	9297,673 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,000
Plaguicida * Dosis	Traza de Pillai	,088	1,333 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,252
	Lambda de Wilks	,912	1,333 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,252
	Traza de Hotelling	,096	1,333 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,252
	Raíz mayor de Roy	,096	1,333 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,252
Plaguicida * Humato	Traza de Pillai	,268	5,057 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,000
	Lambda de Wilks	,732	5,057 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,000
	Traza de Hotelling	,366	5,057 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,000
	Raíz mayor de Roy	,366	5,057 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,000
Dosis * Humato	Traza de Pillai	,275	5,241 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,000
	Lambda de Wilks	,725	5,241 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,000
	Traza de Hotelling	,379	5,241 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,000
	Raíz mayor de Roy	,379	5,241 <sup>b</sup>	6,000	83,000	,000

Nota: Los valores marcados con \* representa la combinación de análisis de dos o más factores; mientras que el subíndice b esta letra indica a todos los valores estadísticos exactos.

#### **4.2.6. Tratamiento ideal**

De acuerdo con todas las pruebas realizadas en el programa estadístico SPSS, se obtuvo que los tratamientos ideales durante la experimentación fueron los que contenían plaguicida 1(mancozeb) y 2(malati3n), dosis baja con humato. Cabe recalcar que los tratamientos con los dos agrot3xicos a dosis alta con humato fueron significativos pero en una minoría.

En cuanto a los resultados obtenidos en las propiedades químicas y biológicas del suelo, los tratamientos con humato obtuvieron valores que se mantuvieron con una continuidad aceptable en el tiempo, mientras que los tratamientos sin humato obtuvieron resultados drásticos en la matriz suelo.

##### **4.2.6.1. Elaboración de recomendaciones técnicas para los agricultores del sector**

Se generó recomendaciones técnicas para los agricultores de la parroquia rural Puerto Lim3n, con los resultados obtenidos de los tratamientos ideales de la investigaci3n para el uso ecol3gico de los plaguicidas: malati3n para controlar la plaga de cochinilla harinosa (*Pseudococcidae*) y mancozeb para el control de la plaga de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*).

##### **4.2.6.2. Soluci3n ecol3gica para el uso de plaguicidas**

Los plaguicidas disminuyen la calidad del suelo y para recuperarlo se invertiría altas cantidades de dinero. Por lo tanto, se debería utilizar un agente bloqueador que te permitirá: reducir el consumo del plaguicida, proteger al suelo y ayudarlo para que se recupere más rápido. Los humatos son sales de ácidos húmicos y fúlvicos de Na y K, que ejecutan este trabajo porque inmovilizan a los residuos de pesticidas y facilitan su biodegradaci3n, reduciendo su toxicidad y movilidad ambiental; adicionalmente, actúan como agentes quelantes de microelementos (solubilizaci3n) y de metales pesados (precipitaci3n), contribuyendo a generar condiciones adecuadas para los

procesos naturales de formación y acumulación de materia orgánica y microorganismos necesarios para recuperar la fertilidad de los suelos (Tripura, Kummar y Verma, 2017).

#### 4.2.6.3. Maneras de aplicación

El producto puede ser aplicado conjuntamente con el plaguicida para potenciar al agroquímico y reducir su concentración o se lo puede aplicar de forma independiente para bloquear el efecto residual de los agrotóxicos.

#### 4.2.6.4. Dosis recomendada

Se confirmó la dosis de empleo mediante las pruebas realizadas y se lo debería utilizar en una solución para una bomba de 5 litros con las siguientes concentraciones: dosis baja (cuando hay pocas plantas afectadas) 10gr (plaguicida) + 5 cc de humato al 0,01% y dosis alta (cuando hay muchas plantas afectadas) 20gr (plaguicida) + 5 cc de humato al 0,01%; después de preparar se debería fumigar en la plantación de forma regular tomando en cuenta todas las medidas de seguridad. Se muestra en la figura 31.



Figura 31. Preparación de solución experimental.

#### 4.2.6.5. Frecuencia de uso

La frecuencia de uso debería coincidir con los ciclos productivos del cultivo, las actividades de manipulación y laboreo del suelo. Previo a la siembra y en la floración (evita la caída de las flores).

#### **4.2.6.6. Ventajas**

Con la implementación de maneras eficientes y económicas del uso de plaguicidas se evitaría que disminuya drásticamente la calidad del suelo y además el agricultor no tenga que invertir altas cantidades de dinero para recuperarlo. Disminución del consumo de pesticidas y una mayor eficiencia en el control de plagas con menor dosis.

#### **4.2.7. Relaciones de las propiedades químicas y biológicas**

##### **4.2.7.1. Materia orgánica vs conductividad eléctrica**

En los tratamientos sin humato, la materia orgánica descendió más del 50%, de 31,05 al 13,17%; en tanto que la conductividad creció en forma inversamente proporcional (dosis alta sin humato), desde 1.7 a 12,38 mS/cm, estos resultados pone en manifiesto el hecho de que la acción de los plaguicidas sobre la microbiota produce un incremento brusco del consumo de materia orgánica, y el incremento de sustancias cargadas, que incide sobre baja supervivencia de los microorganismos en la solución del suelo. Este comportamiento es similar a dosis bajas, tal como se ilustra en la figura 32.

En los tratamientos con humato, tanto a dosis bajas como a dosis altas, la tendencia es similar sin embargo no es tan pronunciada, luego de experimentar un descenso la materia orgánica se estabiliza, mostrando un ligero incremento, esto debido al carácter regulador de la conductividad de los humatos y a que estos mismos constituyen una fuente de materia orgánica, tal como se ve en la figura 33.

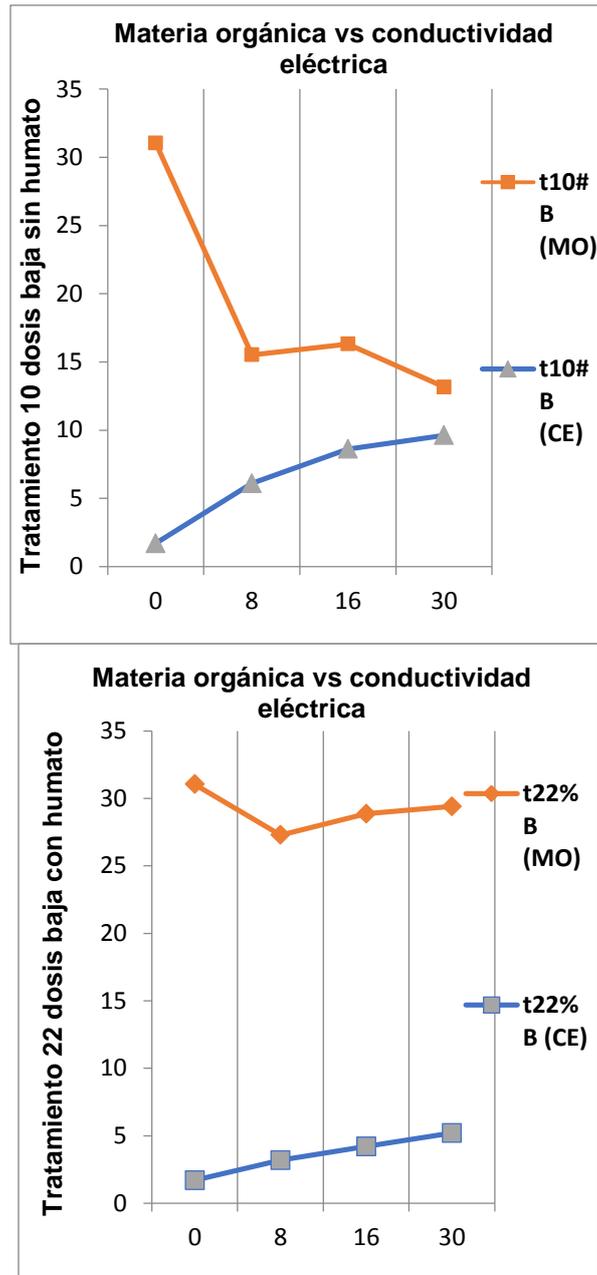


Figura 32. Variación de la materia orgánica y conductividad eléctrica en tratamientos con y sin humato a dosis baja de plaguicidas.

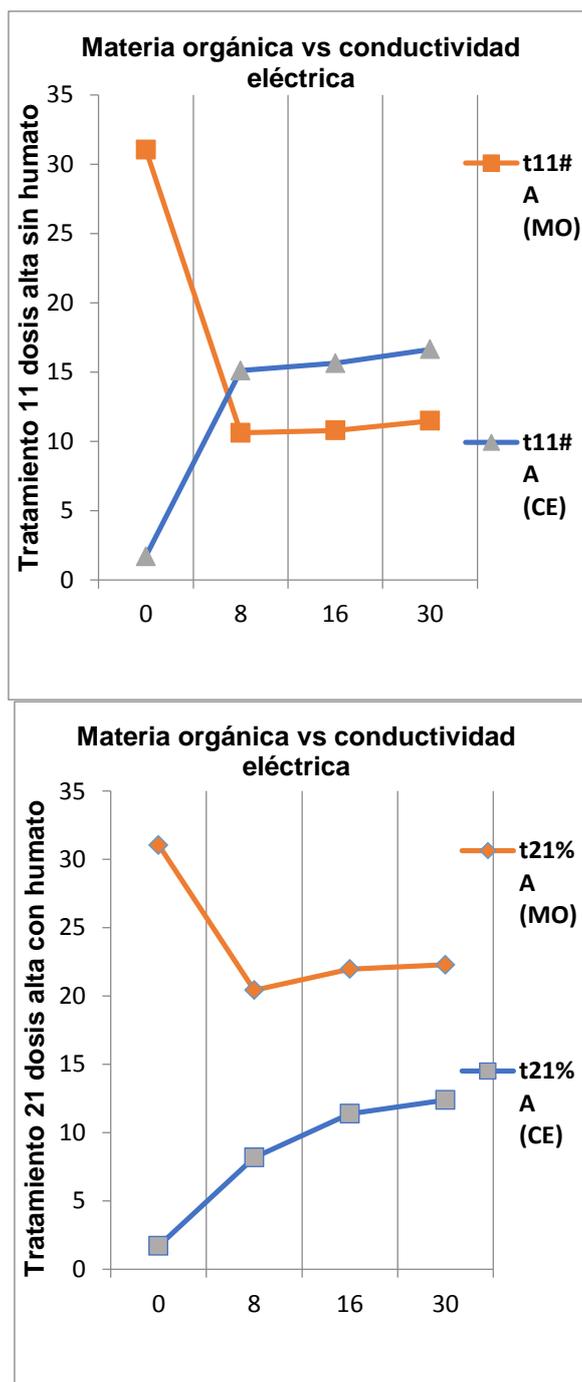


Figura 33. Variación de la materia orgánica y conductividad eléctrica en tratamientos con y sin humato a dosis alta de plaguicidas.

#### 4.2.7.2. Variación de logaritmo natural de UFCs vs el tratamiento sin humato

Estadísticamente en la figura 34 se pudo demostrar que la cantidad de logaritmo natural de UFCs descendió drásticamente en los tratamientos sin

humato, esta tendencia se mantuvo durante todo el tratamiento en cada una de las celdas experimentales. Es importante tomar en cuenta que los tratamientos sin humatos que mantuvieron una tendencia valores más bajos de UFCs son aquellos que tienen dosis alta de los plaguicidas utilizados.

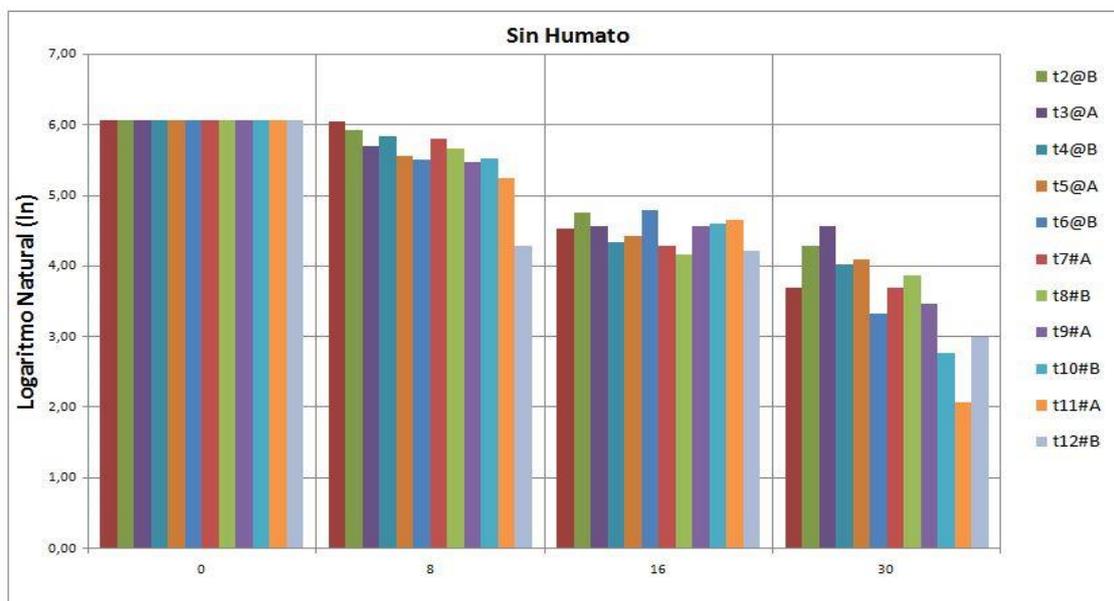


Figura 34. Variación de logaritmo natural de UFCs y el tratamiento sin humato.

#### 4.2.7.3. Variación de logaritmo natural de UFCs vs el tratamiento con humato

Estadísticamente en la figura 35 se pudo demostrar que la cantidad de logaritmo natural de UFCs descendió paulatinamente en los tratamientos con humato en los primeros días, después se logró estabilizar en un valor promedio menor a la inicial en cada uno de los tratamientos. Es importante tomar en cuenta que los tratamientos con humatos que tienen dosis alta de los plaguicidas, mantuvieron una ligera tendencia a tener valores más bajos de UFCs. No se observan diferencias sustanciales entre los tratamientos a dosis altas y bajas, con y sin humatos.

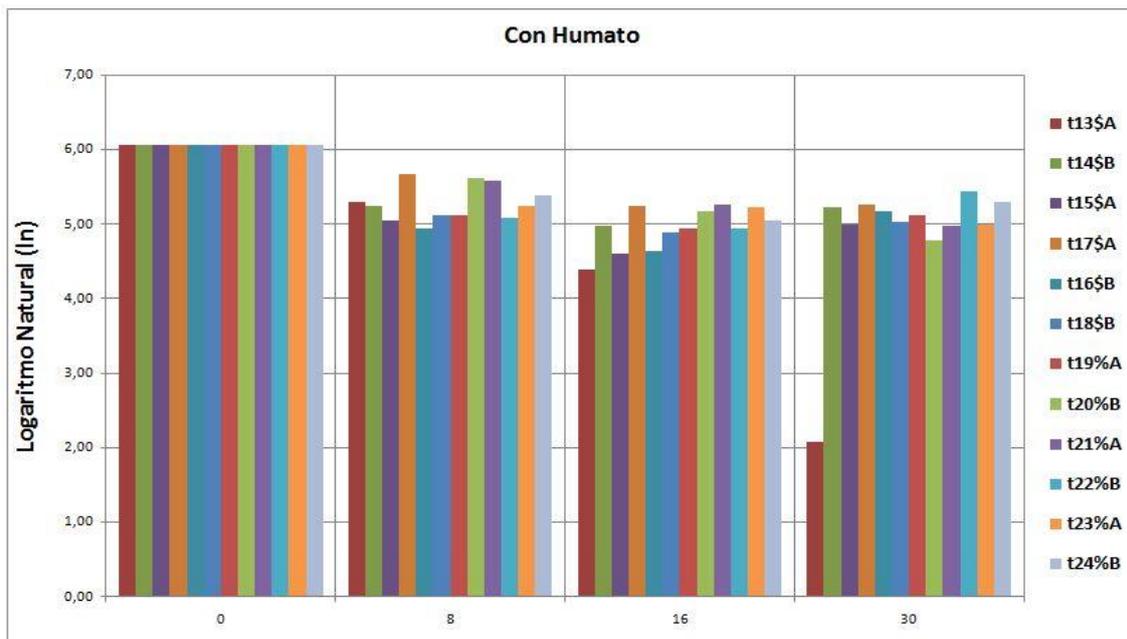


Figura 35. Variación de logaritmo natural de UFCs y el tratamiento con humato.

