

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



INCIDENCIA DEL BOCASHI, GALLINAZA Y SU COMBINACIÓN CON  
FERTILIZANTES QUÍMICOS EN LA MEJORA DE LA FERTILIDAD DEL SUELO  
Y EN LOS RENDIMIENTOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.), SAN JUAN OPICO, LA  
LIBERTAD.

POR:

FLOR NOEMÍ QUINTANILLA MENJÍVAR

CELIA CAROLINA YANES VILORIO

CAROLINA BEATRIZ MONGE DE CASTRO

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2013.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



INCIDENCIA DEL BOCASHI, GALLINAZA Y SU COMBINACIÓN CON  
FERTILIZANTES QUÍMICOS EN LA MEJORA DE LA FERTILIDAD DEL SUELO  
Y EN LOS RENDIMIENTOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.), SAN JUAN OPICO, LA  
LIBERTAD.

POR:

FLOR NOEMÍ QUINTANILLA MENJÍVAR

CELIA CAROLINA YANES VILORIO

CAROLINA BEATRIZ MONGE DE CASTRO

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2013.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE



INCIDENCIA DEL BOCASHI, GALLINAZA Y SU COMBINACIÓN CON  
FERTILIZANTES QUÍMICOS EN LA MEJORA DE LA FERTILIDAD DEL SUELO  
Y EN LOS RENDIMIENTOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.), SAN JUAN OPICO, LA  
LIBERTAD.

POR:

FLOR NOEMÍ QUINTANILLA MENJÍVAR  
CELIA CAROLINA YANES VILORIO  
CAROLINA BEATRIZ MONGE DE CASTRO

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2013.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL:

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

ING. AGR. M. SC JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO:

ING. AGR. M. SC LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE

ING. AGR. SALOMÓN ANTONIO RIVAS MARTÍNEZ

---

DOCENTES DIRECTORES

ING. AGR. CARLOS ALBERTO AGUIRRE CASTRO

---

ING. AGR. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO

---

ING. AGR. ELDER GUARDADO LÓPEZ

---

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. AGR. SABAS ALBERTO ARGUETA PALACIOS

---

## RESUMEN

El mantenimiento de la capacidad productiva del suelo, requiere integrar prácticas de nutrición vegetal y de mejoramiento del suelo; mediante la aplicación de abonos orgánicos y fertilizantes. Con esta actividad se puede contribuir a resolver la problemática de la pérdida de productividad de los suelos en terrenos de ladera. El presente proyecto se ejecutó en el cantón la Nueva Encarnación, municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad; con el objetivo de evaluar la incidencia de los abonos bocashi, gallinaza y su combinación con fertilizantes químicos, en la fertilidad del suelo y el incremento en el rendimiento de maíz; bajo el supuesto de que la aplicación de los abonos orgánicos, combinados con fertilizantes químicos, incrementa los rendimientos de maíz y mejoran la fertilidad del suelo. El experimento se realizó durante el periodo de época lluviosa, en suelos de la serie Azacualpa, pertenecientes al Gran grupo Latosol Arcillo Rojizo; cuya textura es franco arcilloso y ubicado en zonas alomadas. En la metodología estadística se aplicó un diseño de bloques completos al azar, con 5 repeticiones y 5 tratamientos: T1, gallinaza 2.42 t/ha, T2, bocashi 3.03 t/ha, T3, gallinaza 2.42 t/ha + químico (18-46-0) 113.63 kg/ha, Urea 48.7 kg/ha, sulfato de amonio 66.55 kg/ha, T4, bocashi 3.03 t/ha + químico (18-46-0) 113.63 kg/ha, Urea 48.7 kg/ha, sulfato de amonio 66.55 kg/ha y T5, químico (18-46-0) 227.27 kg/ha, urea 97.4 kg/ha. Sulfato de amonio 133.11 kg/ha.

La variable independiente, en estudio, fue los abonos orgánicos y fertilizantes; las dependientes fueron el rendimiento del maíz y la fertilidad del suelo; para dar respuesta a dichas variables se tomaron datos de altura, diámetro de plantas y peso seco del grano, nutrientes disponibles, densidad y porosidad del suelo. Los datos para el suelo se complementaron con el análisis cualitativo de microorganismos y la cromatografía de papel. La evaluación financiera a través de la relación beneficio-costos.

Los análisis iniciales, químico y cromatográfico, determinaron que el suelo, presentó un bajo nivel de fósforo con 4 ppm y un nivel alto de potasio con 183.72 ppm; lo cual se reflejó en el análisis cromatográfico; sin embargo, al finalizar el ensayo, el suelo mostró una alta disponibilidad de nutrientes en los cinco tratamientos; siendo el T2, bocashi con mayor cantidad de fósforo y potasio (62.2 ppm P y 229 ppm K, considerado nivel alto en ambos casos); comparado con el tratamiento de fertilizante que fue bajo (P 12 ppm, aunque el potasio siempre fue alto). En el análisis cromatográfico, se reflejó dicha disponibilidad de nutrientes, con una buena actividad biológica, manifestado por la

presencia de nitrógeno y actividad enzimática, a la vez una disminución en la densidad aparente que mejoró la porosidad del suelo y contribuyó al crecimiento y desarrollo de las plantas; principalmente cuando se aplicó T4 bocashi, combinado con fertilizantes químicos, que mostró el mayor rendimiento en peso seco de maíz (27.33 qq/ha) y el menor rendimiento con T2 bocashi (19.50 qq/ha); sin embargo estadísticamente no existió diferencias significativas entre tratamientos.

El periodo de sequía reportado por el SNET (2012), durante los meses de junio- julio, que coincidió con el desarrollo del cultivo y afectó sus rendimientos; al realizar el análisis económico beneficio-costos, resultó que los costos de producción fueron mayores que los ingresos, esto no quiere decir que la agricultura alternativa no es rentable, ya que la gallinaza presentó mejores beneficios que el resto de los otros tratamientos.

Palabras claves: Bocashi, gallinaza, rendimiento, maíz, cromatografía.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso por el don de la vida y por las personas que ha puesto a lo largo de mi camino, por acompañar y proteger cada uno de mis pasos.

A nuestra virgen María por ser la madre fiel que guía nuestra vida y que nunca nos desampara.

A mis amados padres Rigoberto Quintanilla Galdámez y María Celia Menjívar Serrano, por ser los seres humanos más valientes y luchadores que he conocido, por animarme a seguir luchando por mis ideales, por respaldar cada uno de mis pasos y no dejarme sola en ningún momento de mi vida.

A mis amados hermanos Cesar Melvin (Q.D.E.P), Rosa Lilian, Walter Alexander, Isidro Trinidad, María Emilia, Francisco, Amalia, Rigoberto, Marina, Cesar Israel, Oscar Geovani Quintanilla Menjívar, por estar pendiente de cada momento de mi carrera, de mi vida y animándome a salir adelante.

A mis sobrinos Celia Stefanie, Juan Miguel, José Ricardo, Emerson Geovani, Melvin Alexander, Nathanael Alberto, Estrella Aneliss y Dayana Esther, por ser parte importante en mi vida y en mi camino.

A las Hermanas de la Asunción que siempre han estado pendientes de la evolución que he tenido a lo largo de mi vida y carrera, motivando cada uno de mis pasos.

A Joaquina y Pilar Fajardo por regalarme la oportunidad de estudiar, por heredarme el mejor legado de un ser humano, su educación, infinitas gracias por confiar en mí y por estar pendiente constantemente de todo lo que necesitaba y como era mi evolución a lo largo del estudio.

A nuestros asesores de tesis: Ing. Agr. Carlos Alberto Aguirre, Ing. Agr. Mario Alfredo Pérez Ascencio y al Ing. Agr. Elder Guardado López, por el tiempo, ayuda y por enseñarnos a tener una mejora constante en nuestra vida y perseverar en la mejora profesional.

A mis compañeras y amigas de tesis Celia Carolina Yanes Vilorio y Carolina Beatriz Monge de Castro, por estar ahí incondicionalmente en todo momento, acompañando las caídas y levantadas de cada una, ayudando a mejorar día a día como seres humanos.



A mis amigos y amigas Carmen Rivera, David Serrano, Irma Torres, Marlene Cartagena, Sandra Tobar, José Roberto Colocho, Ulises Salas, Lidia Mejía y Edgar Mauricio, porque han formado parte de mi vida y están constantemente presentes ayudándome a crecer y mejorar como persona.

Al Lic. Carlos Molina (Q.D.E.P), por creer en este proyecto y que se pueden mejorar las técnicas que se han aprendido e Ing. Luis Homero López Guardado, por motivarnos a realizar este proyecto.

A la Asociación de Avicultores de El Salvador (AVES), por financiarnos el trabajo de investigación y por creer que desde lo pequeño se puede transformar las vidas de las personas.

Al Ing. Elizabeth Valdés de Sánchez, Ing. María Julia Hidalgo de Sosa, Ing. Nelson Bernabé Granados, Ing. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia, Lic. Juvencio Castillo, Ing. Ludwig Vladimir Leyton Barrientos y a Dina Alvarado de Amaya, por tantos momentos que compartimos, sus consejos y su intención de ayudar a que mejorara diariamente como ser humano, les agradezco todo.

A Ing. Jorge Alberto Ulloa Erroa, por permitirnos usar el departamento para trabajar durante la ejecución del proyecto, Ing. Rafael Espino por la comprensión y el compartir que nos brindó cuando estábamos trabajando.

A todos los docentes de la Facultad de Ciencias Agronómicas por todo los conocimientos que nos impartieron a lo largo de la carrera, por empujarnos a ser excelentes profesionales y seres humanos.

A nuestra querida Alma Mater por la oportunidad que nos brinda al formarnos como nuevos profesionales, capaces de mejorar el país.

Flor Noemí Quintanilla Menjívar

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por darme la vida, por salvar mi alma y darme la sabiduría e inteligencia para conducirme en esta tierra, consciente de que todo te lo debo a ti, aquí nada es mío lo alcanzado y lo venidero te pertenece, si soy exitosa que la gente no me vea a mío, si no a ti, Jesús que eres el autor de la vida.

A mis padres Justino Yanes y Carmen Vilorio de Yanes por su apoyo incondicional por trabajar para que mis hermanos y yo tuviéramos lo necesario, por su amor y comprensión gracias.

A mis hermanos Williams Moisés, Ludís Griselda y Carlos Justino, por estar siempre apoyándome tanto económica como moralmente, gracias por ser mis amigos y hermanos.

A Feliciano Yanes por ser parte de mi familia y apoyarme junto con mis otros hermanos, gracias.

A mis sobrinos Lex, Nataly, Evelyn y Kaylee, por sus risas, por existir pequeños terremotos que me divierten con sus ocurrencias, que Dios les bendiga.

A mis amigos Jairo Aarón Vigil Sánchez y José Roberto Rafaelano Colocho, por compartir conmigo estos siete años de amistad se les agradece su apoyo, esas largas conversaciones, las discusiones y esas risas que nunca olvidare, además de las vacaciones donde el mundo parecía pequeño y podíamos llegar tan lejos como quisiéramos, son ustedes parte importante de mi vida.

A mis compañeras de tesis y amigas Flor Noemí Quintanilla Menjívar y Carolina Beatriz Monge de Castro, por compartir estos años de universidad, gracias, sé que las cosas no serían igual sin ustedes, con quien más reiría hasta llorar si no con ustedes, en los tiempos difíciles sobrevivimos juntas, somos geniales.

A Edgar Mauricio Romero Cuellar por su amistad y por compartir estos años de estudio.

A nuestra querida Alma Mater por darme la oportunidad de estudiar y formarme como un profesional competitivo.

A la Facultad de Ciencias Agronómicas, gracias por poner a disposición los recursos humanos docentes y administrativos durante el proceso de formación académica, la Facultad se convirtió en mi casa durante estos años.

Al departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente por aceptar el trabajo de investigación y su disposición para ayudar en lo necesario.

A los docentes directores Ing. Carlos Aguirre Castro, Ing. Mario Pérez Ascencio e Ing. Elder Guardado, por su disponibilidad de tiempo, paciencia y dedicación durante todo el proceso de investigación.

Al Jefe del Departamento de Desarrollo Rural Ing. Jorge Alberto Ulloa Erroa y al Ing. Rafael Espino, por brindarnos el espacio donde desarrollar el trabajo de gabinete de la tesis.

A todos los docentes de la Facultad, por transmitir sus conocimientos durante mi formación académica ya que enseñan desinteresadamente en especial al Ing. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia, por ser un docente con verdadera vocación.

Al Ing. Mauricio Tejada, Ing. María Julia Hidalgo de Sosa, Ing. Elizabeth Valdés de Sánchez porque dejaron de ser únicamente docentes para convertirse en amigos y consejeros muchas gracias y a Dina de Amaya por su ayuda en todo momento, gracias por las largas conversaciones acompañadas de esa rica taza de café.

A la Asociación de Avicultores de El Salvador (AVES), por apoyar económicamente el proyecto de tesis, sin su ayuda incondicional no habría sido posible el desarrollo de la investigación.

Al Lic. Carlos Molina (Q.D.E.P.) y al Ing. Luis Homero López, por creer en nuestro proyecto de investigación y creer que las técnicas de producción se pueden mejorar.

Celia Carolina Yanes Vilorio

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fortaleza para seguir y poder terminar mis estudios.

A mis padres Rosa Aminta Landaverde Díaz y Ramón Monge Mejía, que me ha dado su apoyo incondicional en cada momento.

A mi esposo Guillermo Antonio Castro Jarquín, por sus consejos y atenciones en cada etapa de mi carrera, a mi hijo Guillermo Mateo Castro Monge, que es la inspiración de mi vida en todo momento.

A mis compañeras de tesis y amigas incondicionales Flor Noemí Quintanilla Menjívar por sus múltiples consejos, ayuda y excelente compañía en los momentos más difíciles, a Celia Carolina Yanes Vilorio por su ayuda a lo largo de mis estudios.

A mis amigos José Roberto Rafaelano Colocho y Edgar Mauricio Romero Cuellar, por sus múltiples ayudas y favores, por su amistad incondicional gracias.

A mis profesores directores de tesis: Ing. Agr. Carlos Alberto Aguirre, Ing. Agr. Mario Alfredo Pérez Asencio y al Ing. Agr. Elder Guardado López, por su tiempo, apoyo y dedicación en cada etapa de la tesis.

Al Lic. Carlos Molina (Q.D.E.P) y al Ing. Luis Homero López Guardado, por ayudarnos en la elección y elaboración del tema de tesis.

A la Ing. Ana Elizabeth Valdés de Sánchez por sus consejos y amistad, a la Ing. María Julia Hidalgo de Sosa y a Dina Alvarado de Amaya, por ser incondicionales y al resto de mis profesores de los cuales agradezco el compartir su amplio conocimiento y sabiduría en lo largo de la carrera, gracias, no podría cumplir esta meta sin su apoyo.

Carolina Beatriz Monge de Castro

## INDICE

Contenido	Páginas
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. Seguridad alimentaria.....	3
2.2. Cultivo de Maíz.....	4
2.3. Suelo.....	4
2.4. Materia Orgánica en los suelos .....	5
2.5. Fertilidad del suelo .....	7
2.6. Salud del suelo.....	7
2.7. Abonos orgánicos.....	8
2.7.1. Abonos orgánico fermentado tipo Bocashi.....	11
2.7.2. Gallinaza.....	13
2.8. Abonos orgánicos combinados con fertilizantes químicos .....	14
2.9. Fertilizantes sintéticos .....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
3.1. Descripción del estudio .....	18
3.1.1. Descripción del área experimental.....	18
3.2. Metodología de campo .....	18
3.2.1. Fase de campo .....	18
3.3. Metodología de laboratorio.....	21
3.3.1. Fase de laboratorio.....	21
3.4. Metodología estadística.....	22
3.4.1. Descripción del trabajo experimental .....	22
3.4.2. Descripción de los tratamientos .....	23
3.4.2. Variables en estudio con sus respectivos indicadores.....	24
3.4.3. Toma de Datos durante el desarrollo del cultivo.....	25
3.5. Metodología socioeconómica .....	26
3.5.1. Análisis de beneficio-costos.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. Caracterización previa del suelo y de los materiales orgánicos.....	27
4.1.1 Principales características físicas y químicas del suelo.....	27
4.1.2. Caracterización química y física del bocashi y gallinaza .....	28
4.1.3. Interpretación de cromas realizados en los abonos orgánicos .....	28
4.1.4. Densidad aparente (Da) y porcentaje de poros en el suelo.....	29
4.1.5. Organismos y microorganismos existentes en el suelo.....	29
4.2. Efectos de los abonos sobre las principales características químicas del suelo. ...	30
4.2.1. Influencia de los tratamientos en el pH en agua del suelo.....	31
4.2.2 Efecto de los tratamientos en el Calcio medido en meq/100g de suelo.....	32
4.2.3 Efecto de los tratamientos en el Potasio en ppm.....	33

4.2.4. Efecto de los tratamientos en el fósforo en ppm.....	34
4.2.5. Efecto de los tratamientos en el magnesio intercambiable.....	36
4.2.6. Efecto de los tratamientos en % materia orgánica presente en el suelo.....	37
4.2.7. Resumen del efecto de los tratamientos en el pH, fósforo, calcio, potasio .....	38
4.3. Efecto de los tratamientos en la densidad aparente (Da) y porcentaje de poros....	39
4.4. Microorganismos existentes en el suelo después de la aplicación de los abonos..	41
4.4.1. Presencia de microorganismos en campo.....	41
4.4.2. Presencia de organismos visibles en el suelo al finalizar la cosecha .....	43
4.5. Cromatografía del suelo. ....	43
4.5.1. Análisis cromatográfico de los suelos antes y después de experimento. ....	43
4.5.2 Después del experimento .....	44
4.6. Análisis de las variables del cultivo.....	46
4.6.1. Producción del Cultivo de maíz.....	46
4.7. Relación beneficio - costo .....	55
V. CONCLUSIONES.....	62
VI. RECOMENDACIONES .....	63
VII. BIBLIOGRAFÍAS.....	64
VIII. ANEXOS.....	70

## Índice de cuadros

<b>Cuadro</b>	<b>Páginas</b>
1. Descripción de los tratamientos y dosis de los abonos y fertilizantes en estudio .....	23
2. Principales características físicas y químicas del suelo .....	28
3. Composición de los abonos orgánicos gallinaza y bocashi. ....	28
4. Influencia de los distintos tratamientos sobre el pH del suelo.....	31
5. Efecto de los tratamientos en el Calcio en meq/100 g de suelo. ....	33
6. Análisis de los promedios de potasio en ppm .....	34
7. Promedios de los tratamientos en los análisis de fósforo de ppm. ....	35
8. Resultados de los tratamientos de magnesio intercambiable meq/100 g de suelo.....	36
9. Resultados de los promedios en % de materia orgánica.....	37
10. Características generales del suelo después de los diferentes tratamientos.....	39
11. Efecto de los tratamientos en las características físicas del suelo. ....	40
12. Presencia de microorganismos (hongos) antes y después de la aplicación .....	41
13. Rendimientos promedios por tratamientos en qq/ha .....	47
14. Altura de la planta en metros .....	48
15. Grosor de la planta en cm.....	49
16. Promedios de largo de la mazorca en cm .....	50
17. Grosor de la mazorca de maíz (cm).....	51
18. Promedio de las variables medidas en el cultivo de maíz. ....	54
19. Costos de una hectárea de maíz tratada con gallinaza .....	55
20. Costos producción de una hectárea de maíz tratada con bocashi. ....	56
21. Costos de una de producción de una hectárea de maíz gallinaza + químico .....	57
22. Costos de una de producción de una hectárea de maíz bocashi+ químico .....	58
23. Costos de una de producción de una hectárea de maíz tratada químico .....	59
24. Ingresos de la venta de maíz aplicando gallinaza .....	59

25. Ingresos de la venta de una hectárea de maíz y tratada con bocashi. ....	60
26. Ingresos de la venta de una hectárea de maíz tratada con gallinaza + químico.....	60
27. Ingresos de la venta de una hectárea de maíz tratada con bocashi + químico.....	60
28. Ingresos de la venta de una hectárea de maíz tratada con químico.....	60
29. Relación Beneficio Costo.....	61



## Índice de figuras

<b>Figuras</b>	<b>Páginas</b>
1. Plano de campo del cultivo de maíz .....	25
2. Influencia de los tratamientos sobre el pH del suelo.....	32
3. Efecto de los tratamientos en el contenido de calcio del suelo.....	33
4. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el potasio.....	34
5. Incidencia de los tratamientos en el fósforo presente en el suelo.....	35
6. Efecto de los tratamientos sobre el magnesio intercambiable del suelo.....	36
7. Porcentaje de materia orgánica presente en el suelo.....	38
8. Contenido promedio de nutrientes en el suelo.....	39
9. Efecto de los tratamientos en la variable rendimiento de maíz en qq/ha. ....	47
10. Efecto de los tratamimientos sobre la variable altura (metros) de plantas de maíz. ...	48
11. Efecto de los tratamientos sobre la variable grosor (cm) de las plantas de maíz.....	49
12. Efecto de los tratamientos sobre la variable largo de la mazorca (cm) de maíz.....	50
13. Efecto de los tratamientos sobre la variable grosor de la mazorca (cm) de maíz. ....	51
14. Efecto de los tratamientos sobre las variables en el cultivo de maíz.....	54

## Índice de anexos

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
<b>Anexos</b>	
Anexo 1. Guía de campo para la caracterización de suelos.....	72
Anexo 2. Guía de cromatografía de suelos.....	85
Anexo 3. Resultados de análisis químico de suelos y abonos.....	102

## Índice de cuadros anexos

<b>Cuadros</b>	<b>Páginas</b>
A-1. ANVA de nutriente calcio .....	89
A-2. ANVA de nutriente pH .....	89
A-3. ANVA de nutriente magnesio.....	89
A-4. ANVA de nutriente potasio.....	90
A-5. ANVA de nutriente materia orgánica.....	90
A-6. ANVA de nutriente fósforo.....	90
A-7. ANVA de la variable rendimientos en qq/ha.....	91
A-8. ANVA de la variable altura de la planta en m.....	91
A-9. ANVA de variable grosor de la planta en cm.....	91
A-10. ANVA de la variable largo de la mazorca en cm .....	92
A-11. ANVA de variable grosor de la mazorca en cm .....	92

## Índice de figuras anexas

<b>Figuras</b>	<b>Páginas</b>
1. Estaquillado y siembra.....	93
2. Fertilización de maíz.....	93
3. Aporco del cultivo de maíz.....	93
4. Colocación de arroz cocido.....	94
5. Toma de altura de la planta.....	94
6. Toma de grosor de la planta.....	94
7. Desarrollo del cultivo.....	95
8. Espigado del cultivo.....	95
9. Cromatogramas de los abonos bocashi, gallinazas aplicadas al suelo.....	96
10. Cromatogramas de suelo antes del experimento.....	96
11. Cromatogramas de suelo tratado con los cinco tratamientos en el bloque 1.....	97
12. Cromatograma de suelo de los cinco tratamientos en el bloque 2.....	97
13. Cromatograma de suelo tratado con los cinco tratamientos en el bloque 3.....	98
14. Cromatograma de suelo tratado con los cinco tratamientos en el bloque 4.....	98
15. Cromatogramas de suelo tratado con los cinco tratamientos en el bloque 5.....	99

## I. INTRODUCCIÓN

Las prácticas agronómicas de fertilización, hacen referencia a todas aquellas técnicas, que permiten mejorar la fertilidad de las tierras, desde el punto de vista físico, químico y biológico, dentro de ellas, el abastecimiento de nutrimentos se realiza a través de fuentes minerales (fertilizantes sintéticos), abonos orgánicos elaborados y los residuos de animales como los estiércoles. En los últimos años, ha retomado importancia el uso de las fuentes orgánicas, debido al incremento de los costos de los fertilizantes químicos, al desequilibrio que estos ocasionan en los suelos y la necesidad de preservar la materia orgánica en los sistemas agrícolas, que es un aspecto fundamental, relacionado a la sostenibilidad y productividad de los suelos (FUNDE 2006).

Los agricultores en El Salvador, han observado cada año una disminución en los rendimientos de los granos básicos, expresándose en un 2% de la producción en cada uno de los ciclos productivos (FUNDE 2006). Una de las razones que más afecta a este rubro de la agricultura, es el avanzado deterioro de los recursos naturales, especialmente el suelo que se encuentra en zonas de ladera y en las cuales se asienta la mayoría de pequeños productores agropecuarios; estas zonas corresponden al 65% del territorio nacional, caracterizadas por tener suelos en pendientes mayores del 15%; diferentes niveles de rocosidad o pedregosidad y poca profundidad efectiva (30-60 cm), lo antes expresado hace que estas zonas sean vulnerables a procesos de erosión hídrica, que inciden en la reducción de la fertilidad de los suelos, limitan el crecimiento del sistema radicular de las plantas y como consecuencia la reducción de los rendimientos de los cultivos y el deterioro ambiental (PASOLAC 2005).