#### 4.2.7.4. Variación de logaritmo natural de UFCs vs conductividad, en pruebas sin humatos.

La variación de logaritmo natural (ln) de UFCs frente a la conductividad de las celdas experimentales 1 a 6 figura 36 del plaguicida 1 y de las celdas 7 a 12; figura 37; del plaguicida 2, tratadas sin humato, tanto a dosis altas como a dosis bajas, muestran un descenso pronunciado del logaritmo natural de UFCs, en forma casi inversamente proporcional al crecimiento de la conductividad eléctrica. El descenso de logaritmo natural (ln) de UFCs es mayor en las celdas del plaguicida 2, que en las celdas del plaguicida 1; tanto bajo concentraciones altas y bajas. Estos resultados confirman los efectos negativos del incremento de la conductividad sobre el logaritmo natural (ln) de microorganismos (Grisso R., Wysor M., Holshouser D., Thomason W., 2009).

Sin embargo, los tratamientos con el plaguicida 1, presentan valores de logaritmo natural (ln) de UFC mayores que el logaritmo natural (ln) de UFCs del plaguicida 2, con un 50% de celdas con valores iguales o mayores a 5.

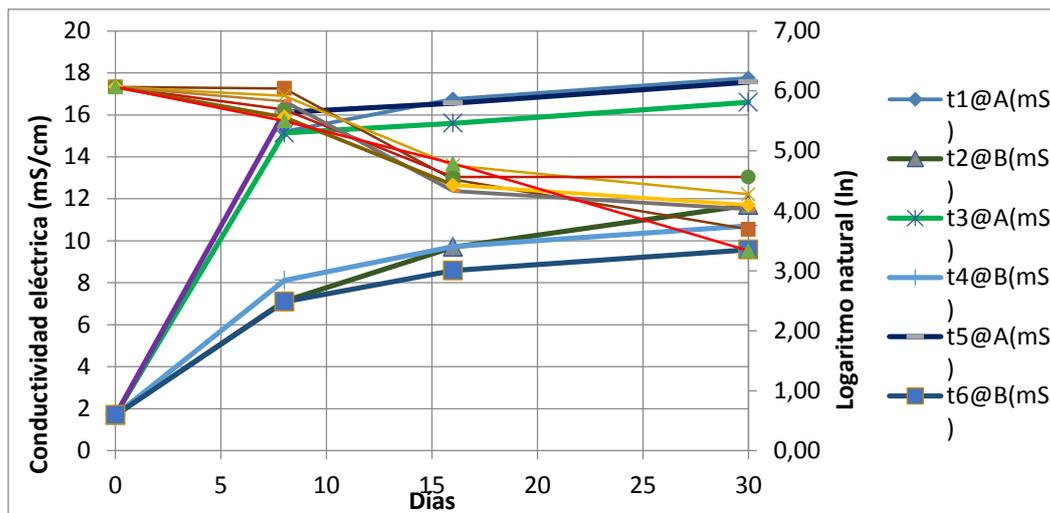


Figura 36. Variación de logaritmo natural de UFCs, conductividad eléctrica, tratamiento sin humatos (1-6), dosis altas y bajas, plaguicida 1.

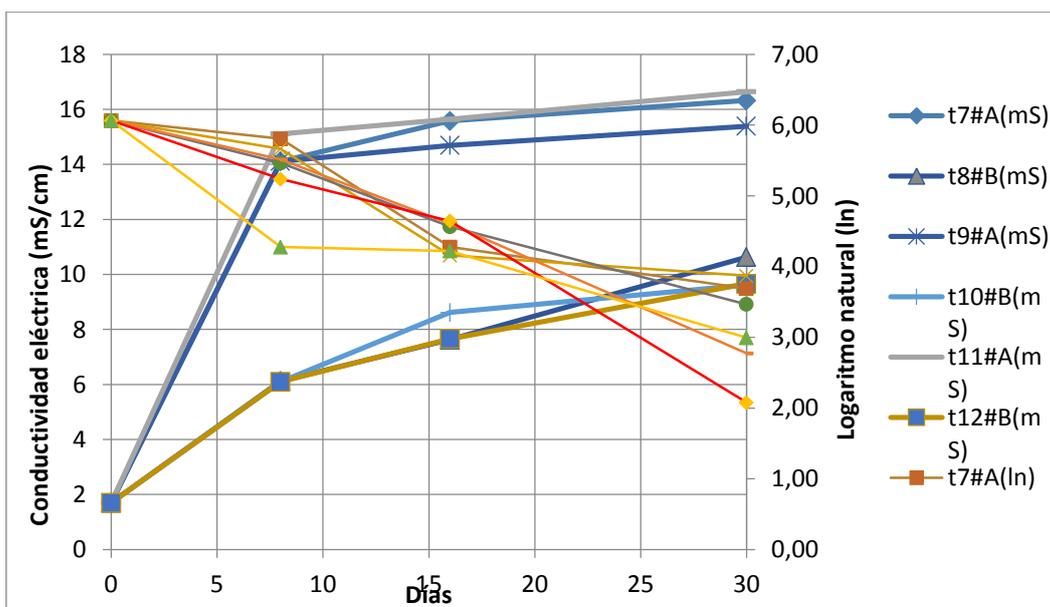


Figura 37. Variación de logaritmo natural de UFCs, conductividad eléctrica, sin humatos, a dosis altas y bajas del plaguicida 2.

#### 4.2.7.5. Variación de logaritmo natural de UFCs vs conductividad, en pruebas con humatos.

En estas celdas experimentales la variación del logaritmo natural (ln) de UFCs, es sustancialmente menor (de 6 a 5), tal como se aprecia en la figura 38, tanto a bajas como a altas concentraciones del plaguicida 1. En las celdas del plaguicida dos el descenso es un poco más pronunciado, aunque

estadísticamente no significativo (figura 39). Estos resultados confirman los datos teóricos de las propiedades protectoras de los humatos, que inmovilizan a los plaguicidas, reduciendo su movilidad ambiental y toxicidad, para la microbiota edáfica (Frimmel y Christman, 1988).

La conductividad varía en forma similar con ambos plaguicidas tanto a bajas como a altas concentraciones de plaguicida.

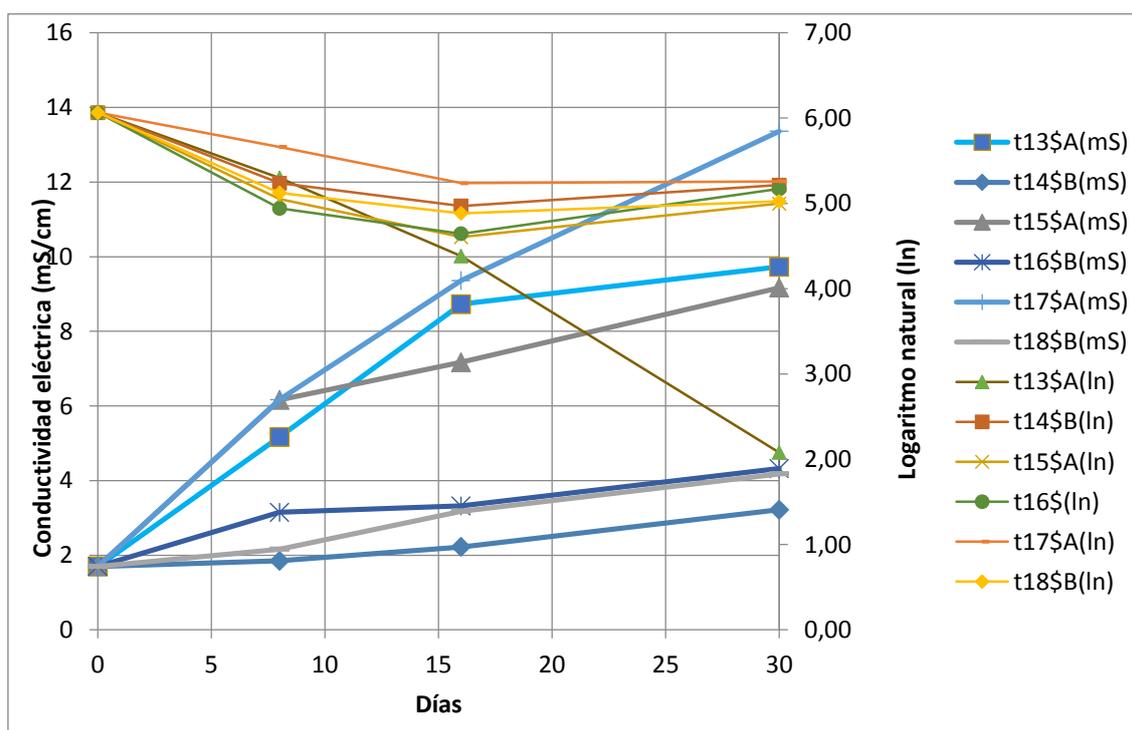


Figura 38. Variación de logaritmo natural de UFCs, conductividad eléctrica, con humato, a dosis altas y bajas, plaguicida 1.

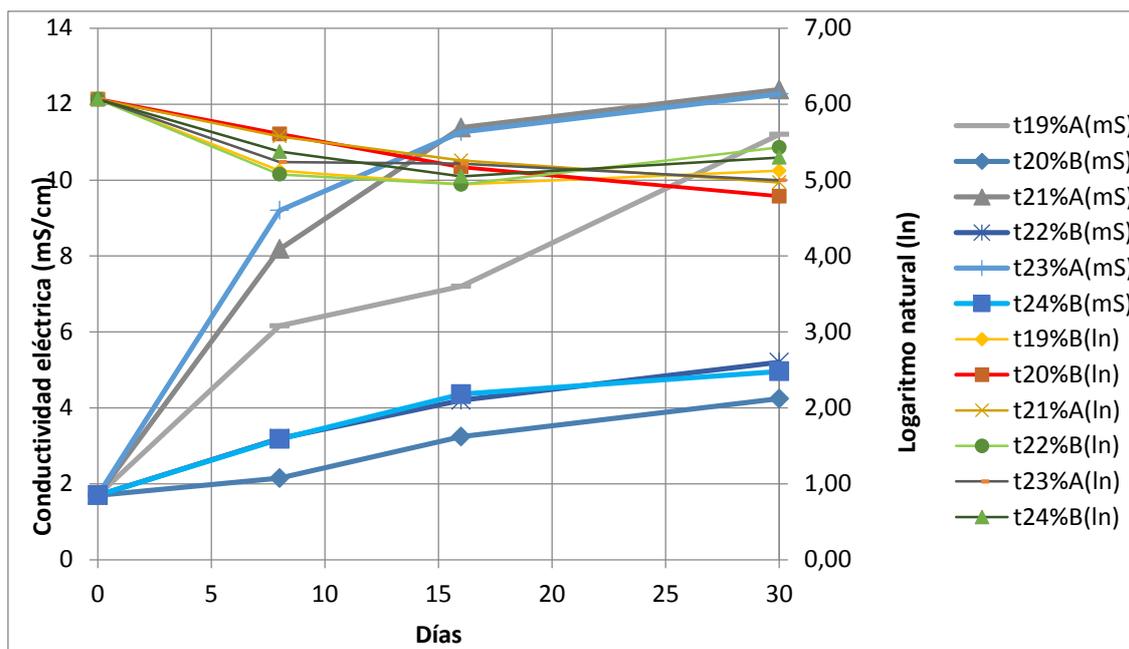


Figura 39. Variación de logaritmo natural de UFCs, conductividad eléctrica, con humatos, dosis altas y bajas, plaguicida 2 y número de días experimentación de los tratamientos del 19 al 24.

#### 4.2.7.6. Variación de logaritmo natural de UFCs vs materia orgánica.

La figura 40, muestra que el descenso de la materia orgánica es pronunciado, en más de un 13%, con el plaguicida 1, en tanto que el logaritmo natural (ln) de UFCs, desciende proporcionalmente, siendo más marcado este descenso a partir del día décimo hasta un valor superior a 3; el 50% de las muestras presentan valores superiores a 4.

Para el plaguicida 2, la materia orgánica desciende hasta el 11%; estabilizándose a partir del décimo día, Por su parte el logaritmo natural (ln) de UFCs desciende en forma mucho más marcada hasta un valor de 2, teniendo el 50% de las muestras un valor superior a 3.

En las celdas experimentales con humatos, tanto en las pruebas a bajas y altas concentraciones de plaguicidas, el descenso de la materia orgánica no supera el 10%, en ambos plaguicidas, con una tendencia a incrementar a partir del décimo día, con valores promedios de recuperación de hasta el 5%.

En relación al descenso del logaritmo natural (ln) UFCs, la variación es de 6 a 5 para ambos plaguicidas tanto a bajas y a altas concentraciones. Presenta un comportamiento similar, solo la prueba t13\$A, presenta un valor inusual de 2, que no se observa en ningún otro caso, aspecto que puede ser considerado como un error de conteo.

Los resultados obtenidos se correlacionan con los datos teóricos de los efectos protectores de los humatos sobre la microbiota, como agente quelante de plaguicidas y una fuente de nutrientes y micro elementos que activa el metabolismo microbiano (Perminova I., 2005, pp. 3841-3848).