El uso de materiales orgánicos, genera y mantiene el humus, permitiendo que los nutrientes estén disponibles para las plantas y que puedan obtener buenos rendimientos en cada ciclo productivo, y con el tiempo, ir disminuyendo el uso de fertilizantes sintéticos y mejorar la calidad de vida de los suelos. Similarmente como es el caso del abono bocashi, que proporciona una gran cantidad de nutrientes para mantener la productividad de los suelos y la gallinaza, que es un producto alto en nitrógeno y de otros elementos que permite que los cultivos se desarrollen mejor.

En El Salvador, durante la última década, han surgido organizaciones que promueven el uso de abonos orgánicos, para una agricultura más sana; por tal motivo se consideró de gran importancia estudiar y evaluar el efecto de estos en los rendimientos de maíz, ya que es uno de los rubros agrícolas de mucho interés en este país, porque contribuye a la alimentación de las familias que trabajan en condiciones de ladera, que obtienen producciones de maíz hasta 35 qq/mz (Ángel 2008).

Los abonos orgánicos se han recomendado para aquellas tierras, sometidas a cultivos intensivos y de laderas, para mejorar las condiciones del suelo; ya que influyen en las características de este, como estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, estabilidad de los agregados y la vida orgánica del suelo; además de mejorar la disponibilidad de nutrientes para los cultivos (Castellanos, citado por Blessing y Hernández 2009).

De acuerdo a la problemática planteada anteriormente, esta investigación, evaluó el efecto que tienen los abonos en los rendimientos de maíz; ya que los abonos orgánicos, proporcionan nutrientes y organismos al suelo, que ayudan a la fertilidad de este, con la retención de humedad favoreciendo el desarrollo de los cultivos. El trabajo de investigación, se realizó con el supuesto que, con la aplicación de los abonos bocashi, gallinaza, combinados con fertilizantes químicos, se mejora la fertilidad del suelo e incrementa los rendimientos de maíz (*Zea mays* L.).

Los objetivos del trabajo de investigación, fueron evaluar la incidencia del bocashi, gallinaza y la combinación con fertilizantes químicos en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.); por lo cual se determinó la disponibilidad de nutrientes en el suelo, el contenido de elementos nutricionales en bocashi y gallinaza, la calidad de los suelos y abonos por cromatografía líquida y análisis de la actividad biológica, mediante la captura e identificación de laboratorio, de las clases de microorganismos. En el cultivo de maíz, se midieron características morfológicas de la planta y los rendimientos; finalmente se calcularon los costos parciales de producción. Durante el proceso de la investigación surgió un fenómeno climático de sequía prolongada, durante la época lluviosa; en la cual los tratamientos utilizados, no produjeron el efecto esperado sobre el cultivo y por ende el desarrollo de la planta se vio afectado.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Seguridad alimentaria

Es la capacidad de las personas de tener acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana (FAO 2006b).

No deben correr el riesgo de quedarse sin acceso a los alimentos a consecuencia de crisis repentinas (por ejemplo, una crisis económica o climática) ni de acontecimientos cíclicos (como la inseguridad alimentaria estacional). De esta manera, el concepto de estabilidad se refiere tanto a la dimensión de la disponibilidad como a la del acceso de la seguridad alimentaria. En dar una respuesta a los conceptos de seguridad alimentaria se busca promover los recursos que localmente cuenten los productores para garantizar la alimentación a las familias y sobre todo a las nuevas generaciones, preservando el medio ambiente, teniendo un equilibrio en todos los recursos naturales (FAO 2006b).

En El Salvador, el ingreso de los hogares ha sufrido cambios importantes en su composición, lo cual se advierte al observar que las principales fuentes de ingreso de las familias salvadoreñas son de origen no agropecuario, representando alrededor del 85% de su ingreso total. En general, en 2001 los hogares obtuvieron de fuentes agropecuarias apenas el 5% de su ingreso total. Para las familias urbanas estas fuentes representan entre 1 y 3.5%; sin embargo, en las áreas rurales su importancia es mucho mayor, llegando al 20%. Este cambio observado en la composición de los ingresos familiares está relacionado con cambios estructurales experimentados por la economía salvadoreña, y sobre todo por la reducción de la importancia relativa de la agricultura dentro del PIB. Aunque en los últimos años se ha reducido la importancia en el ingreso de los hogares rurales que tienen las fuentes agropecuarias, éstas continúan siendo importantes para los pobres. Según resultados de encuestas de pobreza rural realizadas por FUSADES/BASIS, en 2001 las fuentes agropecuarias aportaron alrededor del 26% del total, pero para los más pobres éstas representaron 43%, y para los no pobres solamente 14%. Desde esta perspectiva, el sector agropecuario es importante para el desarrollo rural y para la seguridad alimentaria de los hogares que dependen de las actividades agrícolas (FUSADES, citado por FAO 2006a)

## **2.2. Cultivo de Maíz**

El maíz tiene una amplia distribución geográfica desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm. El 78% de este cultivo se usa en alimentación animal, el 6.4% en alcoholes, el 3.1% en almidones y solo el 2.4% en productos alimenticios directos y procesados. El maíz es el cereal de mayor y más amplia distribución a nivel del mundo y ocupa el tercer lugar en los estimativos de producción total precediendo al arroz y el trigo (Ruales 1997).

El maíz es el rubro de mayor importancia dentro de la canasta alimenticia básica de la población salvadoreña. Según FAO, el consumo per cápita por año es alrededor de 80.51 kilogramos en el área urbana y 127 kilogramos en el área rural, siendo de los mayores consumos del área centroamericana, pues el 95% de la producción lo utiliza para consumo humano (IICA 2011).

Según la Dirección General de Economía Agropecuaria (DGEA), durante el ciclo agrícola 2009-2010, la superficie sembrada con maíz fue de 374,128 manzanas (261,889 hectáreas) con una producción de más de 17 millones de quintales, y un rendimiento de 46.2 quintales por manzana, bajo condiciones climáticas adecuadas o mediante el aporte del riego, el maíz es el más productivo de los cereales y la rentabilidad aumenta cuando se utilizan cultivares mejorados en condiciones favorables y manejo adecuado (IICA 2011).

Las características agronómicas del híbrido H-59, posee un ciclo vegetativo de 110 a 115 días, altura de la planta 245 cm, altura de la mazorca 130 cm, rendimiento 95-100 qq/mz y la adaptación msnm 15-2000 (IICA 2011).

## **2.3. Suelo**

Meléndez (2003), describe que: "El suelo es considerado como uno de los recursos naturales más importantes, de ahí la necesidad de mantener su productividad, para que a través de él y las prácticas agrícolas adecuadas se establezca un equilibrio entre la producción de alimentos y el acelerado incremento del índice demográfico. Es esencial para la vida, como el aire y el agua, y cuando es utilizado de manera prudente puede ser considerado como un recurso renovable. Es un elemento de enlace entre los factores bióticos y abióticos y se le considera un hábitat para el desarrollo de las plantas. Gracias al soporte que constituye el suelo es posible la producción de los recursos naturales, por lo cual es necesario comprender las características físicas y químicas para propiciar la productividad y el equilibrio ambiental (sustentabilidad)".



El suelo está considerado como un cuerpo natural independiente, cuyas propiedades son el resultado de su formación y desarrollo. Constituye el hábitat de las plantas que a la vez favorecen su desarrollo y además es el medio de mayor importancia en el desarrollo de los cultivos. El suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de distinto origen, entre estos, restos de las plantas superiores que llegan al suelo de dos maneras: se depositan en la superficie (hojas, ramas, flores y frutos) o quedan directamente en la masa del suelo (raíces al morir) (Meléndez 2003).

Los suelos predominantes en El Salvador pertenecen al Gran Grupo de los Regosoles, y se caracterizan por ser profundos, friables, de buena permeabilidad, textura franca y franco arenoso, con estratos superficiales de color pardo oscuro; tienen buen contenido de materia orgánica. Los suelos para la zona de estudio en el municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad, pertenecen al Grupo Latosol Arcillo Rojizo, que corresponden a la serie Azacualpa alomado en planicies (Rico 1974).

Restrepo (1998), menciona que: “los microorganismos representan la mayor variedad de la vida en el suelo, cumplen papeles únicos en todos los procesos ecológicos que no pueden ser realizados por otro tipo de organismo. Muchos de esos procesos son cruciales para la composición atmosférica del planeta, la vida terrestre y acuática, así como para la circulación de sus elementos nutritivos, transformación y conservación de la materia. Es en este contexto, la agricultura orgánica busca un estudio más profundo y trata de comprender mejor el mundo microbiológico del suelo como fuente indispensable e inherente de la vida, que suministra gratuitamente el combustible milagroso que impulsa los ecosistemas en el suelo”.

#### **2.4. Materia orgánica en los suelos**

Una alternativa de manejo que permite recuperar las condiciones de fertilidad y aún mejorarlas, es la aplicación de materia orgánica, cuya función primordial es mantener y aumentar el potencial de microorganismos habitantes del suelo con el fin de mejorar las propiedades biológicas y químicas del suelo (Pastor, citado por Cantarero 2002).

La materia orgánica es un factor clave en la fertilidad del suelo, ya que actúa sobre las propiedades físicas (porosidad, capacidad de retención hídrica, estabilidad de agregados y otros.), sobre las químicas, aportando nutrientes mediante los procesos de mineralización, y a través de su capacidad de cambio de cationes, que actúa como una

reserva nutricional, y sobre las biológicas, ya que mantiene la actividad microbiana del suelo (Cantarero 2002).

La materia orgánica se define como el total de compuestos orgánicos presentes en el suelo, incluida la biomasa microbiana y vegetal, pero excluyendo la macroflora y macrofauna. Los componentes de la materia orgánica del suelo se pueden dividir en tres fracciones: Fracción orgánica biodegradable, las sustancias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y humina), y la biomasa microbiana. La comunidad microbiana es pequeña con respecto al conjunto de la materia orgánica presente en el suelo, pero la mayor parte de las transformaciones que sufre la materia orgánica se llevan a cabo por los microorganismos (Molina s.f.).

Se considera la materia orgánica como una porción activa e importante del suelo, aunque la mayoría de suelos cultivados contienen solamente del 1 % al 5% de materia orgánica, cantidad que puede modificar las propiedades físicas del suelo y afectar sus propiedades químicas y biológicas, mejorar las relaciones agua – aire y reducir la erosión causada por el viento y agua (González *et al.* 1996).

La materia orgánica de los suelos de cultivos, representa en sí misma un sistema complejo integrado por diversos componentes. Su dinamismo está determinado por la incorporación al suelo de restos de origen vegetal, animal y microbiano, y la transformación, evolución de estos, mediado por la interacción de múltiples procesos (SAGARPA s.f.).

El papel de la materia orgánica en la protección de cultivos frente a las enfermedades, se puso en evidencia por primera vez cuando se constató que las mejoras en el rendimiento debidas a la aplicación de abonos orgánicos y compost eran mayores de lo que podría explicarse tan solo en términos de contenido de nutrientes (SAGARPA s.f.).

Posteriores investigaciones muestran que este efecto humus está asociado con un incremento de la actividad microbiana, reducción de virus y disminución de la fatiga o toxicidad del suelo. El empleo de abonos orgánicos permite que las plantas absorban directamente moléculas químicas específicas como los fenoles, necesarios para el desarrollo de su sistema inmunitario (Lampkin, citado por Cantarero 2002).

La mejora de la estructura está relacionada con la resistencia que ofrece el suelo frente a la acción degradativa de diversos agentes, fundamentalmente el agua y el viento. La

materia orgánica en condiciones adecuadas ejerce una acción óptima sobre la estabilidad de la estructura, e indirectamente también, sobre todos los parámetros relacionados con ella: circulación de agua, aire, calor, la penetración de las raíces de la planta y otros. Igualmente favorece la resistencia del suelo frente a la erosión (Labrador, citado por Cantarero 2002).

## **2.5. Fertilidad del suelo**

La fertilidad de un suelo es la capacidad que tiene el mismo de mantener el crecimiento de cultivos o ganado. Esta es una definición agronómica. En definiciones más modernas se incluye la rentabilidad y la sustentabilidad de los agro-ecosistemas. Muchas veces se divide a la fertilidad en química, física y biológica, para su abordaje particular, pero muchas veces resulta complicado separarlas. La fertilidad química se refiere a la capacidad que tiene el suelo de proveer nutrientes esenciales a los cultivos, si estos no se encuentran disponibles en las cantidades necesarias pueden afectar el crecimiento y desarrollo del cultivo. En este sentido se evalúa la disponibilidad de nutrientes en el suelo a través de análisis de suelos y plantas a través de un proceso de diagnóstico y posteriormente se definen estrategias de fertilización (Torres 2008).

La fertilidad física está relacionada con la capacidad del suelo de brindar condiciones estructurales adecuadas para el sostén y crecimiento de cultivos. Aspectos como la estructura, espacio poroso, retención hídrica, densidad aparente, resistencia a la penetración, entre otras, son algunas de las variables que se analizan en estudios de fertilidad física de suelos. La fertilidad biológica se vincula con los procesos biológicos del suelo, relacionados con sus organismos en todas sus formas. Los organismos del suelo son imprescindibles para sostener diversos procesos del suelo. Posiblemente sea el área de conocimiento edafológico menos desarrollada, pero con algunos avances interesantes en los últimos años en lo que se refiere a estudios enzimáticos (bioquímica de suelos) y ecología microbiana de suelos (Torres 2008).

## **2.6. Salud del suelo**

La FAO (s.f.), señala que la salud del suelo se ha definido como: la capacidad del suelo de funcionar como un sistema vivo. Los suelos sanos mantienen una diversa comunidad de organismos del suelo que ayudan a controlar las enfermedades de las plantas, los insectos y las malas hierbas, forman asociaciones simbióticas beneficiosas con las raíces

de las plantas, reciclan los nutrientes vegetales esenciales, mejoran la estructura del suelo con efectos positivos para la capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo y, en última instancia, mejoran la producción agrícola. A tal definición puede añadirse una perspectiva ecosistémica: un suelo sano no contamina su entorno, sino que contribuye a mitigar el cambio climático conservando o incrementando su contenido de carbono.

El suelo contiene una de las poblaciones de organismos vivos más diversas de la tierra, vinculados estrechamente mediante una compleja red alimentaria. El suelo puede estar enfermo o sano en función de cómo se gestione. Dos características fundamentales de un suelo sano son la rica diversidad de su biota y el elevado contenido de materia orgánica no viva en el suelo. Si la materia orgánica aumenta o se mantiene en una cantidad satisfactoria para el crecimiento productivo de cultivos, es razonable suponer que el suelo está sano. El suelo sano es resistente a brotes de plagas transmitidas por el suelo (FAO s.f.).

## **2.7. Abonos orgánicos**

El empleo de abonos orgánicos en la agricultura data de tiempos remotos y se utilizaron por todas las civilizaciones del mundo, brindando buenos resultados, lo que permite la producción de alimentos en cantidades suficientes; presentan entre otras cuestiones, un alto contenido de sustancias orgánicas (Guerrero citado por Corrales Garriga 2000).

El término abono orgánico se emplea para abarcar todo tipo de enmienda orgánica al suelo, incluyendo tanto los estiércoles animales, los restos vegetales y los elaborados como la composta, bocashi y otros. Su importancia estriba no solamente en la forma de los nutrientes que reciben las plantas, sino también en que los estiércoles orgánicos es una fuente de nutrientes y energía para el ecosistema del suelo, siendo los microorganismos los que ponen luego los nutrientes a disposición de las plantas en una proporción equilibrada y distribuida a lo largo de la estación de crecimiento. Otra característica importante de las enmiendas orgánicas es su habilidad para estimular el complejo de microorganismos beneficiosos que ayudan a mantener bajo control las potenciales plagas y patógenos (Marco 2011).

Los abonos orgánicos suministran a las plantas los compuestos asimilables en forma gradual, a través de una serie de reacciones donde se degradan proteínas y carbohidratos complejos como la celulosa y lignina a compuestos más simples como

aminoácidos y almidones, luego a moléculas asimilables por la planta (iones  $\text{NO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), por medio de los jugos digestivos y enzimas de los microorganismos presentes en el suelo (González *et al.* 1996).

Castellanos citado por López *et al.* (2001), observó que el contenido de humedad aumenta debido a prácticas de aplicación de abonos orgánicos, ya que disminuye la densidad aparente, se incrementa la porosidad y se modifica la estructura al mejorar la formación de agregados, todo ello influye en un aumento en la retención de humedad.

Estudios realizados muestran la diferencia estadística entre fertilizantes orgánicos y sintéticos desde el punto de vista nutricional, donde la fertilización orgánica superó a los fertilizantes sintéticos en la diversidad de elementos esenciales. Los fertilizantes sintéticos sólo contenían N, P, K, mientras que los abonos orgánicos contenían estos mismos, más otros elementos como Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn, requeridos por el cultivo en menores cantidades, pero de vital importancia para el buen desarrollo y crecimiento de las plantas, que se expresa con los resultados obtenidos en el rendimiento. Las diferencias entre los abonos y los fertilizantes posiblemente se debieron al mayor número de plantas cosechadas; en el manejo convencional hubo más plantas y mayor competencia por la cantidad de malezas encontradas en este sistema.

La mayoría de los cultivos muestra una clara respuesta a la aplicación de los abonos orgánicos, de manera más evidente bajo condiciones de temporal y en suelos sometidos al cultivo de manera tradicional y prolongada. Los abonos orgánicos están considerados universales por el hecho que aportan casi todos los nutrimentos que las plantas necesitan para su desarrollo. Es cierto que, en comparación con los fertilizantes químicos, contienen bajas cantidades de nutrimentos; sin embargo, la disponibilidad de dichos elementos es más constante durante el desarrollo del cultivo por la mineralización gradual a que están sometidos (producción de abonos orgánicos s.f.).

En los ensayos tradicionales de aplicación de abonos orgánicos, siempre se han reportado respuestas superiores con éstos, que con la aplicación de fertilizantes químicos que aporten cantidades equivalentes de nitrógeno y fósforo; éste es, en resumen, el efecto conjunto de factores favorables que proporcionan los abonos orgánicos al suelo directamente y de manera indirecta a los cultivos (producción de abonos orgánicos s.f.).

Corrales Garriga (2000), señala que el abono orgánico debe aplicarse en la preparación del suelo para mantener un nivel adecuado de materia orgánica en el mismo, siempre considerando en menores dosis, la gallinaza (280-370 kg /ha), como suplemento nutritivo para diversos cultivos.

Los abonos orgánicos deben considerarse como la mejor opción para la sostenibilidad del recurso suelo, su uso ha permitido aumentar la producción y la obtención de productos agrícolas y orgánicos; apoyado al desarrollo de la agricultura orgánica que se considera como un sistema de producción agrícola orientado a la producción de alimentos de alta calidad nutritiva sin el uso de insumos de síntesis comercial. Los productos obtenidos bajo este sistema de agricultura consideran un sobreprecio por su mejor calidad nutritiva e inexistencia de contaminantes nocivos para la salud. Los abonos orgánicos tienen las siguientes ventajas:

- a. Permiten aprovechar residuos orgánicos.
- b. Recuperan la materia orgánica del suelo y permiten la fijación de carbono en el suelo, así como mejoran la capacidad de absorber agua.
- c. Suelen necesitar menos energía. No la necesitan para su fabricación y suelen utilizarse cerca de su lugar de origen. Sin embargo, algunos orgánicos pueden necesitar un transporte energéticamente costoso, como guano de murciélago de Tailandia o el de aves marinas de islas sudamericanas. Pero también tienen algunas desventajas:
- d. Pueden ser fuentes de patógenos si no están adecuadamente tratados.
- e. Pueden provocar eutrofización, por ejemplo, granjas con gran concentración de animales o por las aguas residuales humanas. Pero es más difícil que con fertilizantes inorgánicos.
- f. Pueden ser más caros, aunque puede salir gratis si es un residuo propio de la granja o es un problema para otra explotación. Es fácil que una explotación agrícola necesite fertilizante y otra de animales tenga problemas para desprenderse de los desechos que produce (SAGARPA s.f.).

### **2.7.1. Abono orgánico fermentado tipo Bocashi**

Es una palabra japonesa que significa “materia orgánica fermentada”, refiriéndonos al abono orgánico fermentado. Tradicionalmente, para la preparación del Bocashi, los agricultores japoneses usan materia orgánica como semolina de arroz, torta de soya, harina de pescado y suelo de bosques como inoculante de microorganismos. Estos suelos contienen varios microorganismos benéficos que aceleran la preparación del abono. El Bocashi ha sido utilizado por los agricultores japoneses como un mejorador del suelo que aumenta la diversidad microbiana, mejora las condiciones físicas y químicas, previene enfermedades del suelo y lo suple de nutrientes para el desarrollo de cultivos. El bocashi es un abono orgánico que es elaborado con diferentes ingredientes y cantidades de estos de acuerdo a los materiales disponibles en las fincas o en la zona (Restrepo 2007).

En el caso de la Asociación de Avicultores de El Salvador, Guardado (2012) menciona que el bocashi lo elaboran a partir de gallinaza pura y enriquecida con productos de origen agroindustrial como cachaza y melaza de caña, ya que la cachaza proporciona nutrientes al suelo que mejoran la calidad de este y a la vez se le agrega materiales complementarios como el agua y la levadura para efectos de la fermentación. por lo cual para la elaboración del abono orgánico fermentado (bocashi) se debe realizar los siguientes pasos:

1. Se colocan los materiales ordenadamente en capas tipo pastel alternadamente, éstos no tienen un orden específico y se hace la mezcla de los ingredientes en seco manualmente (con pala).
2. Se aplica la levadura diluida en agua con melaza.
3. Se humedecen y mezclan los materiales de manera homogénea (llevando la humedad a 60-70 %).
4. Se extiende la mezcla en la superficie destinada a la elaboración del abono.
5. Los materiales se amontonan entre 50-75 cm de altura para facilitar la aireación de la pila.
6. Con un termómetro se mide la temperatura del abono, a partir del segundo día de su fabricación. No es recomendable que la temperatura sobrepase los 50 °C. En caso de que sobrepase la temperatura se disminuye la altura de la pila y en caso de que sea menor se aumenta la altura de la pila para que se incremente la temperatura

7. A partir del segundo día, comenzar la mezcla del abono una vez en la mañana y otra en la tarde por espacio de tres días y una vez por día en el resto del proceso (12-15 días) (Mosquera 2010).

El bocashi funciona como medio de almacenamiento de nutrientes del suelo, contrarresta los procesos erosivos causados por el agua y el viento, aumentando la porosidad, permeabilidad y proporciona una textura friable. Esto mejora la retención de agua en suelo, proporciona alimento a los organismos benéficos del suelo, contribuyendo a su mineralización, atenúa los cambios bruscos de temperatura en el suelo, mejora las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo, la materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura del suelo, aumenta el contenido de los macro nutrientes Nitrógeno, Fósforo, Potasio y los microelementos, la población microbiana que contiene, son benéficas y ayuda a la fertilización de los suelos, es un producto que no daña el medio ambiente, recupera los suelos agotados por el uso intensivo de monocultivos y recupera los suelos marginales que no se utilizan como suelos agrícolas (Guardado 2012).

Shintani *et al.* (2000), señala que si no se realiza un buen manejo de la producción, algunos microorganismos patogénicos e insectos no deseables podrían desarrollarse y generan malos olores y la inanición del nitrógeno. Los materiales inmaduros producen gases y ácidos nocivos que queman las raíces de los cultivos.

Una vez preparado el Bocashi, es necesario seguir controlando el proceso. Lo primero a tener en cuenta, si no hay exceso de humedad, es que en condiciones aeróbicas la mezcla se fermenta muy rápido y la temperatura aumenta en cuestión de horas, por lo cual podría sobre calentarse. La temperatura se debe mantener entre 35°C – 50°C. Para medir esto, se puede usar un termómetro normal o introducir un machete a la abonera; si es posible mantener la hoja de metal entre las manos, la temperatura es adecuada. Si la temperatura sobrepasa los 50° C, se debe mezclar bien en la abonera para reducir la temperatura y oxigenar la mezcla. Si la temperatura todavía se mantiene alta, tratar de extender la abonera para reducir la altura y conseguir con esto la reducción de la temperatura (Shintani *et al.* 2000).

Según MAOES (2009) al utilizar bocashi en el cultivo de maíz se logran rendimiento de 64 qq/mz utilizando 43 qq/mz.



El uso de bocashi consiste en activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo, pero también se persigue nutrir el cultivo y suplir alimentos (materia orgánica) para los organismos del suelo.