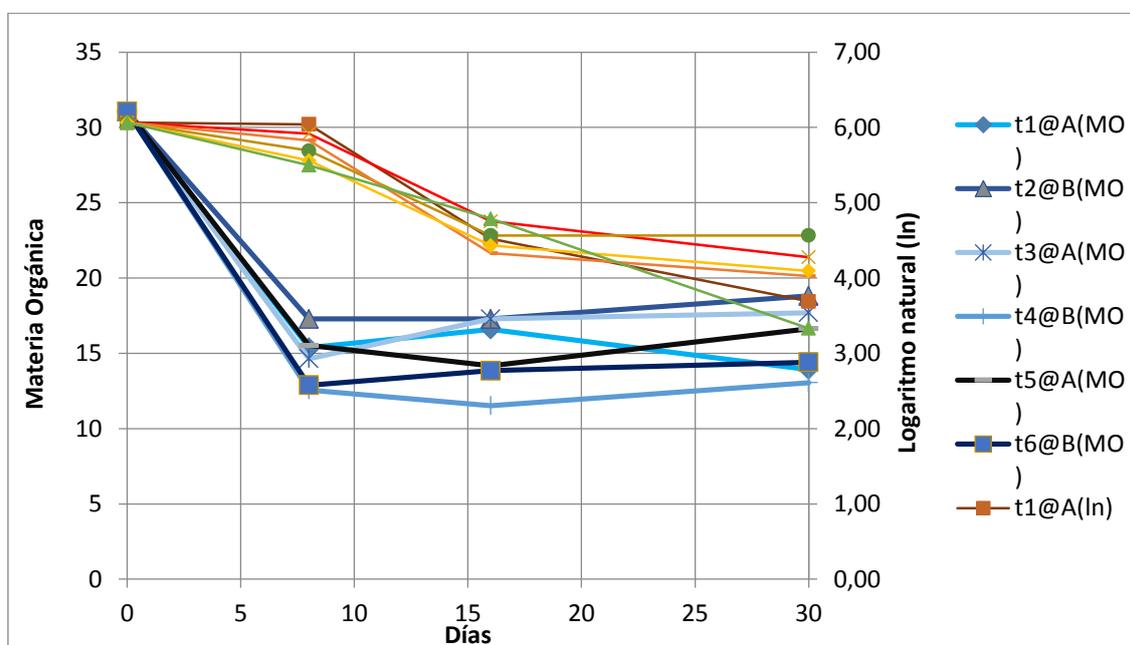


Figura 40. Variación de logaritmo natural de UFCs, Vs materia orgánica (1-6), en pruebas sin humato con concentraciones bajas y altas del plaguicida 1.

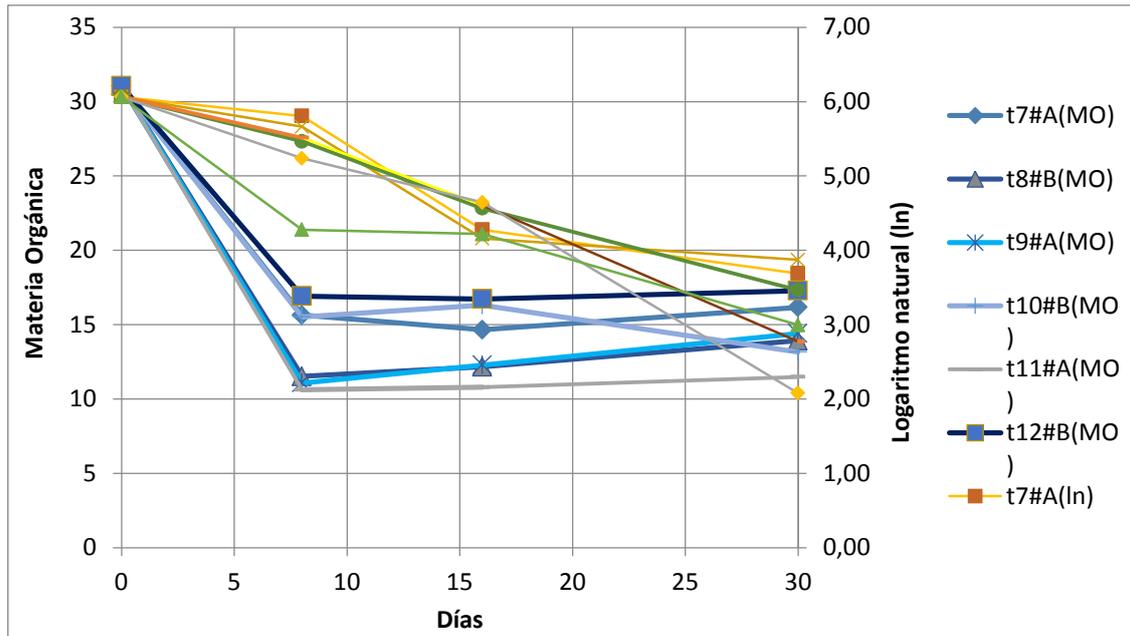


Figura 41. Variación de logaritmo natural de UFCs (7-12), materia orgánica, en pruebas sin humato con concentraciones altas y bajas, plaguicida 2.

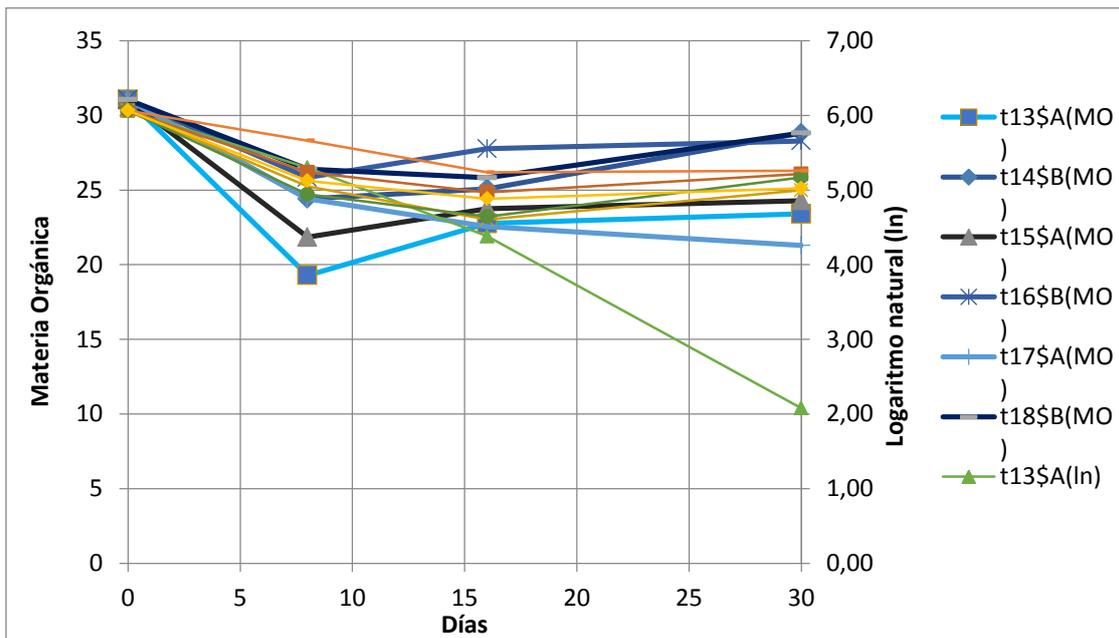


Figura 42. Variación de logaritmo natural de UFCs (13-18), materia orgánica, en pruebas con humato a altas y bajas concentraciones, plaguicida 1.

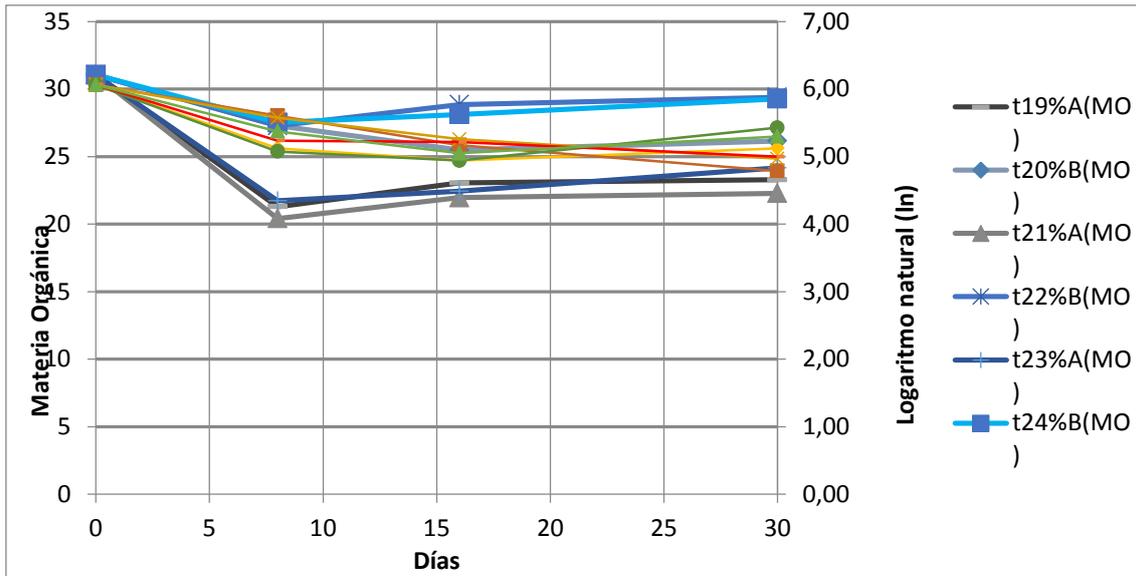


Figura 43. Variación de logaritmo natural de UFCs (19-24), materia orgánica, en pruebas con humatos a altas y bajas concentraciones de plaguicida 2.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

La investigación demostró que los plaguicidas como el malatión y mancozeb afectan sensiblemente a factores químicos edáficos como la conductividad y el contenido de materia orgánica.

El uso de plaguicidas para el control de enfermedades en cultivos, afectan a la dinámica y diversidad de microorganismos edáficos (bacterias, hongos), generando una disminución en su diversidad y población.

La variación de logaritmo natural (ln) de UFCs frente a la conductividad de las celdas experimentales del plaguicida 1 y 2, tratadas sin humato, tanto a dosis altas como a dosis bajas, muestran un descenso pronunciado del logaritmo natural de UFCs, en forma casi inversamente proporcional al crecimiento de la conductividad eléctrica; estos resultados confirman los efectos negativos del incremento de la conductividad sobre el logaritmo natural (ln) de microorganismos. En las celdas experimentales tratadas con humato la variación del logaritmo natural (ln) de UFCs, es sustancialmente menor, tanto a bajas como a altas concentraciones de los plaguicidas; estos resultados confirman los datos teóricos de las propiedades protectoras de los humatos, que inmovilizan a los plaguicidas, reduciendo su movilidad ambiental y toxicidad, para la microbiota edáfica.

En los tratamientos sin humato y con los plaguicidas 1 y 2 a dosis altas y bajas se obtuvo un descenso de la materia orgánica muy pronunciado, en tanto que el logaritmo natural (ln) de UFCs, desciende proporcionalmente. En los tratamientos con humatos, tanto en las pruebas a bajas y altas concentraciones de plaguicidas, el descenso de la materia orgánica no supera el 10%, en ambos plaguicidas, con una tendencia a incrementar a partir del décimo día, con valores promedios de recuperación de hasta el 5%, en relación al descenso del logaritmo natural (ln) UFCs, la variación es de 6 a 5 para ambos

plaguicidas tanto a bajas y a altas concentraciones; con esto se concluye que los resultados obtenidos se correlacionan con los datos teóricos de los efectos protectores de los humatos sobre la microbiota, como agente quelante de plaguicidas y una fuente de nutrientes y micro elementos que activa el metabolismo microbiano.

Los humatos constituyen agentes bloqueadores de los efectos negativos de los plaguicidas sobre la dinámica microbiana, por cuanto solo en los suelos en los que se aplicaron humatos con ambos plaguicidas se observó el crecimiento de dos cepas bacterianas que inicialmente fueron identificadas en los suelos vírgenes empleados en las pruebas experimentales, también se pudo evidenciar que en los tratamientos que contenían humato presentaron el desarrollo de 1 a 3 plantas en sus celdas experimentales.

El análisis estadístico ANOVA, que determina que la influencia de los humatos sobre la dinámica microbiana tiene una tendencia a una significancia alta en el tiempo; en tanto que su influencia sobre la conductividad y sobre la materia orgánica fue altamente significativa. En relación a los parámetros pH y temperatura estos mostraron valores superiores a 0,05; concluyendo de esta manera que no hay diferencias significativas en las diferentes combinaciones de estos factores.

Los mejores tratamientos obtenidos, según el análisis estadístico fueron los ejecutados con dosis bajas y altas de ambos plaguicidas con humato, donde las variaciones de materia orgánica, conductividad y logaritmo natural (ln) UFCs, no fueron pronunciadas y el suelo presentan mejores posibilidades de recuperación.

La relación existente entre la variación de la materia orgánica y conductividad, que es inversamente proporcional y el efecto regulador de esta relación de los humatos. En los tratamientos sin humato, la materia orgánica descendió más del 50%; en tanto que la conductividad creció en forma inversamente

proporcional, estos resultados ponen en manifiesto el hecho de que la acción de los plaguicidas sobre la microbiota produce un incremento brusco del consumo de materia orgánica, y el incremento de sustancias cargadas, que incide sobre baja supervivencia de los microorganismos en la solución del suelo. En los tratamientos con humatos, tanto a dosis bajas como a dosis altas, la tendencia es similar sin embargo no es tan pronunciada, luego de experimentar un descenso la materia orgánica se estabiliza, mostrando un ligero incremento, esto debido al carácter regulador de la conductividad de los humatos y a que estos mismos constituyen una fuente de materia orgánica.

La presencia del tercer factor, es decir de los humatos, es el factor que genera las diferencias significativas para este tipo de diseños experimentales.

Los datos obtenidos nos permiten elaborar una recomendación práctica de empleo de protectores húmicos para aplicaciones de plaguicidas en el control de plagas de cultivos, donde los humatos, actúan en calidad de agentes protectores de la diversidad microbiana, potenciadores de los plaguicidas y agentes quelantes de micro elementos y metales pesados.

Todas las cepas bacterianas identificadas fueron Gram positivas; estos resultados obtenidos pueden servir para aportaciones futuras en otras investigaciones ya que en otras experimentaciones se obtuvieron el mismo grupo de bacterias pero no se encontró una explicación científica para esta eventualidad.

Las recomendaciones técnicas generadas de esta investigación pueden constituirse en una herramienta práctica de uso cotidiano para los agricultores de la parroquia rural Puerto Limón, que les permitirá paulatinamente reducir el uso de los plaguicidas y el ahorro en la compra del producto.

## 5.2. Recomendaciones

Para el desarrollo de trabajos investigativos a futuro, referentes a la evaluación de los efectos de organofosforados y carbamatos, se recomienda durante la fase de experimentación prolongar el rango de tiempo de evaluación, ya que la vida media de los plaguicidas en el suelo es suficientemente prolongada en consecuencia su efecto sobre la biota y propiedades del suelo también.

Con el propósito de que la evaluación de los efectos de los plaguicidas tenga la suficiente sustentación científica, es indispensable que se permita la realización de la identificación bioquímica y molecular de los microorganismos afectados, para lo cual la Universidad debe gestionar ante el Ministerio del Ambiente, los permisos correspondientes, que den seguridad jurídica a las investigaciones ejecutadas.

Se propone en futuras investigaciones, ampliar la gama de plaguicidas (organoclorados, herbicidas, entre otros) para obtener una base de datos de las afectaciones a las propiedades químicas y biológicas del suelo, que cada grupo genérico de plaguicidas produce, datos que permitirán en el futuro generar políticas públicas de protección ambiental del recurso suelo y recomendaciones prácticas a los agricultores.

Para la ejecución de este tipo de investigaciones, se recomienda emplear protocolos de bioseguridad que no solo garantice la seguridad del personal involucrado, sino que también, eviten la contaminación cruzada de las celdas experimentales por esporas presentes en el ambiente de las pruebas. Tal como ocurrió en la investigación, donde el número de variedades fúngicas iniciales es significativamente menor que las observadas al final de las pruebas.

Con el fin de determinar los efectos futuros de la alternativa para plaguicidas obtenida en esta investigación, con ayuda de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD) se pueda identificar si el agroquímico con humato es capaz de presentar riesgos de fitotoxicidad con

dosis más elevadas de las recomendadas mediante los controles y monitoreos que realiza esta entidad a las diferentes haciendas que utilizan plaguicidas en grandes cantidades en la parroquia Puerto Limón.