### **2.7.2. Gallinaza**

La gallinaza es el residuo orgánico más representativo que generan las explotaciones avícolas, tanto por su volumen como por sus características. Su composición depende principalmente de la dieta y del sistema de alojamiento de las aves. La gallinaza obtenida de las explotaciones de jaula resulta de las deyecciones, plumas, residuos de alimentos y huevos rotos, que caen al suelo y se mezclan. Este tipo de gallinaza tiene un alto contenido de humedad y altos niveles de nitrógeno, que se volatiliza rápidamente, creando malos y fuertes olores, y haciendo que pierda calidad como abono (Cantarero 2002).

Pertenece a la categoría de los estiércoles, pero presenta características especiales, como las aves defecan por una cloaca, sus deyecciones líquidas y sólidas no se producen por separado, por lo que la recogida de éstas presenta menos dificultades que con otros estiércoles, su contenido de nutrientes es superior al de otros (Estrada 2011).

La gallinaza pura de jaulas es de excelente calidad, ya que cuando ésta alcanza el tiempo óptimo de descomposición y al ser incorporada al suelo libera los nutrientes, especialmente el nitrógeno, para mejorar las condiciones de los suelos (Guardado 2012).

El comportamiento de la gallinaza generalmente está asociado al mayor contenido de nitrógeno y fósforo que tiene éste producto con relación a los demás materiales evaluados, también se ha demostrado la superioridad de la gallinaza en la producción de biomasa microbiana en ensayos es atribuido a su mayor contenido de nitrógeno y fósforo asimilable .

Los nutrientes que componen la gallinaza, esenciales para los organismos descomponedores, deben estar en ciertas proporciones y cantidades adecuadas: de 20 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno. Como la gallinaza presenta tan solo de 6 a 10 partes de carbono por una de nitrógeno, para suplir esta deficiencia se proponen mezclas con materiales vegetales tales como: aserrín, paja, desechos de cosecha (Murillo 1999).

El tamaño de la partícula es otro factor a tener en cuenta. La molienda de las materias primas, previa a la digestión, favorece varios aspectos: proporciona una mejor aireación inicial, un material más homogéneo, lo que permite una manipulación adecuada. La reutilización de estos residuos constituye una técnica de producción sostenida por una serie de normas que se encaminan a la descontaminación del ambiente, transformándolos en materia, que favorece la recuperación del suelo y del aire, como también la salud de las personas y de los animales. La utilización de éstos se convierte, posteriormente, en fuente de nutrientes para animales y recuperación de energía, mediante el aprovechamiento del biogás y de la materia orgánica como materia prima de los procesos de compostaje, con el uso de tecnologías eficientes que se pueden aplicar a cualquier escala de producción (Murillo 1999).

## **2.8. Abonos orgánicos combinados con fertilizantes químicos**

Según Cantarero *et al.* (2002), la gallinaza aplicada en cantidades de 2,277 kg/ha produce mejores rendimientos que los fertilizantes químicos.

López *et al.* (2001) señala que al utilizar las cantidades de 4, 8 y 12 t ha<sup>-1</sup> de gallinaza, y con fertilización química (N-P-K) en el cultivo de maíz; existen diferencias solo en la fertilidad del suelo, pero en los rendimientos los fertilizantes fueron mejores.

Cook, citado por Gutiérrez (2000), en relación al uso de abonos orgánicos y fertilizantes juntos, concluye que los abonos orgánicos ayudan en dos formas: a) producir las cosechas proporcionando fósforo y potasio, justamente como los fertilizantes lo hacen; y b) mejoran las condiciones del suelo y lo convierten en sitio mejor para que las plantas vivan en él. Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios. También producen sustancias inhibidoras y activadoras de crecimiento, incrementan considerablemente el desarrollo de microorganismos benéficos, para degradar la materia orgánica del suelo y así favorecer el desarrollo del cultivo

Salguero citado por Gutiérrez (2000), señala que con la combinación de abonos orgánicos y fertilización inorgánica se mejoran las producciones, debido a que el fertilizante es de respuesta inmediata ya que la planta la absorbe rápidamente, sin embargo, los abonos lo hacen en el tiempo, coincidiendo exactamente en el momento que la planta lo necesita más, como es el caso del cultivo de maíz que aprovecha estos abonos en el llenado de la mazorca.

El abono orgánico a menudo crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales, la combinación de abono orgánico y fertilizantes minerales ofrece las condiciones ideales para el cultivo, cuando el abono orgánico mejora las propiedades del suelo el suministro de los fertilizantes minerales provee los nutrientes que las plantas necesitan (FAO-IFA)

## **2.9. Fertilizantes sintéticos**

Existe una variedad de fertilizantes sintéticos que usan los productores agrícolas dentro de los que se encuentran el sulfato de amonio, triple quince (15-15-15), urea (46-0-0) a nivel nacional se logra un rendimiento de maíz de 13,530,506 qq en un área de 348,726 mz, lo que se traduce en 46.6 qq/mz (MAG 2010).

Se considera Fertilizante a todo producto que incorporado al suelo o aplicado a los vegetales o sus partes, suministre en forma directa o indirecta sustancias requeridas por aquellos para su nutrición, estimular su crecimiento, aumentar su productividad o mejorar la calidad de la producción. Estos productos podrán ser de naturaleza inorgánica, orgánica o biológica. Los de naturaleza inorgánica u orgánica deberán contener principalmente elementos:

- 1- Nutrientes primarios: Nitrógeno, Fósforo, Potasio.
- 2- Nutrientes secundarios: Calcio, Magnesio, Azufre
- 3- Menores o micronutrientes: Boro, Zinc, Cobre, Hierro, Molibdeno, Manganeso, Cloro, etc (CASAFE 2012).

Los fertilizantes contienen elementos necesarios para el desarrollo de las plantas los cuales se clasifican como macronutrientes y micronutrientes según las cantidades que las plantas requieren de estos elementos. Los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades y grandes cantidades tienen que ser aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años, o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales. En contraste a los macronutrientes, los micronutrientes o microelementos son requeridos sólo en cantidades

mínimas para el crecimiento correcto de las plantas y tienen que ser agregados en cantidades muy pequeñas cuando no pueden ser provistos por el suelo.

El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes. El Fósforo (P), que suple de 0.1 a 0.4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad.

El Potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

El Magnesio (Mg) es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20 por ciento del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta.

El Azufre (S) es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas suple del 0.2 al 0.3 (0.05 a 0.5) por ciento del extracto seco. Por ello, es tan importante en el crecimiento de la planta como el fósforo y el magnesio; pero su función es a menudo subestimada.

El Calcio (Ca) es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente

disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca. Sin embargo, el objetivo de la aplicación de Ca es usualmente el del encalado, es decir reducir la acidez del suelo.

Los micronutrientes o microelementos

El hierro (Fe), el manganeso (Mn), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el molibdeno (Mo), el cloro (Cl) y el boro (B). Ellos son parte de sustancias claves en el crecimiento de la planta, siendo comparables con las vitaminas en la nutrición humana. Son absorbidos en cantidades minúsculas, su rango de provisión óptima es muy pequeño. Su disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo. El suministro en exceso de boro puede tener un efecto adverso en la cosecha subsiguiente.

Algunos de los fertilizantes simples más utilizados (así como regionalmente importantes) son los siguientes:

Urea con 46 por ciento de N, es la mayor fuente de nitrógeno en el mundo debido a su alta concentración y a su precio normalmente atractivo por unidad de N. Sin embargo, su aplicación requiere excepcionalmente buenas prácticas agrícolas para evitar, en particular, las pérdidas por evaporación de amoníaco en el aire. La urea debería ser aplicada sólo cuando sea posible incorporarla inmediatamente en el suelo después de esparcida o cuándo la lluvia se espera en pocas horas después de la aplicación.

Sulfato amónico, con el 21 por ciento de N (en forma de amoníaco), no es tan concentrado como la urea. Sin embargo, contiene, además del N, el 23 por ciento de azufre, un nutriente que es de creciente importancia. Se usa preferentemente en cultivos irrigados y donde el azufre debe ser aplicado. Lo mismo es cierto para el nitrosulfato amónico con el 26 por ciento de N (alrededor de 2/3 como amoníaco y 1/3 como nitrato) y del 13 al 15 por ciento de azufre. Nitrato amónico cálcico, con por encima del 27 por ciento de N (partes iguales de N como amoníaco y como nitrato), es un fertilizante preferido para los cultivos en las regiones semiáridas de los subtrópicos.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción del estudio

El experimento se llevó a cabo en el cantón La Nueva Encarnación, municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad, con coordenadas geográficas 13°51'44.47"LN y 89°24'57.34"LW, con una elevación de 549 msnm, una precipitación anual de 1,776 mm, humedad relativa de 75%, pendiente del 5% y una temperatura mínima de 23.5°C y una máxima de 27.4°C (SNET 2012). Se inició en el mes de junio y se finalizó en el mes de diciembre del 2012.

El suelo donde se realizó la investigación corresponde a la serie Azacualpa alomado en planicies, que pertenece al gran grupo Latosol Arcillo Rojizo, cuyas texturas superficiales son franco friables, de color café oscuro, con pendientes del 2-5%. Estos suelos son clasificados por su capacidad de uso en clase IIE, que son tierras de moderada a buena calidad, aptas para labranza intensiva con ligero peligro de erosión. Su uso actual: cultivos de maíz, maicillo y frijol (Cuadrante No 2354 IV de Opico, del Levantamiento General de suelos, 1964). El terreno mostró un 68% de cobertura formada por rastrojos de la cosecha del cultivo anterior, que en su mayoría eran residuos de maíz.

##### 3.1.1. Descripción del área experimental

El área total del ensayo fue de 750 m<sup>2</sup> y cada unidad experimental fue de 4.5 x 5.5 m (24.75 m<sup>2</sup>), con un total 25 unidades experimentales.

#### 3.2. Metodología de campo

La caracterización del suelo se realizó en dos fases, la primera a nivel de campo y la segunda a nivel de laboratorio.

##### 3.2.1. Fase de campo

###### 3.2.1.1. Caracterización del perfil y muestreo del suelo

Se hizo la caracterización del perfil del suelo, para identificar los horizontes, sus espesores y sus características químicas, físicas y biológicas. La descripción del perfil del suelo en sus características físicas, se hizo a través del método de la calicata en la que se identificaron y describieron la textura, estructura, consistencia, presencia de raíces,

espesor de horizontes, color del suelo y rasgos de la presencia de organismos visibles. En los aspectos biológicos se hizo la prueba de la pala, recolectando una muestra de suelo por cada bloque, haciendo un agujero de 25 x 25 x 25 cm y del volumen de suelo recolectado se determinó la actividad biológica a través del conteo de organismos visibles, (insectos, anélidos, arácnidos) y la presencia de microorganismos, se realizó mediante la aplicación de 10 ml de peróxido de hidrogeno en terrones de suelo de aproximadamente 5 cm de diámetro, provenientes de la parte superficial del agujero y se observó el grado de efervescencia que se determinó con la calificación de poca, mediana y abundante población de microorganismos; para la determinación de las clases de microorganismos presentes en el suelo, se realizó su captura colocando en el suelo a una profundidad de 10 cm frascos plásticos de 4 onzas, con un medio de cultivo (arroz cocido) y tapados con manta de colar y sobre ellos el suelo del agujero y este cubierto con plástico para evitar que el frasco se llenara de agua al llover. Al inicio del ensayo, se colocaron los frascos por bloque al azar y a la dobla del cultivo de maíz, se colocó un frasco por cada parcela (25 frascos). Los frascos permanecieron en el suelo durante un periodo de 8 días y luego se extrajeron para observar los colores y formas de las colonias de los microorganismos presentes. En relación a la identificación microbiológica en laboratorio, se utilizó el método de tinción para hongos, lactofenol azul algodón y bacterias cristal violeta, lugol, alcohol acetona, safranina y aceite de inmersión.

El muestreo para fines de fertilidad y densidad del suelo, se hizo en zig –zag, en el área de 750 m<sup>2</sup>, recolectando 8 submuestras, que se homogenizaron para obtener 2 libras para el laboratorio.

### **3.2.1.2. Manejo agronómico del cultivo**

Las labores de manejo agronómico se efectuaron de igual manera para todas las unidades experimentales, como se describe a continuación:

- a. Preparación de suelo: Se utilizó el sistema de labranza cero, en el cual solo se hizo limpia del terreno con chapoda manual.
- b. Material vegetal en estudio: Se utilizó semilla certificada de maíz H-59, considerando que es un material empleado por los productores de la zona.

- c. Siembra: En la investigación se utilizó el sistema de monocultivo y la siembra de la semilla, se realizó de forma manual, colocando dos semillas por postura, con un distanciamiento de 0.40 m entre planta y 0.8 m entre surco.
- d. Manejo de plantas arvenses: Este se realizó, mediante tres chapodas manuales, la primera a los ocho días después de la siembra, la segunda a los quince días después de la siembra y la tercera al momento de la segunda fertilización, 30 días después de la siembra (machete, azadón).
- e. Aplicación de abonos orgánicos.