Al finalizar el producto utilizado para la fumigación de plagas, se recomienda que los desechos generados, incluyendo envases y materiales en contacto con los plaguicidas en estudio, deben ser tratados de acuerdo con las normativas técnicas que se encuentran detalladas en la plataforma de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD); dando así una disposición final adecuada con gestores ambientales autorizados.

## REFERENCIAS

- Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro AGROCALIDAD. (2017). Unidad de Registro de Plaguicidas de uso agrícola. Recuperado el 27 de junio de 2017 de <http://www.agrocalidad.gob.ec/plaguicidas-agricolas/>
- AgroEs. (2013). pH del suelo agrícola. Recuperado el 14 de diciembre de 2016 de <http://www.agroes.es/agricultura/el-suelo/148-ph-del-suelo-agricultura>
- AgroEs. (2015). Temperatura en el suelo agrícola. Recuperado el 28 de enero de 2017 de <http://www.agroes.es/agricultura/el-suelo/143-temperatura-del-suelo-agricultura>
- AgroEs. (2016). Relación C/N Carbono / Nitrógeno - Nitrógeno Mineral Disponible. Recuperado el 19 de enero de 2017 de <http://www.agroes.es/agricultura/abonos/199-relacion-carbono-nitrogeno>
- Álvarez, E., Pantoja, A., Gañán, L., Ceballos, G. (2013). La Sigatoka negra en plátano y banano. Recuperado el 12 de diciembre de 2016 de <http://www.fao.org/docrep/019/as089s/as089s.pdf>
- Ambiente, C. (2009). Plaguicidas. Recuperado el 15 de diciembre de 2016 de <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/15HombAmb/AutoEvTem15.html>
- Aparicio, V., Gerónimo, E., Hernández, K., Pérez, D., Portocarrero, R., Vidal, C. (2015). Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. Recuperado el 11 de diciembre de 2016 de [http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_plaguicidas\\_agregados\\_al\\_suelo\\_2015.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_plaguicidas_agregados_al_suelo_2015.pdf)
- Arango, M. (2000). Manejo de sustratos para el control biológico de Sigatoka negra en el cultivo de Banano (Musa AAA). Recuperado el 11 de diciembre de 2016 de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/4130>
- Arias, P. (2013). Análisis Descriptivo del Módulo Ambiental – Uso de Plaguicidas en la Agricultura 2013. Recuperado el 11 de diciembre

- de 2016 de  
[http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas\\_Ambientales/plaguicidas/Plaguicidas2013/Documento\\_TecnicoUso\\_de\\_Plaguicidas\\_en\\_la\\_Agricultura\\_2013.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/plaguicidas/Plaguicidas2013/Documento_TecnicoUso_de_Plaguicidas_en_la_Agricultura_2013.pdf)
- Bardgett, R. (2005). *The biology of soil*. (1.<sup>a</sup> ed.). Estados Unidos: Oxford University Press.
- Bardgett, R., Usher, M., Hopkins, D. (2005). *Biological diversity and function in soil*. (1.<sup>a</sup> ed.). Estados Unidos: British Ecological Society.
- BBC. (2014). La defensa contra la infección. Recuperado el 28 de enero de 2017 de [http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/science/aqa\\_pre\\_2011/human/defendingagainstinfectionrev1.shtml](http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/science/aqa_pre_2011/human/defendingagainstinfectionrev1.shtml)
- Bending, G., Rodríguez, M., Lincoln, S. (2007). *Fungicide impacts on microbial communities in soils with contrasting management histories*. *Chemosphere*. 69(01), 82–88 Recuperado el 29 de enero de 2017 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653507005668>
- Botello, A., Rendón Von Osten, J., GoldBouchet, G. y Agraz-Hernández, C. (2005). Golfo de México: Contaminación e impacto ambiental, Diagnóstico y Tendencias. (2.<sup>a</sup> ed.). México: Univ. J. Autónoma de Tabasco.
- Levinsky, B. (2000). Todo sobre los humatos. Rusia: Kor Poligraf.
- Borzi, D., Abbate, C., Laurent, F., Azhari, N., Gennari, M. (2007). *Studies on the response of soil microflora to the application of the fungicide fenhexamid*. *Int J. Environ Anal Chem*. 87(13), 949–956 Recuperado el 18 de diciembre de 2016 de <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03067310701451103>
- Caenn, R., Darley, H., Gray, G. (2011). *Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids*. (1.<sup>a</sup> ed.). Estados Unidos: Elsevier Inc.
- Campillo R., Sadzawka A. (2000). La acidificación de los suelos origen y mecanismos involucrados. Recuperado el 12 de diciembre de 2016 de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR33853.pdf>

- Carreira, D. y Ostinelli, M. (2010). Carbono orgánico del suelo por W&B modificado. Recuperado el 19 de enero de 2017 de [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cox\\_\\_microescala.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cox__microescala.pdf)
- Casanova, E. (2005). Introducción a la ciencia del suelo. (2.<sup>a</sup> ed.). [versión electrónica]. Recuperado el 3 de enero de 2017 de <https://books.google.com.ec/books?id=k4FXuHW1ozQC&pg=PA265&dq=bacterias+en+el+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiC3vi3rL3RAhXQZiYKHfo7A3kQ6wEIIDAB#v=onepage&q=bacterias%20en%20el%20suelo&f=false>
- Casanova, E. (2008). Introducción a la ciencia del suelo. (3.<sup>a</sup> ed.). Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- CICOPLAFEST. (1991). Catálogo Oficial de Plaguicidas. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas. Recuperado el 3 de enero de 2017 de <http://www.siicex.gob.mx/portalsiicex/SICETECA/Acuerdos/Regulaciones/SSA/cicoplafest.htm>
- Cortés, D., Pérez, J., Camacho, J. (2013). Relación espacial entre la conductividad eléctrica y algunas propiedades químicas del suelo. *SciELO*. 16(2), 401-408 Recuperado el 18 de diciembre de 2016 de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n2/v16n2a14.pdf>
- Cummings, S. (2010). *Bioremediation: Methods and Protocols*. (1.<sup>a</sup> ed.). New York: Humana Press.
- Domingo, G. A. (2015). Santo Domingo 2030. Recuperado el 12 de diciembre de 2016 de <http://www.santodomingo.gob.ec/docs/transparencia/2015/julio/anexo%20julio/PDOT%20SANTO%20DOMINGO%202030/1.%20PDOT%202030%20SANTO%20DOMINGO%202030%20EI%20Futuro%20de%20Chilachi%20to.pdf>
- Educarm. (2013). Clasificación de suelos según el pH. Recuperado el 12 de diciembre de 2016 de

[http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/suelos\\_tema\\_3..pdf](http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/suelos_tema_3..pdf)

Eisenhauer, N., Klier, M., Partsch, S., Sabais, A., Scherber, C., Weisser, W., Scheu, S. (2009). *No interactive effects of pesticides and plant diversity on soil microbial biomass and respiration*. *Elsevier*. 34(1), 31-36 Recuperado el 01 de febrero de 2017 de [http://www.toek.wzw.tum.de/fileadmin/05\\_Publikationen/PDF\\_Mitarbeiter/PDF\\_Publikationen/2009-03.pdf](http://www.toek.wzw.tum.de/fileadmin/05_Publikationen/PDF_Mitarbeiter/PDF_Publikationen/2009-03.pdf)

Enciclopedia británica. (2015). *Nitrogen-fixing bacteria*. Recuperado el 28 de enero de 2017 de <https://www.britannica.com/science/nitrogen-fixing-bacteria>

Eyherabide, M., Rozas, H., Barbieri, P., Echeverría, H. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Scielo*. 32(1), 1-7 Recuperado el 19 de enero de 2017 de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672014000100002](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672014000100002)

Falkiewicz, M., Janda, K., Wypych, G. (2015). *Biodegradation, Biodetrification and Biostabilization*. (2.<sup>a</sup> ed.). Toronto: ChemTec.

Ferrera y Alarcón. (2007). Microbiología agrícola. (1.<sup>a</sup> ed.). [versión electrónica]. Recuperado el 12 de enero de 2017 de <http://www.magisterio.com.co/libro/microbiologia-agricola-hongos-bacterias-micro-y-macrofauna-control-biologico-y-planta>

Salquisa. (2004). Ficha de datos de seguridad malatión. Recuperado el 12 de enero de 2017, de <http://www.upv.es/entidades/DIRA/infoweb/dira/info/U0698111.pdf>

Nufarm. (2000). Ficha técnica comercial mancozeb nufarm 800 wp. Recuperado el 12 de enero de 2017, de <http://www.nufarm.ec/assets/17879/1/FTMANCOZEBNUFARM800WP.pdf>

INEC. (2012). Ficha técnica del malatión. Recuperado el 12 de enero de 2017, de <http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/pdf/malation.pdf>

- Frimmel, F., Christman, R. (1988). *Humic substances and their role in the environment*. *SciELO*. 18(1), 25-75 Recuperado el 20 de diciembre de 2016 de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB9114298>
- Fulekar, M. (2010). *Bioremediation Technology: Recent Advances*. (1.<sup>a</sup> ed.). India: Capital Publishing Company.
- García M., Jiménez R., Carral P., Álvarez A. (2002). Contribución al estudio de suelos desarrollados sobre turbiditas en Menorca. *Dialnet*. 9(2), 143-152 Recuperado el 21 de diciembre de 2016 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=847885>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Puerto Limón. (2015). Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial 2015-2030. Recuperado el 21 de diciembre de 2016 de <http://gubernacionsdtsachilas.gob.ec/tenencia-politica-puerto-limon/>
- Grisso, R. y Wysor, G. (2009). *Precision Farming Tools: Soil Electrical Conductivity*. Recuperado el 28 de enero de 2017 de [https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs\\_ext\\_vt\\_edu/442/442-508/442-508\\_pdf.pdf](https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt_edu/442/442-508/442-508_pdf.pdf)
- Guillén, C., Rodríguez, A., Laprade, S., Valle, H., Segura, R., Uva, V., Sandoval, J. (2010). Biología y control de las cochinillas y escamas que atacan al banano. Recuperado el 12 de diciembre de 2016 de <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-corbana/HOJA%20DIVULGATIVA%20Nb05-2011%20-MIP%20COCHINILLAS%20Y%20ESCAMAS.pdf>
- Havlin, J., Beaton, J., Tisdale, S., Nelson, W. (1999). *Soil Fertility and Fertilizers*. (6.<sup>a</sup> ed.). Estados Unidos: Prentice Hall.
- Huang, Q., Huang, P., Violante, A. (2008). *Soil Mineral- Microbe- Organic Interactions*. (1.<sup>a</sup> ed.). Berlín: Springer-Verlag.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2012). Población y actividades económicas de Puerto Limón. Recuperado el 12 de diciembre de 2016, <http://www.inec.gob.ec/estadisticas/>

- Instituto nacional de tecnología agropecuaria (INTA). (2015). Plan estratégico institucional. Recuperado el 12 de diciembre de 2016, [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-plan\\_estrategico\\_inta\\_\\_2005-2015\\_.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-plan_estrategico_inta__2005-2015_.pdf)
- Informe de vigilancia tecnológica. (2012). Técnicas de recuperación de suelos contaminados. Recuperado el 12 de diciembre de 2016, de [https://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/vt6\\_tecnicas\\_recuperacion\\_suelos\\_contaminados.pdf](https://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf)
- Ingram, C., Coyne, M., Williams, D. (2005). *Effects of commercial diazinon and imidacloprid on microbial urease activity in soil. J Environ Qual.* 34(01), 1573–1580.
- Jacquot, J., Gadal, P. (2012). *Advances in botanical research.* (1.<sup>a</sup> ed.). Estados Unidos: Elsevier Inc.
- Johnsen, K., Jacobsen, C., Torsvik, V. (2001). *Pesticides effects on bacterial diversity in agricultural soils. Biol Fertil Soils.* 33(01), 443–453  
Recuperado el 11 de enero de 2017 de <https://link.springer.com/article/10.1007/s003740100351>
- Jong, F., Snoo, G. (2002). *A comparison of the environmental impact of pesticide use in integrated and conventional potato cultivation in the Netherlands. Agriculture, Ecosystems and Environment.* 91(20), 5-13  
Recuperado el 11 de enero de 2017 de <https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/a-comparison-of-the-environmental-impact-of-pesticide-use-in-QiW8awXe0S>
- Kochany, J., Wayne, S. (2001). *Application of humic substances in environmental remediation. U-Mate International.* 1(01), 1-12  
Recuperado el 13 de enero de 2017 de [http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45775883/Application\\_of\\_humic\\_substances\\_in\\_envir20160519-24505-1wkrv60.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1501703120&Signature=jzhvzFr4ln9bhRbNHkP%2FuPTqppk%3D&response-content-](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45775883/Application_of_humic_substances_in_envir20160519-24505-1wkrv60.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1501703120&Signature=jzhvzFr4ln9bhRbNHkP%2FuPTqppk%3D&response-content-)

disposition=inline%3B%20filename%3DApplication\_of\_humic\_subst  
ances\_in\_envir.pdf

- Krasilnikov, N., Luchistye, G. (1938). *Rodstvennye im organismy: Actinomycetales*. [versión electrónica]. Recuperado el 28 de enero de 2017 de <https://translate.google.com.ec/translate?hl=es-419&sl=en&u=http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Actinomycetes&prev=search>
- Kumar, S., Dagar, V., Khasa, P., Kuhad, R. (2013). *Genetically Modified Microorganisms (GMOs) for Bioremediation*. Recuperado el 28 de enero de 2017 de [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-81-322-0876-1\\_11#page-1](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-81-322-0876-1_11#page-1)
- La Hora. (2016). Sigue contaminación de ríos. Recuperado el 28 de enero de 2017 de [http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101981507/-1/Sigue\\_contaminaci%C3%B3n\\_de\\_r%C3%ADos\\_.html#.WBOaAuB97IV](http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101981507/-1/Sigue_contaminaci%C3%B3n_de_r%C3%ADos_.html#.WBOaAuB97IV)
- Landrum, P., Sheila, R., Eadie, B., Herche, L. (1985). *Predicting the bioavailability of organic xenobiotics to Pontoporeia hoyi in the presence of humic and fulvic materials and natural dissolved organic matter*. *Chemistry*. 4(4), 11-20 Recuperado el 15 de enero de 2017 de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.5620040406/full>
- La Organización Mundial de Salud (OMS). (2015). Prevención y eliminación de plaguicidas obsoletos. Recuperado el 12 de diciembre de 2016 de <http://www.fao.org/agriculture/crops/obsolete-pesticides/what-dealing/obs-pes/es/>
- Lehr, J. (2004). *Wiley's Remediation: Technologies Handbook*. (1.<sup>a</sup> ed.). Canadá: John Wiley & Sons, Inc.
- Li, A., Zhang, J., Wang, A. (2005). *Preparation and Slow-Release Property of a Poly(acrylic acid)/Attapulgate/Sodium Humate Superabsorbent Composite*. *Wiley InterScience*. 10 (1002), 37-45 Recuperado el 15 de enero de 2017 de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.23901/abstract>