La gallinaza (pura de jaula) se aplicó en dos momentos: La primera se realizó 15 días antes de la siembra incorporada al surco y la segunda a los 30 días después de la siembra (ver cuadro 1).

El bocashi elaborado a base de (cachaza, melaza, gallinaza pura), se aplicó en su primera fertilización 8 días después de la siembra y la segunda a los 30 días después de la siembra, colocando el abono en media luna a 10 cm de distancia de la base del tallo de la planta y luego cubierto con suelo (ver cuadro 1). El bocashi y la gallinaza se obtuvieron de la granja de la Asociación de Avicultores de el Salvador, ubicada en el Km 37, calle a Zacatecoluca, La Paz.

- f. Aplicación de fertilizantes químicos

Para el fertilizante químico, se utilizó la fórmula 18-46-0 (recomendación CENTA), que se aplicó 8 días después de la siembra y se especifica en el cuadro 2, de la descripción de los tratamientos. La segunda fertilización se realizó, haciendo una mezcla física de urea (46% N) y sulfato de amonio (21% N) a los 30 días después de la siembra.

La aplicación de bocashi y gallinaza, combinados con fertilizante, se hizo con el 50% de la dosis del químico, más la dosis total de los orgánicos mencionados anteriormente; con base a la cantidad recomendada y la forma de aplicación (ver cuadro 1).

- g. Manejo de plagas y enfermedades

Para prevenir problemas de insectos y hongos se realizaron diagnósticos periódicos y posteriormente, de acuerdo a la aparición de plagas, se hicieron las correcciones con aplicaciones del insecticida orgánico, EM-5 (producto elaborado por la Asociación de



productores orgánicos de Tacuba, Ahuachapán, a base de cebolla morada, ajos, chile picante, jengibre, vinagre, melaza, chaparro, microorganismos de montaña líquidos y hojas de planta aromáticas). Las aplicaciones, se realizaron cada ocho días, con una dosis de 125 cc por bomba de 16 litros; a partir de los cinco días después de germinado el maíz. Por dificultades de sequía, se tuvo que controlar el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, a los 45 días después de la siembra; con una sola aplicación de Volatón en polvo, ingrediente activo Phoxim, 1.5% de concentración.

#### h. Aporque

Es una labor que consistió en acumular suelo alrededor de los tallos de las plantas estimulando así el crecimiento de nuevas raíces, para asegurar una nutrición más completa de la planta y conservar la humedad durante más tiempo; ya que al aporcar se logra romper la superficie y la capilaridad del suelo, y con ello se evita la evaporación del agua. El aporque se hizo con azadón, simultáneamente con la segunda fertilización, para cubrir los abonos, el fertilizante.

#### i. La dobla del maíz

Esta práctica se realizó a los 90 días después de la siembra.

#### j. Cosecha

La cosecha se realizó a los 110 días después de la siembra, tomando como referencia el secado de la mazorca; la cual se terminó de secar, mediante el soleado en patios de cemento (hasta obtener una humedad del 12%); luego se realizó el desgrano del maíz para obtener el rendimiento por parcela.

### **3.3. Metodología de laboratorio**

#### **3.3.1. Fase de laboratorio**

A través del análisis de suelo, se determinaron las características físicas, químicas y biológicas. Para la determinación de las características físicas se utilizaron diferentes métodos como: textura por Boyoucos, densidad aparente por el método del terrón parafinado y densidad real con el picnómetro; La evaluación de las características químicas fue: la disponibilidad de los elementos minerales (P, K, Ca, Mg, Mn y Zn; los dos últimos solo se analizaron antes del ensayo); pH en agua 2.5:1, contenido de materia

orgánica, acidez intercambiable, bases intercambiables, la capacidad de intercambio catiónico. Los métodos químicos utilizados por el laboratorio del CENTA: fósforo por el colorimétrico, potasio por el Fotómetro de llama, magnesio y calcio por el método de complejo métrico y micro elementos manganeso, zinc por el Espectrofotometría de absorción atómica.

De los aspectos biológicos se identificaron microorganismos, mediante microscopio compuesto; con énfasis en las clases de hongos y bacterias presentes en el suelo.

Los abonos orgánicos no se analizaron, debido a que la Asociación de Avicultores proporcionó los análisis químicos de los abonos que ellos producen: bocashi y gallinaza.

El análisis cromatográfico del suelo se realizó mediante la guía del Manual de cromatografía (Restrepo 2011) y la guía de laboratorio n°4 de análisis cromatográfico (Aguirre 2009) (ver anexo 2).

### **3.4. Metodología estadística**

#### **3.4.1. Descripción del trabajo experimental**

Se realizó el experimento, utilizando un diseño estadístico simple, de bloques completos al azar; que consiste en la asignación de los tratamientos, en forma completamente aleatoria a las unidades experimentales, en este caso se demarcaron parcelas de 4.5 x 5.5 m, para probar el efecto de 5 fuentes de abonos orgánicos y fertilizantes (T1 gallinaza, T2 bocachi, T3 Gallinaza más fertilizante, T4 Bocachi más fertilizantes y T5 Fertilizantes); con las cuales, se midió el incremento del rendimiento y la variación de la densidad del suelo. Se consideraron 5 repeticiones por cada tratamiento, haciendo un total de 25 unidades experimentales y se planteó la hipótesis de igualdad de medias de tratamientos.

Fórmula del diseño estadístico

$$Y_i = \mu + \beta_j + \alpha_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_i$  = variable respuesta

$\mu$  = media

$\beta_j$  = efecto del bloque

T<sub>i</sub>= efecto de i-ésimo tratamiento

E<sub>y</sub>= error experimental.

El análisis de varianza para el modelo  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$

Fuentes de Variación (FV)	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	F <sub>0</sub>
Bloque	b-1	$\sum_{j=1}^b n_j (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})^2$	$\frac{S.C.BLOQUE}{B-1}$	$\frac{C.M.BLOQUE}{C.M.ERROR}$
Tratamientos	t-1	$\sum_{i=1}^t n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2$	$\frac{S.C.TRAT.}{t-1}$	$\frac{C.M.TRAT}{C.M.ERROR}$
Error	$\sum_{i=1}^t n_i - t$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$	$\frac{S.C.ERROR}{\sum_{i=1}^t n_i - t} = \sigma^2$	
Total	$\sum_{i=1}^t n_i - 1$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2$		

### 3.4.2. Descripción de los tratamientos

En el cuadro 1 se muestran las dosis de los diferentes tratamientos que se aplicaron en el experimento de acuerdo a la cantidad de nutrientes, según recomendación CENTA (A.3).

**Cuadro 1. Descripción de los tratamientos y dosis de los abonos y fertilizantes en estudio**

Tratamientos	Dosis g/postura	Dosis Lb/parcela	Dosis Kg/Ha
T1 residuo animal (gallinaza de jaula)	80 de gallinaza	413 de gallinaza	2,503 de gallinaza
T2 abono orgánico fermentado tipo bocashi de fábrica	100 de bocashi	516.24 de bocashi	3,128.75 de bocashi
T3 combinación de 100% de abono y 50% fertilizantes	Primera fertilización 80 gallinaza + 2.50 de 18-46-0	400 gallinaza + 13.12 de 18-46-0	2,503 de gallinaza + 113.64 de 18-46-0
	Segunda fertilización	400 gallinaza + 13.03 de urea +	2,503 de gallinaza + 48.7 de urea +

	80 gallinaza + 1.65 de urea + 2.12 de sulfato de amonio	10.93 de sulfato de amonio	66.55 de sulfato de amonio
T4 combinación de 100% de abono y 50% fertilizantes	Primera fertilización 100 bocashi + 2.50 de 18-46-0	500 bocashi + 13.12 de 18-46-0	3,128.75 de bocashi + 113.64 de 18-46-0
	Segunda fertilización 100 bocashi + 1.65 de urea + 2.12 de sulfato de amonio	500 bocashi + 13.03 de urea + 10.93 de sulfato de amonio	3,128.75 de bocashi + 48.7 de urea + 66.55 de sulfato de amonio
T5 fertilizante químico	primera fertilización 5 de fórmula 18-46-0	26.25 de fórmula 18-46-0	227.27 de fórmula 18-46-0
	Segunda fertilización 3.11 de urea	16.07 de urea	97.4 de urea
	Segunda fertilización 4.25 de sulfato de amonio	21.96 de sulfato de amonio	113.11 de sulfato de amonio

### 3.4.2. Variables en estudio con sus respectivos indicadores.

X= Abonos orgánicos

X1= Producto animal (gallinaza)

X2= Abono fermentado (tipo bocashi)

X3= combinación de abonos orgánicos con fertilizantes

Y= Rendimientos de maíz.

Y1= Rendimientos de maíz en qq/mz/tratamientos.

Z= Fertilidad del suelo

Z1= Actividad biológica

Z2= Niveles de N, P, K.

Z3= pH, densidad aparente.

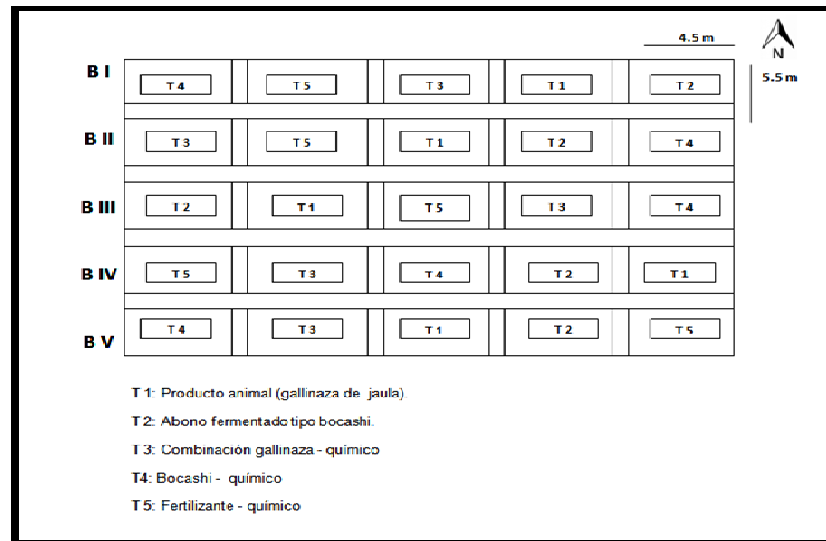


Figura 1. Plano de campo del cultivo de maíz

En la fig. 1 se muestra la distribución de los tratamientos en estudio, por bloques según su ubicación dentro de la parcela.

### 3.4.3. Toma de datos durante el desarrollo del cultivo

Los datos que se midieron corresponden, al área útil de la parcela de 27.12 m<sup>2</sup>; que corresponde a los tres surcos centrales y los cuatro metros de largo de los surcos que incluyen 32 plantas.

#### Crecimiento y desarrollo

La toma de datos fue cada quince días para conocer el progreso del cultivo.

La altura de plantas se midió, del suelo a la última hoja decumbente; el último dato fue tomado hasta el raquis floral con cinta métrica.

Para el grosor de la planta, se realizaron tres mediciones en tres partes del tallo de la planta: inferior, central y superior, con un pie de rey.

#### Datos a cosecha

Largo de la mazorca: se midieron todas las mazorcas del área útil, para obtener el promedio de cada parcela.

Peso seco del grano: del total de mazorcas del área útil, se obtuvo el peso de los granos. Se tomó el peso de 100 g con una humedad entre el 12-14%.

A los resultados se les aplicó la prueba estadística de SAS (Statistical Analysis System); para conocer, cuál de los tratamientos, proporcionó los mejores resultados, con la significancia estadística de ( $p \leq 0.05$ ).

### **3.5. Metodología socioeconómica**

#### **3.5.1. Análisis beneficio-costo**

Presupuesto parcial

Se elaboró una matriz de costos de producción, en la cual se incluyeron todos los insumos necesarios para producir el cultivo, la mano de obra y materiales utilizados para obtener el costo de producción con los tratamientos.

Relación beneficio-costo

Se realizó, a través de la división de los ingresos de la venta de maíz entre el costo de producción del cultivo.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado, se presentan los resultados de las principales características físicas, químicas y biológicas del suelo: textura, densidad aparente, porcentaje de porosidad, pH, elementos mayores (N, P, K, Mg, Ca) y porcentaje de Materia orgánica (%MO). Así mismo se realizaron análisis químicos de los abonos orgánicos empleados, la identificación de algunos organismos del suelo en el que se realizó el ensayo, análisis de cromatografía de suelos; la prueba de la efervescencia con peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ ) y la prueba de la pala.