- Macarulla, J., Goñi, F. (1994). *Bioquímica Humana*. (1.<sup>a</sup> ed.). [versión electrónica]. Recuperado el 12 de enero de 2017 de [https://books.google.com.ec/books?id=4h\\_losytGvkC&pg=PA161&dq=bacterias+gram+positivas+y+gram+negativas&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiJ8KLlR3RAhUCSSYKHacCChwQ6AEIHzAB#v=onepage&q=bacterias%20gram%20positivas%20y%20gram%20negativas&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=4h_losytGvkC&pg=PA161&dq=bacterias+gram+positivas+y+gram+negativas&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiJ8KLlR3RAhUCSSYKHacCChwQ6AEIHzAB#v=onepage&q=bacterias%20gram%20positivas%20y%20gram%20negativas&f=false)
- Mariño, D. (2005). Determinación de residuos de plaguicidas organofosforados en el cultivo de mora (*Rubus glaucus*) en dos cantones de la provincia de Tungurahua. Recuperado el 17 de diciembre de 2016 de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2573/1/T-ESPE-IASA%20I-002826.pdf>
- Martínez, I., Villalta, R., Soto, E., Murillo, G., Guzmán, M. (2011). Manejo de la Sigatoka negra en el cultivo del banano. Recuperado el 12 de diciembre de 2016 de <http://infoagro.net/programas/ambiente/pages/adaptacion/casos/Sigatoka.pdf>
- Mendoza, A., Aguirre, L., Sarria, M., Giraldo, A. (2014). Hongos dérmico saprófitos de *dendropsophus columbianus* (hylidae) en caloto, Colombia. *Scielo*. 16(1), 33-40 Recuperado el 28 de enero de 2017 de <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n1/v16n1a03.pdf>
- McCarthy, J., Jiménez, B., Barbee, T. (1985). *Effect of dissolved humic material on accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons*. *Aquaq Toxic*. 7(1),15-24 Recuperado el 28 de enero de 2017 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0166445X85900335>
- McGraw-Hill Concise Encyclopedia of Bioscience. (2002). *Actinomycetes*. Recuperado el 28 de enero de 2017 de <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Actinomycetes>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). (2013). Protocolo para control y manejo de cochinilla en campo y empacadoras de banano de exportación. Recuperado el 13 de diciembre de 2016 de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp->

content/uploads/pdf/sanidad-vegetal/2-certificacion-fitosanitaria/inspeccion-fitosanitaria-para-productos-de-exportacion/productos-de-exportacion/banano/normativa/protocolo-cochinilla.pdf

- Ministerio del Ambiente (MAE). (2014). Inventario de plaguicidas en el Ecuador. Recuperado el 11 de diciembre de 2016 de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16314/1/Inventario%20de%20Plaguicidas%20COPs%20en%20el%20Ecuador.pdf>
- Mishra, A., Pandey, A. (1989). Toxicidad de tres pesticidas en algunas cianobacterias fijadoras de nitrógeno. *Ecotoxicol Reinar Saf.* 17(01), 236 – 246 Recuperado el 11 de diciembre de 2016 de [http://isebe.cinvestav.mx/Portals/isebe/sitedocs/EBE/Environmental\\_Biotechnology\\_and\\_Engineering-2014-V3.pdf](http://isebe.cinvestav.mx/Portals/isebe/sitedocs/EBE/Environmental_Biotechnology_and_Engineering-2014-V3.pdf)
- Mohammad, H., Varela B. (2008). Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la Salud y el Ambiente. *UACJ.* 28(5), 42-51 Recuperado el 19 de diciembre de 2016 de [https://www.researchgate.net/publication/28249214\\_Insecticidas\\_Organofosforados\\_efectos\\_sobre\\_la\\_Salud\\_y\\_el\\_Ambiente](https://www.researchgate.net/publication/28249214_Insecticidas_Organofosforados_efectos_sobre_la_Salud_y_el_Ambiente)
- Niewiadowska, A. (2004). *Effect of carbendazim, imazetapir and thiram on nitrigenase activity, the number of microorganisms in soil and yield of red clover (Trifolium pretense L).* *Pol. J. Environ. Stud.* 13(01), 403–410 Recuperado el 19 de febrero de 2017 de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.575.2546&rep=rep1&type=pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2009). Perspectivas para el medio ambiente. Recuperado el 15 de diciembre de 2016 de <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s11.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2009). Introducción a la ecología y sus elementos. Recuperado el 12 de enero de 2017 de <http://www.fao.org/docrep/009/ah648s/AH648S07.htm>

- Orlov, DS. (1998). *Humic acid detoxic ability with regard to trifluraline herbicide*. *Soil Sci.* 9(1), 1049-1057 Recuperado el 24 de enero de 2017 de [https://ibn.idsi.md/sites/default/files/j\\_nr\\_file/7\\_1\\_2012.pdf](https://ibn.idsi.md/sites/default/files/j_nr_file/7_1_2012.pdf)
- Ortiz, I., Sanz, J., Dorado, M., Villar, S. (2007). Técnicas de recuperación de suelos contaminados. Recuperado el 14 de diciembre de 2016 de [https://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/vt6\\_tecnicas\\_recuperacion\\_suelos\\_contaminados.pdf](https://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf)
- Otiniano, A., Florián, L., Sevillano, R., Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Scielo.* 24(1), 4-20 Recuperado el 28 de enero de 2017 de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292006000100009](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009)
- Pankhurst, C., Doube, B., Gupta, V. (1997). *Biological Indicators of Soil Health*. (1.<sup>a</sup> ed.). New York: CAB International.
- Patiño, C., Sanclemente, O. (2014). Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. *Entramado.* 10(2), 288-297 Recuperado el 12 de febrero de 2017 de <http://www.redalyc.org/pdf/2654/265433711018.pdf>
- Perfect, T., Cook, A., Critchley, B., Smith, A. (1981). *The effect of crop protection with DDT on the microarthropod population of a cultivated forest soil in the sub-humid tropics*. *Pedobiologia.* 1(21), 7-18 Recuperado el 15 de febrero de 2017 de <http://www.nzdl.org/gsdImod?e=d-00000-00---off-0envl--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-0l--11-en-50---20-help---00-0-1-00-0-0-11-1-0utfZz-8-00-0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL2.2&d=HASH01b56d294ee811f96817c06e.5.1.2&x=1>
- Pérez, E. (2013). Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *Intersedes.* 14(29), 6-18 Recuperado el 15 de febrero de 2017 de <http://intersedes.ucr.ac.cr/ojs/index.php/intersedes/article/view/382>

- Perminova, I., Kovalenko, A., Kholodov, V., Youdov, M., Zhilin, D. (2004). *Design of humic materials of a desired remedial action. Proceedings of the XII Int. Meeting of IHSS Humic Substances and Soil and Water Environment.* 25(30), 506-508 Recuperado el 11 de febrero de 2017 de <http://mgumus.chem.msu.ru/publication/2004/perminova-dezign-04.pdf>
- Perminova, I., Zhilin, D., Vladimir, L., Tundo, A., Loktev, E. (2004). Las sustancias húmicas en el contexto de la química verde. En: Química Verde en Rusia. Rusia: State Univ. University Press.
- Pettit, R. (2004). *Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health.* Recuperado el 12 de febrero de 2017 de <http://www.humates.com/pdf/ORGANICMATTERPettit.pdf>.
- Pimentel, D., Warneke, A. (1989). *Ecological effects of manure, sewage sludge, and other organic wastes on arthropod populations. Agric Zool.* 1(3),1–30 Recuperado el 11 de marzo de 2017 de <http://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=US201302703874>
- Porta, López, Poch. (2011). Introducción a la edafología uso y protección de suelos. (2ª Ed). España: Mundi – Prensa.
- Porta, López, Roquero de Laburu. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. (3ª Ed). España: Mundi – Prensa.
- Rebolledo, S. (2009). Conductividad eléctrica y salinidad. Recuperado el 15 de diciembre de 2016 de <http://www.redagricola.com/reportajes/empresas/conductividad-electrica-y-salinidad>
- Restrepo, J., Pinheiro, S. (2009). Agricultura orgánica. Recuperado de 16 de diciembre de 2016. [http://caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/EI\\_ABC\\_de\\_la\\_agricultura\\_organica\\_y\\_harina\\_de\\_rocas.pdf](http://caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/EI_ABC_de_la_agricultura_organica_y_harina_de_rocas.pdf)
- Rezaei, R., Badkoubi, A. (2006). *Effect of humic compounds on bacterial growth in bioremediation of pahs. Iran J Environ Health Sci Eng* 3(1), 31-38

- Recuperado el 13 de marzo de 2017 de <http://ijehse.tums.ac.ir/index.php/jehse/article/view/68>
- Robertson, P., Coleman, D., Bledsoe, C., Sollins, P. (1999). *Standard soil methods for long-term ecological research*. (1.<sup>a</sup> ed.). New York: Oxford University Press.
- Rodríguez, A., Suárez, S., Palacio, D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Scielo*. 52(3), 372-387 Recuperado el 13 de marzo de 2017 de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S156130032014000300010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S156130032014000300010)
- Rodríguez, B. (2009). La contaminación ambiental y sus consecuencias toxicológicas. (1.<sup>a</sup> ed.). [versión electrónica]. Recuperado el 18 de diciembre de 2016 de [https://books.google.com.ec/books?id=IO\\_aAgAAQBAJ&pg=PA39&dq=PLAGUICIDAS+CONTAMINACI%C3%93N&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjYluKhmvvPAhVCWD4KHQRfBQUQ6AEIQDAH#v=onepage&q=PLAGUICIDAS%20CONTAMINACI%C3%93N&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=IO_aAgAAQBAJ&pg=PA39&dq=PLAGUICIDAS+CONTAMINACI%C3%93N&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjYluKhmvvPAhVCWD4KHQRfBQUQ6AEIQDAH#v=onepage&q=PLAGUICIDAS%20CONTAMINACI%C3%93N&f=false)
- Rojas, L. (2004). Preparación y utilización de compost en hortalizas. Recuperado el 19 de enero de 2017 de <http://www2.inia.cl/medios/intihuasi/documentos/informativos/Informativo-19.pdf>
- Roulia, M., Nika, G. (2009). *Fe(III)-humate complexes from Megalopolis peaty lignite: A novel eco-friendly fertilizer*. *Elsevier*. 89(10), 1480-1484 Recuperado el 16 de marzo de 2017 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236109004670>
- Sánchez, A. (2006). Agua: Un recurso escaso. (1.<sup>a</sup> ed.). [versión electrónica]. Recuperado el 12 de diciembre de 2016 de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/12919/1/plaguicidas.pdf>
- Sánchez, M., Sánchez, C. (1984). Los plaguicidas adsorción y evolución en el suelo. (1.<sup>a</sup> ed.). Recuperado el 16 de diciembre de 2016 de <https://books.google.com.ec/books?id=kOSe7Rj9c1sC&printsec=frontcover&dq=un+recurso+escaso&hl=es>

419&sa=X&ved=0ahUKEwiRmsjRrfvPAhWEVT4KHxk6AsAQ6AEIGjAA#v=onepage&q=un%20recurso%20escaso&f=false 17

- Santos, P., Whitford, W. (1981). *The effects of microarthropods on litter decomposition in a Chihuahuan desert ecosystem. Ecology.* 1(62), 654–663 Recuperado el 14 de marzo de 2017 de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1937733/full>
- Sukul, P. (2006). *Enzymes activities and microbial biomass in soil as influenced by metalaxyl residues. Soil Biol* 38(1), 320–326 Recuperado el 19 de marzo de 2017 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071705002038>
- Singh, B., Walker, A. (2006). *Microbial degradation of organophosphorus compounds. FEMS Microbiol.* 30(3), 71-428 Recuperado el 19 de marzo de 2017 de <https://academic.oup.com/femsre/article/30/3/428/548351/Microbial-degradation-of-organophosphorus>
- Sukul, P. (2006). *Enzymes activities and microbial biomass in soil as influenced by metalaxyl residues. Soil Biol Biochem.* 1(38), 320–326 Recuperado el 19 de marzo de 2017 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071705002038>
- Torres, C. y Reyes, O. (2014). Los microorganismos solubilizadores de fósforo (msf): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. Recuperado el 28 de enero de 2017 de <http://www.redalyc.org/pdf/2654/265433711018.pdf>
- Tripura, P., Kummar, S., Verma, R. (2017). *Effect of potassium humate and bio-inoculants on nutrient content, uptake and quality of cowpea (Vigna unguiculata (L.) walp). IJCMAS.* 6(2), 1735-1741 Recuperado el 20 de marzo de 2017 de <https://www.ijcmas.com/6-2-2017/Pradip%20Tripura,%20et%20al.pdf>
- Valarezo, O. y Muñoz, X. (2011). Insecticidas de uso agrícola en el Ecuador. Recuperado el 17 de diciembre de 2016 de <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1253/1/INIAP%20bolet%20C3%ADn%20divulgativo%20401.pdf>

- Van de Werf, H., Zimmer, C. (1997). *The impact of pesticides on the environment. Unité d'Agronomie de Rennes-Quimper. 1(1987)*, 1-3 Recuperado el 22 de marzo de 2017 de [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-0-585-36973-0\\_2?LI=true](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-0-585-36973-0_2?LI=true)
- Varshal, G., Buachidze, N. (1983). *Investigation of coexisting forms of mercury in surface waters. Anal Chem. 38(1)*, 2155-2167 Recuperado el 24 de marzo de 2017 de [https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:15063572](https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:15063572)
- Verbel, C. (2014). Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico. Recuperado el 13 de diciembre de 2016 de <https://es.scribd.com/doc/272522222/PRACTICA-DE-CAPACIDAD-DE-INTERCAMBIO-CATIONICO-pdf>
- Walker, C. (2014). *Ecotoxicology: Effects of Pollutants on the Natural Environment*. (1.<sup>a</sup> ed.). New York: CRC Press.
- Walkey, A., Black, L. (1934). *An examination degtjareff method for determinating soil organic matter and proposed modification of chromic acid titration method. Soil Sei. 27(1)*, 29-37 Recuperado el 13 de abril de 2017 de [http://www.scirp.org/\(S\(vtj3fa45qm1ean45vvffcz55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=912505](http://www.scirp.org/(S(vtj3fa45qm1ean45vvffcz55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=912505)
- Wang, M., Gong, M., Zang, H., Hua, X., Yao, J., Pang, Y., Yang, Y. (2006). *Effect of methamidophos and urea application on microbial communities in soils as determined by microbial biomass and community level physiological profiles. J. Environ Sci Health B. 41(01)*, 399–413 Recuperado el 27 de marzo de 2017 de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16753959>
- Wilfong, C. (2014). *The Organic Composting*. (1.<sup>a</sup> ed.). New York: Dede Cummings.
- XENIA MENA, Y. C. (2015). Efectos de los plaguicidas utilizados para el control de la Sigatoka negra en plantaciones bananeras en México, así como su efecto en el ambiente y la salud pública. Recuperado el 12

de diciembre de 2016 de  
[http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v9n2/data/Efectos\\_de\\_los\\_plaguicidas\\_utilizados\\_para\\_el\\_control\\_de\\_la\\_Sigatoka\\_negra\\_en\\_plantaciones\\_bananeras.pdf](http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v9n2/data/Efectos_de_los_plaguicidas_utilizados_para_el_control_de_la_Sigatoka_negra_en_plantaciones_bananeras.pdf) 18

Yáñez, G. (2013). Manual Técnico para la Gestión Integral de Plaguicidas. (1.a ed.). Quito: EKOPRAXIS.

Zheng, Y., Wang, A. (2009). *Study on Superabsorbent Composite. XX. Effects of Cation-Exchanged Montmorillonite on Swelling Properties of Superabsorbent Composite Containing Sodium Humate. Wiley InterScience. 10(12), 1138-1145* Recuperado el 30 de marzo de 2017 de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pc.20670/full>

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Resumen de los datos obtenidos del potencial hidrógeno

		<b>Repetición</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Día</b>	<b>pH</b>
<b>Plaguicida 1 (MALATIÓN)</b>	<b>Sin humato</b>	<b>1</b>	<u>t1@A</u>	<b>0</b>	<b>7</b>
				<b>8</b>	<b>5,18</b>
				<b>16</b>	<b>5,80</b>
				<b>30</b>	<b>5,98</b>
			<u>t2@B</u>	<b>0</b>	<b>7</b>
				<b>8</b>	<b>5,57</b>
				<b>16</b>	<b>5,90</b>
				<b>30</b>	<b>6,03</b>
		<b>2</b>	<u>t3@A</u>	<b>0</b>	<b>7</b>
				<b>8</b>	<b>5,37</b>
				<b>16</b>	<b>5,63</b>
				<b>30</b>	<b>5,82</b>
			<u>t4@B</u>	<b>0</b>	<b>7</b>
				<b>8</b>	<b>5,57</b>
				<b>16</b>	<b>5,70</b>
				<b>30</b>	<b>5,77</b>
		<b>3</b>	<u>t5@A</u>	<b>0</b>	<b>7</b>
				<b>8</b>	<b>5,37</b>
				<b>16</b>	<b>5,67</b>
				<b>30</b>	<b>5,99</b>
<u>t6@B</u>	<b>0</b>		<b>7</b>		
	<b>8</b>		<b>5,50</b>		
	<b>16</b>		<b>5,70</b>		
	<b>30</b>		<b>5,88</b>		
<b>Plaguicida 2 (MANCOZEB)</b>	<b>Sin humato</b>	<b>1</b>	<u>t7#A</u>	<b>0</b>	<b>7</b>
				<b>8</b>	<b>5,61</b>
				<b>16</b>	<b>6,10</b>
				<b>30</b>	<b>6,40</b>
			<u>t8#B</u>	<b>0</b>	<b>7</b>
				<b>8</b>	<b>5,79</b>
		<b>2</b>	<u>t9#A</u>	<b>16</b>	<b>6,03</b>
				<b>30</b>	<b>6,30</b>
				<b>0</b>	<b>7</b>
				<b>8</b>	<b>5,96</b>
			<u>t10#B</u>	<b>16</b>	<b>6,10</b>
				<b>30</b>	<b>6,42</b>
			<b>0</b>	<b>7</b>	
			<b>8</b>	<b>6,02</b>	

				16	6,03	
				30	6,09	
		3	<u>t11#A</u>	0	7	
				8	6,15	
				16	6,20	
				30	6,29	
				<u>t12#B</u>	0	7
			8		6,19	
			16		6,21	
			30		6,69	
Plaguicida 1 (MALATIÓN)	Con humato	1	<u>t13\$A</u>	0	7	
				8	5,62	
				16	5,80	
				30	5,85	
				<u>t14\$B</u>	0	7
			8		5,61	
			16		5,80	
			30		5,86	
			2	<u>t15\$A</u>	0	7
		8			5,95	
		16			6,00	
		30			5,95	
				<u>t16\$B</u>	0	7
		8			5,80	
		16			5,90	
		30			5,92	
	3	<u>t17\$A</u>	0	7		
8			5,74			
16			5,80			
30			5,84			
		<u>t18\$B</u>	0	7		
8			5,90			
16			5,98			
30			5,76			
Plaguicida 2 (MANCOZEB)	Con humato	1	<u>t19%A</u>	0	7	
				8	5,91	
				16	5,95	
				30	6,13	
				<u>t20%B</u>	0	7
			8		6,06	
				16	6,10	

			<b>30</b>	6,25	
		<b>2</b>	<b>0</b>	7	
			<u>t21%A</u>	<b>8</b>	6,08
			<b>16</b>	6,13	
			<b>30</b>	6,33	
			<b>0</b>	7	
			<u>t22%B</u>	<b>8</b>	6,07
			<b>16</b>	5,90	
			<b>30</b>	6,23	
		<b>3</b>	<b>0</b>	7	
			<u>t23%A</u>	<b>8</b>	6,03
			<b>16</b>	6,07	
			<b>30</b>	6,35	
			<b>0</b>	7	
			<u>t24%B</u>	<b>8</b>	6,08
			<b>16</b>	6,10	
			<b>30</b>	6,20	

**Anexo 2.** Resumen de los datos obtenidos de temperatura

		Repetición	Tratamiento	Día	Temperatura °C
Plaguicida 1 (MALATIÓN)	Sin humato	1	<u>t1@A</u>	0	21,3
				8	17,8
				16	19,90
				30	20,70
			<u>t2@B</u>	0	21,3
				8	17,8
				16	19,90
				30	20,60
		2	<u>t3@A</u>	0	21,3
				8	17,7
				16	19,90
				30	20,60
			<u>t4@B</u>	0	21,3
				8	17,7
				16	19,90
				30	20,80
		3	<u>t5@A</u>	0	21,3
				8	17,7
				16	19,90
				30	20,60
			<u>t6@B</u>	0	21,3
				8	17,7
				16	19,00
				30	21,00
Plaguicida 2 (MANCOZEB)	Sin humato	1	<u>t7#A</u>	0	21,3
				8	17,7
				16	19,70
				30	21,20
			<u>t8#B</u>	0	21,3
				8	17,7
				16	19,60
				30	21,20
		2	<u>t9#A</u>	0	21,3
				8	17,8
				16	19,90
				30	21,20
			<u>t10#B</u>	0	21,3

				<b>8</b>	17,8
				<b>16</b>	19,90
				<b>30</b>	21,10
		<b>3</b>	<u>t11#A</u>	<b>0</b>	21,3
				<b>8</b>	17,7
				<b>16</b>	19,90
				<b>30</b>	21,10
			<u>t12#B</u>	<b>0</b>	21,3
				<b>8</b>	17,8
				<b>16</b>	19,90
				<b>30</b>	21,10
<b>Plaguicida 1 (MALATIÓN)</b>	<b>Con humato</b>	<b>1</b>	<u>t13\$A</u>	<b>0</b>	21,3
				<b>8</b>	18
				<b>16</b>	19,90
				<b>30</b>	21,00
			<u>t14\$B</u>	<b>0</b>	21,3
				<b>8</b>	18,1
				<b>16</b>	20,00
				<b>30</b>	21,00
		<b>2</b>	<u>t15\$A</u>	<b>0</b>	21,3
				<b>8</b>	17,9
				<b>16</b>	20,00
				<b>30</b>	21,10
			<u>t16\$B</u>	<b>0</b>	21,3
				<b>8</b>	17,9
				<b>16</b>	20,00
				<b>30</b>	21,10
		<b>3</b>	<u>t17\$A</u>	<b>0</b>	21,3
				<b>8</b>	18
				<b>16</b>	20,00
				<b>30</b>	21,10
			<u>t18\$B</u>	<b>0</b>	21,3
				<b>8</b>	18,1
				<b>16</b>	20,00
				<b>30</b>	21,10
<b>Plaguicida 2 (MANCOZEB)</b>	<b>Con humato</b>	<b>1</b>	<u>t19%A</u>	<b>0</b>	21,3
				<b>8</b>	18,1
				<b>16</b>	20,00
				<b>30</b>	21,10
			<u>t20%B</u>	<b>0</b>	21,3
				<b>8</b>	18

			16	20,00
			30	21,10
	2	<u>t21%A</u>	0	21,3
			8	18
			16	20,00
			30	21,10
		<u>t22%B</u>	0	21,3
			8	18,1
			16	20,00
			30	21,10
	3	<u>t23%A</u>	0	21,3
			8	18,2
			16	20,00
			30	21,20
		<u>t24%B</u>	0	21,3
			8	18,1
			16	20,00
			30	21,20

**Anexo 3.** Visita a los jefes nativos de la zona para la elaboración de la línea base.



**Anexo 4.** Secuencia de todo el proceso de experimentación de las haciendas con plaguicidas.

4.1. Fase de visita de campo a las haciendas bananeras en la parroquia Puerto Limón

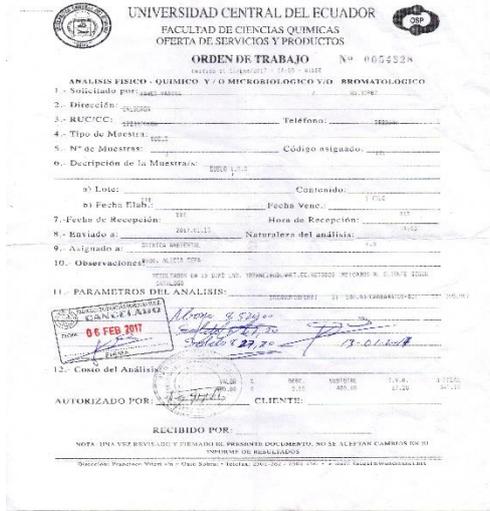
<p><b>1</b></p>	<p>Visita a la primera hacienda del señor Miguel Agualón dueño de 15 Ha bananeras.</p>	
<p><b>2</b></p>	<p>Proceso para la toma de muestra compuesta de la primera hacienda bananera.</p>	

<p>3</p>	<p>Proceso de cuarteo para la formación de la muestra.</p>	
<p>4</p>	<p>Visita a la segunda hacienda de la señora Guadalupe Bone dueña de 11 Ha bananeras.</p>	
<p>5</p>	<p>Proceso para la toma de muestra compuesta de la segunda hacienda bananera.</p>	

<p>6</p>	<p>Visita a la tercera hacienda del señor Ramiro Tahuaza dueño de 10 Ha bananeras.</p>	
<p>7</p>	<p>Proceso para la toma de muestra compuesta de la tercera hacienda bananera.</p>	

4.2. Fase para el envío de muestras al Laboratorio de la Universidad Central del Ecuador para el análisis de cromatografía de gases

<p>1</p>	<p>Empaquetado de las tres muestras compuestas</p>	
----------	--	--

<p>2</p>	<p>Rotulación de cada una de las muestras</p>	
<p>3</p>	<p>Conservación y transporte de las muestras</p>	
<p>4</p>	<p>Entrega de las muestras al Laboratorio de la Universidad Central del Ecuador.</p>	

4.3. Resultados de los análisis de las muestras por parte del Laboratorio de la Universidad Central del Ecuador sobre el análisis de cromatografía de gases

4.3.1. Resultados de la cromatografía de gases de la primera hacienda bananera.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 43276  
ORDEN DE TRABAJO No. 54828

SOLICITADO POR:	YANEZ YADIRA		
DIRECCION DEL CLIENTE:	CALDERON		
MUESTRA DE:	SUELO		
DESCRIPCIÓN:	SUELO 1: PUERTO LIMÓN VÍA Km 15		
FECHA DE RECEPCIÓN:	13/01/2017	HORA DE RECEPCIÓN:	14H03
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 13/01/2017 AL 24/01/2016		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	26/01/2017		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	CAFÉ CLARO	ESTADO:	SOLIDO
CONTENIDO:	1 Kg		
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la factura.		

RESULTADOS				
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
<b>CARBAMATOS</b>				
* ALDICARB SULFOXIDO	mg/Kg	< 0,5	CROMATOGRAFIA DE ALTA RESOLUCION Y EXTRACCION EN FASE SOLIDA	-
* OXAMYL	mg/Kg	< 0,5		-
* METHOMYL	mg/Kg	< 0,5		-
* 3 HIDROXI CARBOFURAN	mg/Kg	< 0,5		-
* ALDICARB	mg/Kg	< 0,5		-
* PROPOXUR	mg/Kg	< 0,5		-
* CARBOFURAN	mg/Kg	< 0,5		-
* CARBARYL	mg/Kg	< 0,5		-
* 1 NAPHTOL	mg/Kg	< 0,5	-	
<b>ORGANOFOSFORADOS</b>				
* o,o,o-TRITILFOSFOROTIIONATO	mg/Kg	< 0,10	MAL-81 / EPA 8270 D	-
* THIONAZIN	mg/Kg	< 0,10		-
* SULFOTEP	mg/Kg	< 0,10		-
* PHORATE	mg/Kg	< 0,10		-
* DIMETOATE	mg/Kg	< 0,10		-
* DIANIZON	mg/Kg	< 0,10		-
* DISULFOTON	mg/Kg	< 0,10		-
* METIL PARATION	mg/Kg	< 0,10		-
* MALATION	mg/Kg	< 0,10		-
* ETIL PARATION	mg/Kg	< 0,10		-
* ETHION	mg/Kg	< 0,10		-
* FAMPUR	mg/Kg	< 0,10		-



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE ÁREA DE AMBIENTAL



1/1

RAM-4.1.04

Anexo 4.3.2. Resultados de la cromatografía de gases de la segunda hacienda bananera.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 43277  
ORDEN DE TRABAJO No. 54828

SOLICITADO POR:	YANEZ YADIRA		
DIRECCION DEL CUENTE:	CALDERON		
MUESTRA DE:	SUELO		
DESCRIPCIÓN:	SUELO 2: PUERTO LIMÓN VÍA Km 16		
FECHA DE RECEPCIÓN:	13/01/2017	HORA DE RECEPCIÓN:	14H03
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 13/01/2017 AL 24/01/2016		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	26/01/2017		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	CAFÉ CLARO	ESTADO:	SOLIDO
		CONTENIDO:	1 Kg
OBSEVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la factura.		

RESULTADOS				
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
CARBAMATOS				
* ALDICARB SULFOXIDO	mg/Kg	< 0,5	CROMATOGRAFIA DE ALTA RESOLUCION Y EXTRACCION EN FASE SOLIDA	-
* OXAMYL	mg/Kg	< 0,5		-
* METHOMYL	mg/Kg	< 0,5		-
* 3 HIDROXI CARBOFURAN	mg/Kg	< 0,5		-
* ALDICARB	mg/Kg	< 0,5		-
* PROPOXUR	mg/Kg	< 0,5		-
* CARBOFURAN	mg/Kg	< 0,5		-
* CARBARYL	mg/Kg	< 0,5		-
* 1 NAPHTOL	mg/Kg	< 0,5		-
ORGANOFOSFORADOS				
* o,o,o-TRIETILFOSFOROTIONATO	mg/Kg	< 0,10	MAL-81 / EPA 8270 D	-
* THIONAZIN	mg/Kg	< 0,10		-
* SULFOTEP	mg/Kg	< 0,10		-
* PHORATE	mg/Kg	< 0,10		-
* DIMETOATE	mg/Kg	< 0,10		-
* DIANIZON	mg/Kg	< 0,10		-
* DISULFOTON	mg/Kg	< 0,10		-
* METIL PARATION	mg/Kg	< 0,10		-
* MALATION	mg/Kg	< 0,10		-
* ETIL PARATION	mg/Kg	< 0,10		-
* ETHION	mg/Kg	< 0,10		-
* FAMPUR	mg/Kg	< 0,10		-



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE ÁREA DE AMBIENTAL



2 1/1

RAM-4.1.04

Anexo 4.3.3. Resultados de la cromatografía de gases de la tercera hacienda bananera.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 43278  
ORDEN DE TRABAJO No. 54828

SOLICITADO POR:	YANEZ YADIRA		
DIRECCION DEL CLIENTE:	CALDERON		
MUESTRA DE:	SUELO		
DESCRIPCIÓN:	SUELO 3: VÍA SAN LUIS (SANTO DOMINGO)		
FECHA DE RECEPCIÓN:	13/01/2017	HORA DE RECEPCIÓN:	14H03
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 13/01/2017 AL 24/01/2016		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	26/01/2017		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	CAFÉ CLARO	ESTADO:	SOLIDO
		CONTENIDO:	1 Kg
OBDDERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la factura.		