Además, se presentan los resultados que produjeron las variables estudiadas, sobre el cultivo de maíz por el efecto de los abonos orgánicos bocashi, gallinaza y la combinación con fertilizantes químicos. También se presentan los datos de altura, diámetro de planta, largo de fruto, diámetro de fruto y rendimiento.

### 4.1. Caracterización previa del suelo y de los materiales orgánicos

El perfil del suelo en que se estableció el cultivo, tiene una textura superficial franco arcillosa, en el horizonte A, la estructura del suelo, es de forma terronosa o bloques con un espesor de 2 cm; el terreno presentó una cobertura vegetal, por rastrojos de la cosecha anterior del 68%; el pH era moderadamente ácido (5.8); en el horizonte subyacente, presenta textura arcillosa, con colores café oscuro y una estructura de bloques, de un espesor de 2-3 cm; el suelo en estado húmedo presentó una consistencia friable; el origen del suelo es de cenizas volcánicas; el suelo presentó una moderada profundidad efectiva (90 cm).

Se compararon las características del suelo, con las descritas en el cuadrante No 2354 IV de Opico, del Levantamiento General de suelos (1964); que corresponden al Gran Grupo de suelos Latosol Arcillo Rojizo de la clasificación genética y caracterizado en la clasificación taxonómica, en el Gran Grupo Haplustalf, perteneciente a la serie Aza: Azacualpa, alomado en planicies, siendo semejantes en textura. El suelo intrínseca y externamente presenta condiciones favorables para el cultivo de maíz (Rico 1974).

#### 4.1.1 Principales características física y químicas del suelo antes del ensayo

El suelo, donde se estableció el ensayo presentó características físicas y químicas particulares, según los criterios de interpretación del CENTA, como: pH moderadamente

ácido (5.8), 5.24% de materia orgánica considerada como alta. En cuanto a los nutrientes presentes en el suelo, el contenido de fósforo resultó ser muy bajo, mientras que el potasio y el calcio Intercambiable se presentaron en cantidades altas; en el caso del manganeso el nivel es muy alto (cuadro 2).

Cuadro 2. Principales características físicas y químicas del suelo antes del ensayo.

Textura	P (ppm)	K (ppm)	Ca Intercambiable (meq/100 g.)	Mg Intercambiable (meq/100g.)	pH en agua 1:2.5	% M.O.
Franco arcillosa	4	183.72	10.73	2.28	5.8	5.24

Resultado de análisis de suelo 2012, según CENTA

#### 4.1.2. Caracterización química y física de los abonos orgánicos empleados en el ensayo: gallinaza y bocashi

Con la aplicación de gallinaza, se hizo un aporte de nitrógeno al suelo de 129.29 kg/ha, de fósforo se aportó 80.81 kg/ha y potasio 88.89 kg/ha, de tal manera que el aporte de nitrógeno se acerca al rango recomendado por el CENTA.

El bocashi, aportó la cantidad de nitrógeno de 56.87 kg/ha, fósforo 60.61 kg/ha y de potasio 44.44 kg/ha.

Cuadro 3. Composición de los abonos orgánicos gallinaza y bocashi.

ABONOS	% N	% P	% K	pH	% Ca	ppm Mn	% humedad	% M.O
GALLINAZA	4.19	2.58	2.80	6.91	10.71	764.56	16.40	43.25
BOCASHI	1.51	1.58	1.13	7.96	5.15	-	8.79	15.17

Fuente: laboratorio de suelo del CENTA 2011.

#### 4.1.3. Interpretación de cromas realizados en los abonos orgánicos

En el resultado del análisis cromatográfico de los abonos orgánicos, el bocashi presentó un cromograma en el que la zona céntrica fue de menor tamaño, comparado con el cromograma de la gallinaza (figura A-9), el cual se corroboró con el análisis químico en que el porcentaje de nitrógeno del bocashi fue de 1.51 y el de la gallinaza de 4.19 (cuadro 3). Otra



característica que permitió evaluar el contenido de nitrógeno de ambos abonos fue el olor del amoníaco, más acentuado en la gallinaza. De igual manera, se reflejó en la disponibilidad de nutrientes en que el cromograma del bocashi tuvo menor desarrollo en la zona mineral (2) y el de la gallinaza mostró mayor visibilidad, debido al mayor contenido de elementos minerales. La zona proteica (3) para ambos, bocashi y gallinaza, fue difusa y en la zona de integración o enzimática (4); en ambos abonos se mostró una buena integración de la parte mineral con la enzimática, lo cual es debido a la actividad biológica en el proceso de fermentación del bocashi y compostaje de la gallinaza. Por lo anterior, se consideró que el bocashi y la gallinaza utilizados en el ensayo fueron de mediana calidad de acuerdo a los cromogramas estándar del Manual de Cromatografía (Restrepo 2011).

#### **4.1.4. Densidad aparente (Da) y porcentaje de poros en el suelo**

Al realizarse el análisis físico del suelo, la densidad aparente resultó ser en promedio, para toda el área en estudio, de 0.82 (gr/cm<sup>3</sup>) y el porcentaje de porosidad fue de 51.63%, lo cual se debe a que los suelos provienen de cenizas volcánicas. Según Porta citado por Ramírez (s.f.), la densidad aparente del suelo está afectada por la materia orgánica, así como por su textura, estructura, humedad y el grado de compactación.

#### **4.1.5. Organismos y microorganismos existentes en el suelo**

##### **4.1.5.1 Presencia de microorganismos en el campo, antes de la aplicación de los abonos y fertilizantes al suelo**

En la prueba de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), se observó una presencia media de microorganismos, tomando como patrón la efervescencia en estiércol de bovino, que es abundante. Esta presencia se corroboró con la captura de microorganismos la cual mostró poca diversidad de grupos de microorganismos en toda el área de trabajo (cuadro 13). En la mayoría de los bloques del área total del ensayo se encontraron cuatro géneros de hongos, entre estos el género *Geotrichum* que pertenece a la clase *Hyphomycetes* y *Rizoctonia* de la clase *Agonomycetes*; a excepción del bloque 3, en el cual se encontró *Fusarium* de la clase *Hyphomycetes* y *Cunninghamella* perteneciente a la clase *Zygomycetes* (Agrios 1998). En el caso de bacterias todos los bloques presentaron el mismo género Bacilli de la clase Bacillaceae.

De acuerdo a Gómez (2012)<sup>1</sup>, entre los hongos identificados la mayoría eran descomponedores de materia orgánica y otros como el Fusarium y Rhizoctonia que pueden causar efectos patogénicos en cultivos como las hortalizas; de tal manera, que durante el proceso de la investigación no se presentaron efectos de daños en el cultivo a nivel radicular, lo cual fue un indicador de una actividad microbiana positiva en función del mejoramiento del suelo. En el caso de la poca diversificación de microorganismos puede deberse al déficit de precipitación del mes de junio que fue de 120 mm, lo que se corroboran con datos del (SNET 2012).

#### **4.1.5.2. Presencia de organismos visibles en el suelo**

Con el método de la pala se encontraron abundantes raíces de plantas arvenses con profundidades de 5-10 cm; sin embargo el suelo presentó escasa presencia de organismos visibles, pero con abundante materia orgánica, lo que se corroboró con el análisis químico con 5.24% de MO (cuadro 2), así como también, por la abundante cobertura de los residuos de la cosecha anterior. Además, la presencia de coleópteros, abundantes termitas, galería de lombrices y presencia de estas de 3-4 cm de largo, contabilizándose un número de 12 individuos en un volumen de suelo de 25 x 25 x 25 cm, correspondiendo al 1.92% del área total de la parcela. De acuerdo a lo expresado por el agricultor propietario de la parcela, donde se realizó el ensayo, explica que en el historial de uso del suelo, ha sido utilizado intensivamente con cultivos de maíz y frijol.

#### **4.2. Efecto de los abonos sobre las principales características químicas del suelo**

Al finalizar el ensayo, se realizaron análisis, para identificar posibles variaciones que hayan ocurrido en las características físicas y químicas del suelo con la aplicación de los tratamientos. Según Romero citado por López et al. (2001), los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad.

---

<sup>1</sup>Gomez Orellana, RE. 2012. Identificación de hongos (Entrevista). San Salvador, SV, Universidad de El Salvador.

#### 4.2.1. Influencia de la aplicación de gallinaza, bocashi y fertilizantes químicos en el pH del suelo

Al hacer una comparación de los resultados del análisis químico, entre los tratamientos, se encontró que al inicio el pH era de 5.8 moderadamente ácido, (cuadro 2) y al finalizar el ensayo (cuadro 4), se observa una tendencia a disminuir, de tal manera que en los T2, T3, T4 y T5, cambiaron de categoría, de moderadamente ácido a fuertemente ácido, mientras que con la aplicación de gallinaza en el T1, el pH se mantuvo en la misma categoría de moderadamente ácido; pero con cierta disminución en su valor. En el análisis de varianza, a pesar de que existe una variación mencionada anteriormente, esta resulta ser estadísticamente no significativa. Según López *et al.* (2001), el pH del suelo abonado con gallinaza, aumenta por la liberación de amonio, no obstante este efecto es más lento en los suelos ácidos por que la nitrificación no está favorable en este tipo de suelo. Si se observa, en el cuadro de los análisis de los abonos orgánicos, estos presentaban pH alto, por lo que no resultan, ser la causa de la disminución del pH del suelo; aunque según la Ficha Técnica de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, de Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación de México, señalan que con el uso de abonos orgánicos se ha observado que el pH en suelos ligeramente ácidos o neutros, tiende a aumentar.

Cuadro 4. Influencia de los distintos tratamientos sobre el pH del suelo

Tratamiento	Promedios de Ph	pH del suelo antes del ensayo
T1 Gallinaza	5.6 <sup>ns</sup>	5.8
T2 Bocashi	5.4 <sup>ns</sup>	
T3 Gallinaza + químico	5.58 <sup>ns</sup>	
T4 Bocashi + químico	5.46 <sup>ns</sup>	
T5 Químico	5.44 <sup>ns</sup>	

En la figura 2 se muestra la variación de pH entre los promedios de los tratamientos, principalmente en los T5, T2 y T1, sin embargo, el T3 y T4 se comportaron similares.

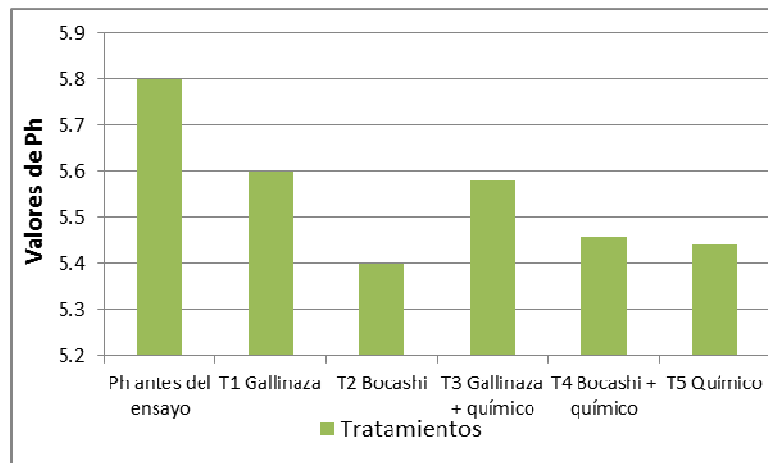


Figura 2. Influencia de los tratamientos sobre el pH del suelo.

#### 4.2.2 Efecto de los abonos orgánicos y su combinación con los fertilizantes químicos en el Calcio del suelo

El contenido de calcio en el suelo se encontró en un nivel similar en todos los tratamientos y repeticiones aplicados, en relación al criterio de interpretación que utiliza CENTA, que oscila de muy bajo a muy alto. Sin embargo, si se comparan los datos de la presencia del calcio antes de aplicar los tratamientos (10.63 meq/100 g de suelo); en los T1 y T3 se encuentra en una cantidad ligeramente superior a dicho dato, lo cual se debe a la aplicación de gallinaza, que según el análisis, el contenido de calcio en la gallinaza, es de 10.71%, de tal manera que su aplicación generó el incremento (figura 3). Sin embargo, el T2 presenta una disminución en 1 meq/100 g de suelo.

López et al. (2001), en su investigación reporta que la gallinaza proporciona un 30% más de calcio que otros abonos orgánicos, sin embargo, las variaciones mencionadas anteriormente resultan ser no significativas estadísticamente.