RESULTADOS				
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
CARBAMATOS				
* ALDICARB SULFOXIDO	mg/Kg	< 0,5	CROMATOGRAFIA DE ALTA RESOLUCION Y EXTRACCION EN FASE SOLIDA	-
* OXAMYL	mg/Kg	< 0,5		-
* METHOMYL	mg/Kg	< 0,5		-
* 3 HIDROXI CARBOFURAN	mg/Kg	< 0,5		-
* ALDICARB	mg/Kg	< 0,5		-
* PROPOXUR	mg/Kg	< 0,5		-
* CARBOFURAN	mg/Kg	< 0,5		-
* CARBARYL	mg/Kg	< 0,5		-
* 1 NAPHTOL	mg/Kg	< 0,5	-	
ORGANOFOSFORADOS				
* o,o,o-TRIETILFOSFOROTIONATO	mg/Kg	< 0,10	MAL-81 / EPA 8270 D	-
* THIONAZIN	mg/Kg	< 0,10		-
* SULFOTEP	mg/Kg	< 0,10		-
* PHORATE	mg/Kg	< 0,10		-
* DIMETOATE	mg/Kg	< 0,10		-
* DIANIZON	mg/Kg	< 0,10		-
* DISULFOTON	mg/Kg	< 0,10		-
* METIL PARATION	mg/Kg	< 0,10		-
* MALATION	mg/Kg	< 0,10		-
* ETIL PARATION	mg/Kg	< 0,10		-
* ETHION	mg/Kg	< 0,10		-
* FAMPUR	mg/Kg	< 0,10		-



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE AREA DE AMBIENTAL

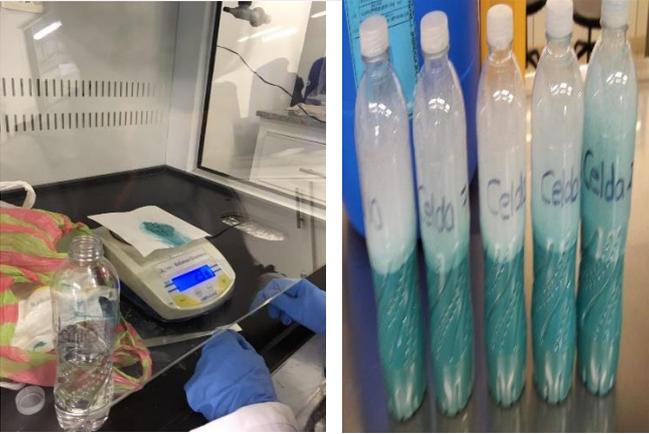


3/11

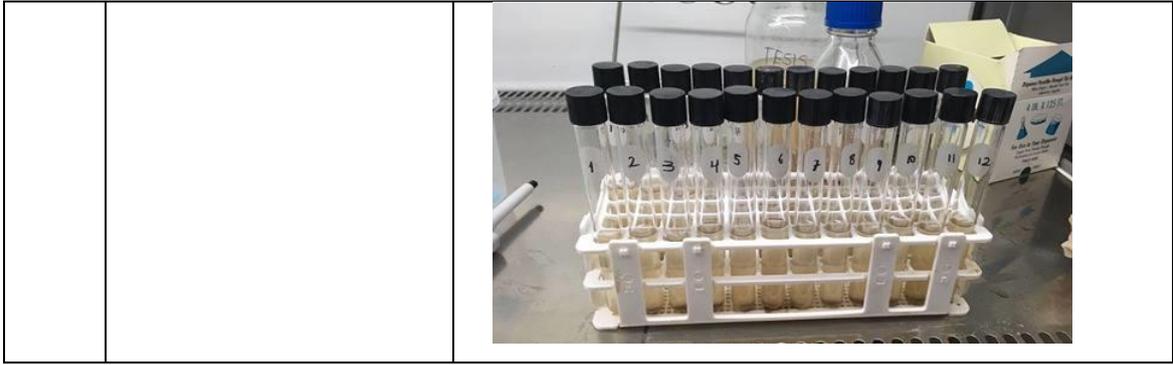
RAM-4.1.04

**Anexo 5.** Secuencia de todo el proceso de experimentación del suelo virgen utilizado en la experimentación en el Laboratorio de la Universidad de Las Américas

1	Visita a la hacienda del señor Fausto Cárdenas dueño de 100 Ha	
2	Proceso para la toma de muestra del suelo virgen	
3	Empaquetado de las muestras en saquillos impermeables para la conservación del suelo.	
4	Pesar cinco kilogramos del suelo virgen para cada bandeja de experimentación.	

<p>5</p>	<p>Tamizar cada una de las muestras de las celdas experimentales.</p>	
<p>6</p>	<p>Colocar los 5 kilogramos en cada una de las bandejas y disponerlas en una repisa.</p>	
<p>7</p>	<p>Cubrir la repisa con un toldo oscuro para mantener las condiciones climáticas similares en todas las celdas experimentales.</p>	
<p>8</p>	<p>Preparación y adición de los plaguicidas según corresponda a cada bandeja.</p>	

		
9	Medición de los parámetros controlados durante la fase experimental.	



**Anexo 6.** Resumen de los resultados obtenidos durante la fase exoexperimental.

	Repetición	Tratamiento	Día	Propiedades químicas				Propiedades biológicas		
				pH	Temperatura C°	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Materia orgánica (%)	N° total de conteo	Logaritmo natural (ln)	N° de colonias
Plaguicida 1 (MALATIÓN)	1	t1@A	0	7	21,3	1,7	31,05	430	6,06	4
			8	5,18	17,8	15,20	15,39	420	6,04	3
			16	5,80	19,90	16,75	16,59	92	4,52	2
		30	5,98	20,70	17,75	13,91	40	3,69	2	
		0	7	21,3	1,7	31,05	430	6,06	4	
		8	5,57	17,8	7,12	17,29	372	5,92	3	
	2	t2@B	16	5,90	19,90	9,70	17,29	116	4,75	2
			30	6,03	20,60	11,70	18,81	72	4,28	2
			0	7	21,3	1,7	31,05	430	6,06	4
		8	5,37	17,7	15,14	14,64	296	5,69	3	
		16	5,63	19,90	15,60	17,29	96	4,56	2	
		30	5,82	20,60	16,60	17,69	96	4,56	2	
3	t3@A	0	7	21,3	1,7	31,05	430	6,06	4	
		8	5,57	17,7	8,12	12,56	340	5,83	4	
		16	5,70	19,90	9,72	11,52	76	4,33	1	
	30	5,77	20,80	10,72	13,05	56	4,03	1		
	0	7	21,3	1,7	31,05	430	6,06	4		
	8	5,37	17,7	16,11	15,52	260	5,56	3		
Sin humato	t4@B	16	5,67	19,90	16,56	14,17	84	4,43	2	
		30	5,99	20,60	17,56	16,64	60	4,09	2	
		0	7	21,3	1,7	31,05	430	6,06	4	
	8	5,50	17,7	7,10	12,88	244	5,50	4		
	16	5,70	19,00	8,58	13,85	120	4,79	1		
	30	5,77	20,80	10,72	13,05	56	4,03	1		

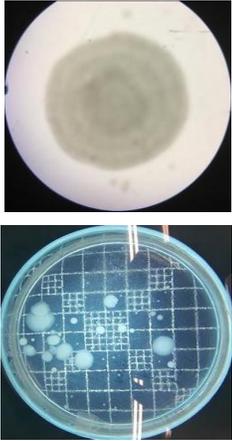
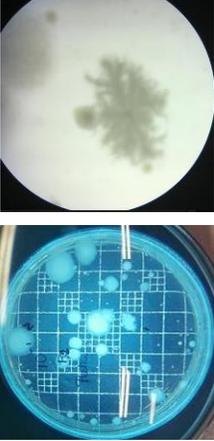
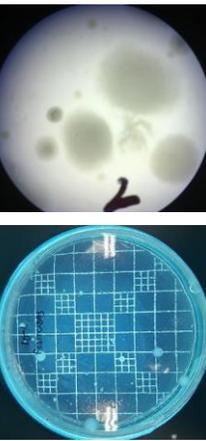
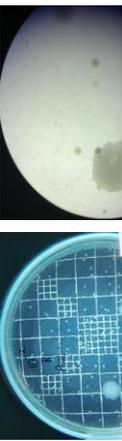
		30	5,88	21,00	9,58	14,41	28	3,33	1	
		Propiedades químicas					Propiedades biológicas			
Repetición	Tratamiento	Día	pH	Temperatura C°	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Materia orgánica (%)	N° total de conteo	Logaritmo natural (ln)	N° de colonias	
										Plaguicida 2 (MANCOZEB)
1	t7#A	0	7	21,3	1,7	31,05	430	6,06	4	
		8	5,61	17,7	14,11	15,64	332	5,81	2	
		16	6,10	19,70	15,58	14,66	72	4,28	2	
		30	6,40	21,20	16,32	16,17	40	3,69	1	
	t8#B	0	7	21,3	1,7	31,05	430	6,06	4	
		8	5,79	17,7	6,13	11,52	288	5,66	3	
		16	6,03	19,60	7,63	12,17	64	4,16	2	
		30	6,30	21,20	10,63	13,93	48	3,87	2	
	t9#A	0	7	21,3	1,7	31,05	430	6,06	4	
		8	5,96	17,8	14,11	11,08	236	5,46	3	
		16	6,10	19,90	14,69	12,29	96	4,56	2	
		30	6,42	21,20	15,39	14,41	32	3,47	2	
t10#B	0	7	21,3	1,7	31,05	430	6,06	4		
	8	6,02	17,8	6,10	15,52	248	5,51	3		
	16	6,03	19,90	8,62	16,32	100	4,61	2		
	30	6,09	21,10	9,62	13,17	16	2,77	1		
t11#A	0	7	21,3	1,7	31,05	430	6,06	4		
	8	6,15	17,7	15,11	10,62	188	5,24	3		
	16	6,20	19,90	15,64	10,80	104	4,64	2		
	30	6,29	21,10	16,64	11,49	8	2,08	1		
t12#B	0	7	21,3	1,7	31,05	430	6,06	4		
	8	6,19	17,8	6,10	16,92	72	4,28	2		

		16	6,21	19,90	7,66	16,73	68	4,22	2	
		30	6,69	21,10	9,66	17,29	20	3,00	2	
		Propiedades químicas								
Repetición	Tratamiento	Día	pH	Temperatura C°	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Materia orgánica (%)	N° total de conteo	Logaritmo natural (ln)	N° de colonias	
										Propiedades biológicas
Plaguicida 1 (MALATIÓN)	1	t13\$A	0	7	21,3	1,7	36,1	430	6,06	4
			8	5,62	18	5,17	19,29	200	5,30	3
			16	5,80	19,90	8,73	22,76	80	4,38	2
			30	5,85	21,00	9,73	23,41	8	2,08	2
		0	7	21,3	1,7	36,1	430	6,06	4	
		8	5,61	18,1	1,85	24,41	188	5,24	3	
	2	t14\$B	16	5,80	20,00	2,22	25,08	144	4,97	2
			30	5,86	21,00	3,22	28,81	184	5,21	2
			0	7	21,3	1,7	36,1	430	6,06	4
			8	5,95	17,9	6,16	21,85	156	5,05	3
			16	6,00	20,00	7,17	23,76	100	4,61	1
			30	5,95	21,10	9,17	24,29	148	5,00	2
3	t15\$A	0	7	21,3	1,7	36,1	430	6,06	4	
		8	5,80	17,9	3,15	25,85	140	4,94	3	
		16	5,90	20,00	3,32	27,76	104	4,64	1	
		30	5,92	21,10	4,32	28,29	176	5,17	2	
		0	7	21,3	1,7	36,1	430	6,06	4	
		8	5,74	18	6,17	24,41	288	5,66	3	
Con humato	t16\$B	16	5,80	20,00	9,36	22,56	188	5,24	1	
		30	5,84	21,10	13,36	21,29	192	5,26	2	
		0	7	21,3	1,7	36,1	430	6,06	4	
		8	5,84	21,10	1,7	36,1	430	6,06	4	
t17\$A	16	5,80	20,00	9,36	22,56	188	5,24	1		
	30	5,84	21,10	13,36	21,29	192	5,26	2		
	0	7	21,3	1,7	36,1	430	6,06	4		
	8	5,74	18	6,17	24,41	288	5,66	3		
t18\$B	16	5,80	20,00	9,36	22,56	188	5,24	1		
	30	5,84	21,10	13,36	21,29	192	5,26	2		
	0	7	21,3	1,7	36,1	430	6,06	4		
	8	5,74	18	6,17	24,41	288	5,66	3		

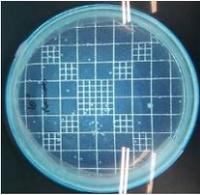




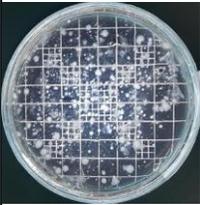
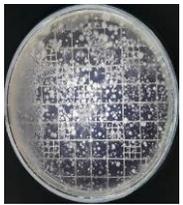
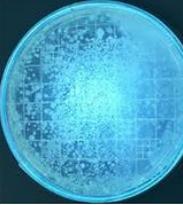
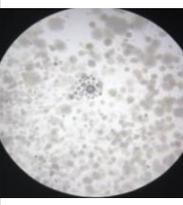
**Anexo 7.** Evidencia fotográfica de la diversidad microbiana en la fase experimental al día cero del inicio del trabajo investigativo.

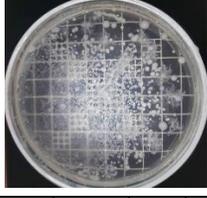
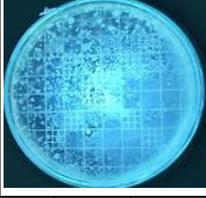
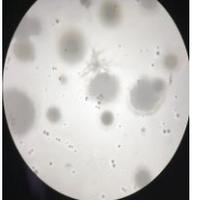
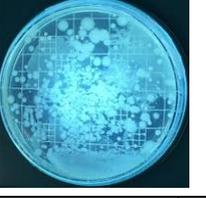
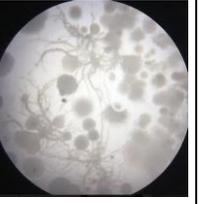
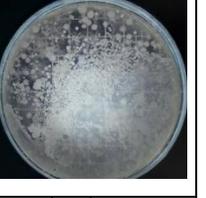
Tratamientos y réplicas	N° de repeticiones	N° total de conteo	N° de colonias	Descripción	Evidencia fotográfica (100X)
1		445	3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Forma circular pequeña, color verdoso</li> <li>2. Forma irregular, color amarillento</li> <li>3. Forma circular, color verdoso</li> </ol>	
2		399	3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Forma circular, color amarillento</li> <li>2. Forma irregular, color verdoso</li> <li>3. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso</li> </ol>	
3		289	2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Forma circular, color amarillento</li> <li>2. Forma irregular, color verdoso</li> <li>3. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso</li> </ol>	
1		386	2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Forma circular, color amarillo verdoso</li> </ol>	

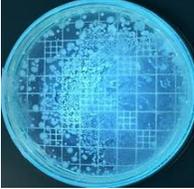
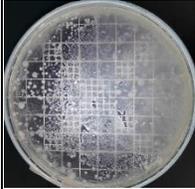
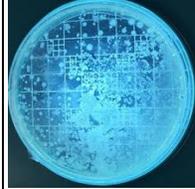
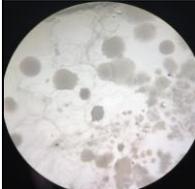
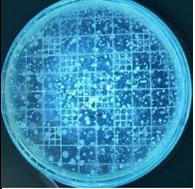


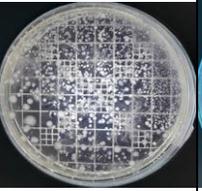
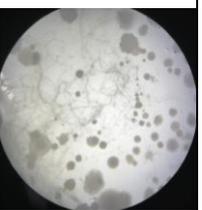
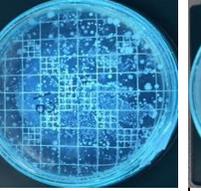
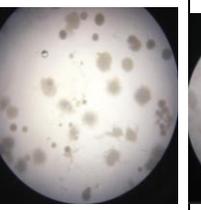
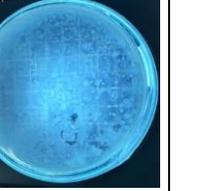
3		285	2	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 
				2. Forma irregular, color verdoso	

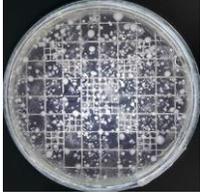
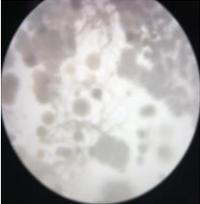
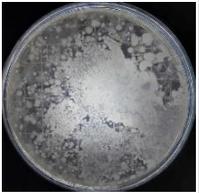
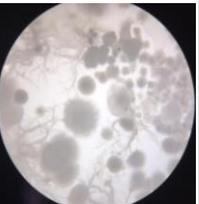
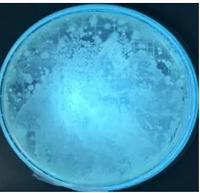
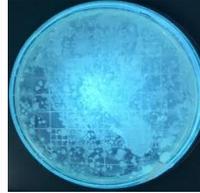
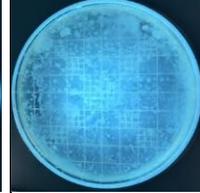
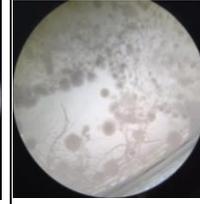
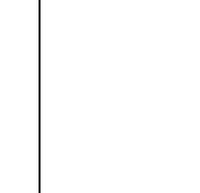
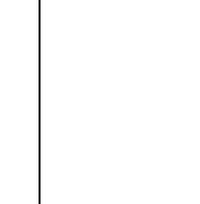
**Anexo 8.** Evidencia fotográfica de la diversidad microbiana en la fase experimental al día ocho del trabajo investigativo.

Tratamientos y réplicas	N° de repeticiones	N° total de conteo	N° de colonias	Descripción	Evidencia fotográfica (100X)
1	1	420	3	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 
				2. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	
				3. Forma irregular, color verdoso	
2	1	372	3	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 
				2. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	
				3. Forma irregular mediana, color verdoso	
3	1	296	3	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	 
				2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	

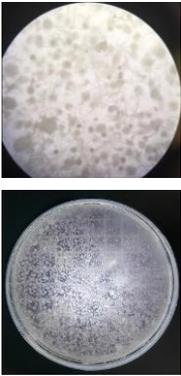
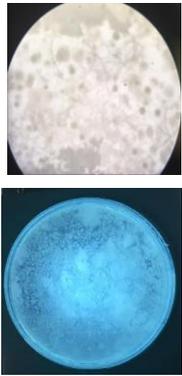
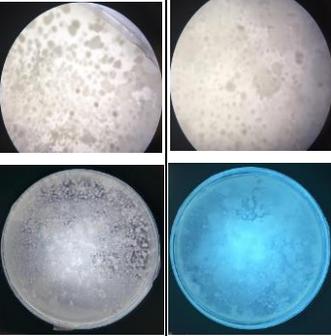
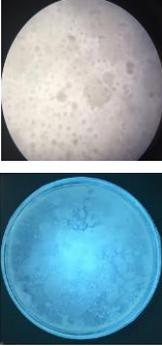
4	1	340	4	3. Forma circular doble, color amarillentas	 
				1. Forma circular con centro, color verdoso	
				2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	
				3. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	
5	1	260	3	4. Forma irregular mediana, color verdoso	 
				1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	
				2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	
6	1	244	4	3. Forma irregular mediana, color verdoso	 
				1. Forma irregular mediana, color verdoso	
				2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	
				3. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	
7	1	332	2	4. Forma irregular con formas circulares a su alrededor, color verdoso.	 
				1. Forma irregular mediana, color verdoso	
				2. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	
8	1	288	3	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	 
				2. Forma irregular mediana, color verdoso	
				3. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	

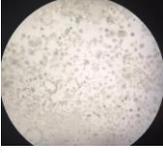
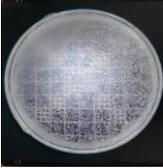
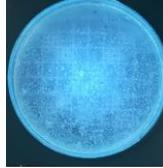
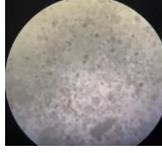
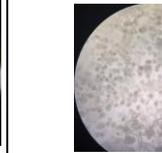
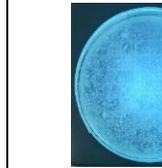
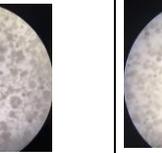
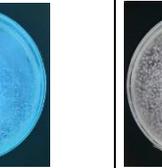
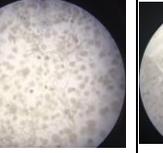
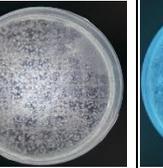
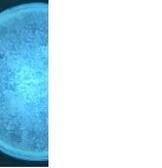
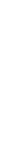
9	1	236	3	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		
				3. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
10	1	248	3	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		
				3. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
11	1	188	3	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		
				3. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
12	1	72	2	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		
13	1	200	3	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		
				3. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
14	1	188	3	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		

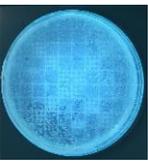
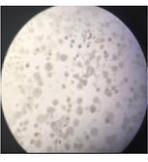
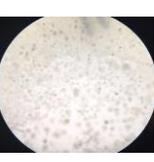
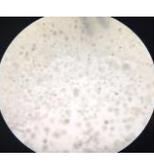
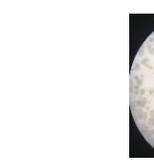
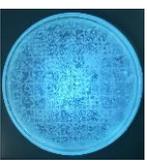
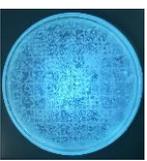
					3. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 
15	1	156	3	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	3. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		
				3. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
16	1	140	3	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	3. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		
				3. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
17	1	288	3	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	3. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		
				3. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
18	1	168	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	2. Forma irregular mediana, color verdoso	 
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		
19	1	168	2	1. Forma irregular mediana, color verdoso	2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 
				2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		

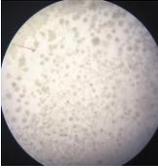
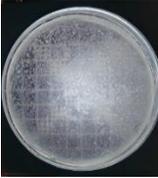
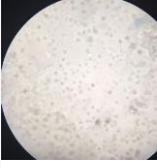
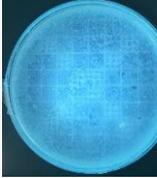
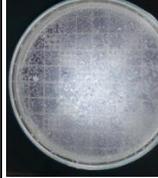
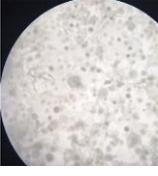
20	1	272	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		
21	1	264	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		
22	1	160	3	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		
				3. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
23	1	188	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		
24	1	216	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
				2. Forma irregular mediana, color verdoso		

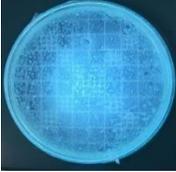
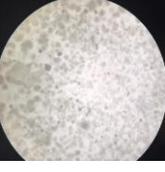
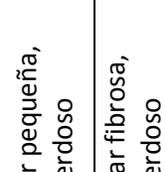
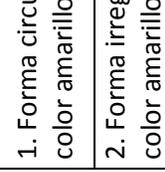
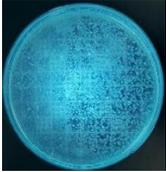
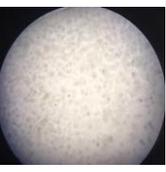
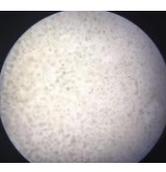
**Anexo 9.** Evidencia fotográfica de la diversidad microbiana en la fase experimental al día dieciséis del trabajo investigativo.

Tratamientos y réplicas	N° de repeticiones	N° total de conteo	In (logaritmo)	N° de colonias	Descripción	Evidencia fotográfica (100X)
1	1	92	4,521788577	2	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso 2. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	
2	1	116	4,753590191	2	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso 2. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	
3	1	96	4,564348191	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso 2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	
4	1	76	4,33073334	1	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	

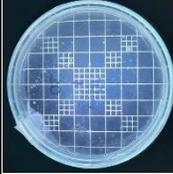
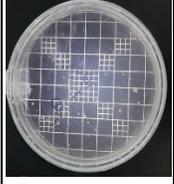
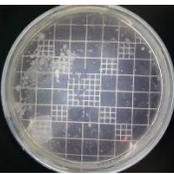
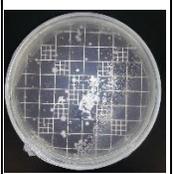
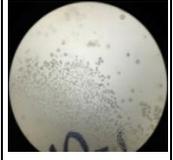
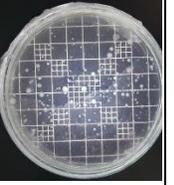
5	1	84	4,430816799	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
					2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
6	1	120	4,787491743	1	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
					2. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
7	1	72	4,276666119	2	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
					2. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
8	1	64	4,158883083	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
					2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
9	1	96	4,564348191	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
					2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
10	1	100	4,605170186	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		

11	1	104	4,644390899	2	2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 
12	1	68	4,219507705	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	 
					2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 
13	1	80	4,382026635	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	 
					2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 
14	1	144	4,9698133	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	 
					2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 

15	1	100	4,605170186	1	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
16	1	104	4,644390899	1	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
17	1	188	5,236441963	1	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
18	1	132	4,882801923	2	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
					2. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
19	1	140	4,941642423	2	1. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
					2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		

20	1	176	5,170483995	1	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
21	1	192	5,257495372	2	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
					2. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso		
22	1	140	4,941642423	1	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
23	1	184	5,214935758	1	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		
24	1	156	5,049856007	1	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso		

**Anexo 10.** Evidencia fotográfica de la diversidad microbiana en la fase experimental al día treinta del trabajo investigativo.

Tratamientos y réplicas	N° de repeticiones	N° total de conteo	In (logaritmo)	N° de colonias	Descripción	Evidencia fotográfica (100X)
1	1	40	3,688879454	2	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso 2. Forma irregular fibrosa, color amarillo verdoso	 
2	1	72	4,276666119	2	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso 2. Forma irregular mediana, color amarillo verdoso	 
3	1	96	4,564348191	2	1. Forma irregular mediana, color amarillo verdoso 2. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 
4	1	56	4,025351691	1	1. Forma circular pequeña, color amarillo verdoso	 
5	1	60	4,094344562	2	1. Forma irregular mediana, color amarillo verdoso	 









**Anexo 11.** Cadena de custodia de las muestras compuestas de las 3 fincas bananeras.

CADENA DE CUSTODIA		TIPO DE ANÁLISIS REQUERIDO		
<b>DATOS DE LA EMPRESA</b>	UNIVERSIDAD CENTRAL DE ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS (OSP)	1	2	3
<b>NOMBRE DEL CLIENTE</b>	Nancy Sarrade Yadira Yáñez	Cromatografía de alta resolución y extracción en fase sólida (carbamato)	MAL81EPA8270D (organofosforado)	
<b>FECHA DEL MUESTREO</b>	11/1/2017			
<b>N° DEL PROYECTO</b>	1			
<b>N° DE SOLICITUD</b>	54828			
<b>Identificación de la muestra</b>	Muestra Agualón M.	<b>COMENTARIOS</b>		
	Muestra Bone G.			
	Muestra Tahuaza R.			
<b>Código de muestra Lab.</b>	MG01			
	BG02			
	TR03			
<b>Fecha del muestreo</b>	11/1/2017			
	11/1/2017			
	11/1/2017			
<b>Hora de muestreo</b>	13:03 p. m.			
	15:23 p. m.			
	16:00 p. m.			
<b>N° Envase</b>	Ziplock			
<b>Condiciones</b>	Refrigeración 4°C			

**Anexo 12.** Tríptico para el uso ecológico de plaguicidas

## Maneras eficientes y económicas de uso de plaguicidas

### ¡Para ti compañero agricultor que utilizas los plaguicidas!

Matación para controlar la plaga de cochinilla harinosa (Pseudococcidae) y mancozeb para el control de la plaga de sigatoka negra (Mycosphaerella fijensis).



Cochinilla Harinosa

### ¿Sabías que?

Los plaguicidas disminuyen la calidad del suelo y para recuperarlo tendrías que invertir altas cantidades de dinero.



Sigatoka Negra

## Tenemos la mejor solución para ti

### ¿Que debes utilizar?

Amigo, debes utilizar un agente bloqueador que te permitirá: reducir el consumo del plaguicida, proteger al suelo y ayudarlo para que se recupere más rápido. Los humatos son sales de ácidos húmicos y fúlvicos de Na y K, que ejecutan este trabajo porque inmovilizan a los residuos de pesticidas y facilitan su biodegradación, reduciendo su toxicidad y movilidad ambiental; adicionalmente, actúan como agentes quelantes de microelementos (solubilización) y de metales pesados (precipitación),



Humato

contribuyendo a generar condiciones adecuadas para los procesos naturales de formación y acumulación de materia orgánica y microorganismos necesarios para recuperar la fertilidad de los suelos.

### ¿Cómo hacerlo?

Debes preparar una solución 0,01% de humato diluyendo 1l de este producto en 400 litros., que se aplican en una Ha de cultivo. La mejor forma de ahorrar plaguicida hasta en un 25% es aplicarlo conjuntamente con humato.



Después de preparar la solución debes fumigar en la plantación como lo haces regularmente tomando todas las medidas de seguridad.



# Uso ecológico de plaguicidas



## ¿Con qué frecuencia de uso?

- Amigo, debes utilizar un agente bloqueador que Frecuencia de uso.
- Cada vez que se fumigue
- Previo a la siembra
- En la floración (evita la caída de las flores).

## ¿Cuáles son sus ventajas?

- Disminución del consumo de pesticidas
- Reducción del daño a la fertilidad del suelo
- Mayor eficiencia en el control de plagas con menor dosis
- Ahorro en la compra de plaguicida.
- No hay toxicidad residual.



Nancy Sarrade  
Yadira Yáñez