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos en el contenido Calcio del suelo.

Tratamiento	Promedios de Ca (meq/100 g de suelo)	Contenido de Ca antes del ensayo
T1 Gallinaza	10.94 <sup>ns</sup>	10.73
T3 Gallinaza + químico	11.56 <sup>ns</sup>	
T3 Gallinaza + químico	11.56 <sup>ns</sup>	
T 4 Bocashi + químico	10.52 <sup>ns</sup>	
T5 Químico	10.02 <sup>ns</sup>	

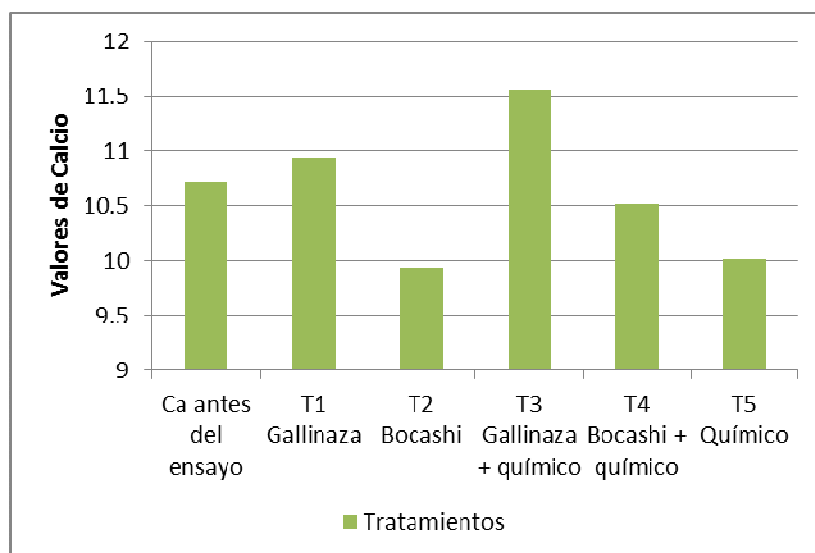


Figura 3. Efecto de los tratamientos en el contenido de calcio del suelo.

#### 4.2.3 Efecto de los abonos orgánicos y su combinación con los fertilizantes químicos en el Potasio

En el caso del potasio, este se encontró antes de la aplicación de los tratamientos en un nivel de 183.72 ppm, que se considera alto (60- 200 ppm alto, CENTA), posterior a su aplicación se encontró en el mismo nivel (alto) en todas las repeticiones, sin embargo, el T5 mostró una disminución con respecto al valor inicial, en 12 ppm; el resto de tratamientos manifestaron un aumento en el contenido de potasio, específicamente los T1, T2 y T3 en un rango de 46 a 86 ppm, siendo el mayor el T1 (figura 4).

Pérez citado por Gutiérrez (2000), señala que al incorporar abonos orgánicos en el suelo los niveles de potasio se vuelven altos y proporciona que las plantas tengan lo que necesiten para su pleno desarrollo, sin embargo el análisis estadístico resultó ser no significativo con relación a los niveles de potasio en el suelo.

Cuadro 6. Análisis de los promedios de potasio en ppm

Tratamiento	Promedios de K (ppm)	Contenido de K en el suelo antes del ensayo
T1 Gallinaza	269.74 <sup>ns</sup>	183.72
T2 Bocashi	229.13 <sup>ns</sup>	
T3 Gallinaza + químico	253.40 <sup>ns</sup>	
T4 Bocashi + químico	189.61 <sup>ns</sup>	
T5 Químico	117.67 <sup>ns</sup>	

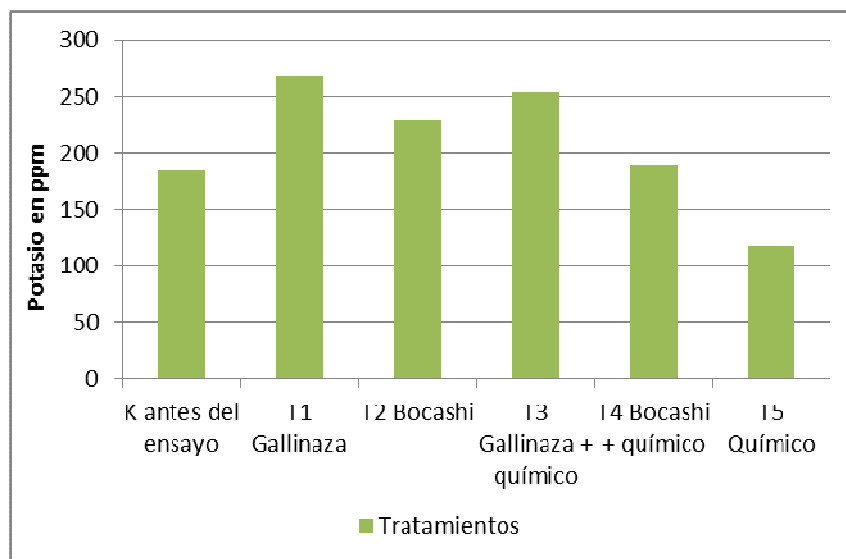


Figura 4. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el potasio.

#### 4.2.4. Efecto de los abonos orgánicos y su combinación con los fertilizantes químicos en el fósforo

Con respecto al fósforo, la figura 5 muestra como los T1, T2, T3 y T4, manifiestan un aumento significativo, comparado con el análisis inicial que fue de 4 ppm, considerado

por el CENTA como muy bajo; obteniéndose un aumento hasta de 58 ppm; pero en el tratamiento 5 su incremento fue menor que el resto. Este resultado se atribuye a que el T5 fue la aplicación de fertilizante químico. Desde un punto de vista agronómico, la aplicación de abonos orgánicos para satisfacer la demanda de N de los cultivos puede ocasionar un exceso de P en el suelo (Bar-Tal citado por Rodríguez 2009).

En el análisis estadístico muestra que existió diferencia significativa en los tratamientos, lo que indica que con la aplicación de los abonos bocashi y gallinaza se producen efectos en el contenido de fósforo en el suelo.

Cuadro 7. Efecto de los tratamientos sobre el fósforo en ppm.

Tratamiento	Promedios de P (ppm)	Contenido de P en el suelo antes del ensayo
T1 Gallinaza	46.4 <sup>s</sup>	4
T2 Bocashi	62.2 <sup>s</sup>	
T3 Gallinaza + químico	29.4 <sup>ns</sup>	
T4 Bocashi + químico	31.2 <sup>s</sup>	
T5 Químico	12.2 <sup>ns</sup>	

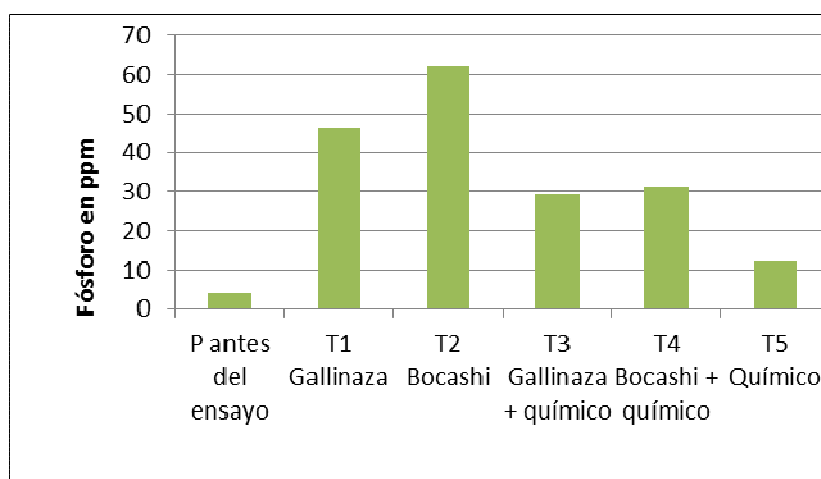


Figura 5. Incidencia de los tratamientos en el fósforo presente en el suelo.

#### 4.2.5. Efecto de los abonos orgánicos y su combinación con los fertilizantes químicos en el magnesio intercambiable del suelo.

Según el criterio de interpretación de CENTA el contenido de magnesio intercambiable en el suelo presento una disminución con respecto al análisis inicial que fue de 2.28 meq/100 g de suelo. En los T1, T2, T4 y T5 se observa que hubo una disminución en el contenido de magnesio hasta de 0.41 meq/100 g de suelo; en el caso del T3 no presento variación con respecto al valor inicial, lo que se corrobora en la figura 6.

Vivanco citado por Ramírez (s.f.), señala que la incorporación de abonos orgánicos en el suelo, produce un efecto positivo en cuanto al nivel de magnesio, no obstante este proceso puede ser un poco lento, lo cual se verá reflejado en otros ciclos productivos. Según el análisis de varianza existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en cuanto al contenido de magnesio intercambiable en el suelo.

Cuadro 8. Resultados de los promedios de tratamientos de magnesio intercambiable.

Tratamiento	Promedios Mg meq/100 g de suelo.	Contenido de Mg en el suelo antes del ensayo
T1 Gallinaza	2.01 <sup>s</sup>	2.28
T2 Bocashi	2.00 <sup>s</sup>	
T3 Gallinaza + químico	2.29 <sup>s</sup>	
T4 Bocashi + químico	1.87 <sup>ns</sup>	
T5 Químico	1.98 <sup>ns</sup>	

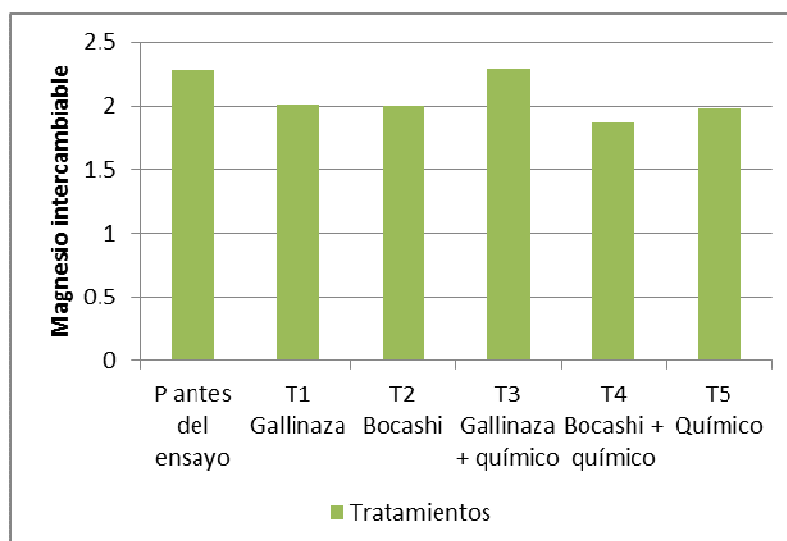


Figura 6. Efecto de los tratamientos sobre el magnesio intercambiable del suelo.



#### 4.2.6. Efecto de los abonos orgánicos combinados con fertilizantes químicos en el contenido de materia orgánica presente en el suelo.

Con respecto al contenido de materia orgánica en el suelo, en la figura 7 se observa que al compararlo con el valor inicial, existe una disminución de 0.88% y según el criterio de interpretación es de medio a alto. Esto se debe a procesos de descomposición de los rastrojos de los ciclos productivos anteriores y cuando se realiza el análisis inicial se refleja el buen contenido de materia orgánica; aunque cuando se incorporan abonos se proporciona materia orgánica, pero este dato se observa con el tiempo y en la investigación este parámetro, se realizó finalizada la cosecha; época en la cual no había una descomposición absoluta de los abonos y es por ello que no se ve reflejado en el análisis. Julca citado por Fortis (2009), señala que el estiércol es una excelente fuente de MO y recomienda su uso para mejorar suelos muy pobres, también reportan concentraciones de MO en el estiércol de alrededor de 5%. Meléndez (2003), afirma que una de las contribuciones más importantes de la materia orgánica presente en los abonos en la fertilidad de suelo, es su capacidad de suplir nutrimentos, especialmente nitrógeno, fósforo y azufre.

De acuerdo con el análisis estadístico no existen diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al contenido de materia orgánica en el suelo.

Cuadro 9. Resultados de los promedios en el contenido de materia orgánica.

Tratamiento	Promedios de % MO	Contenido de MO en el suelo antes del ensayo
T1 Gallinaza	4.97 <sup>ns</sup>	5.24
T2 Bocashi	5.14 <sup>ns</sup>	
T3 Gallinaza + químico	5.30 <sup>ns</sup>	
T4 Bocashi + químico	4.36 <sup>ns</sup>	
T5 Químico	4.90 <sup>ns</sup>	

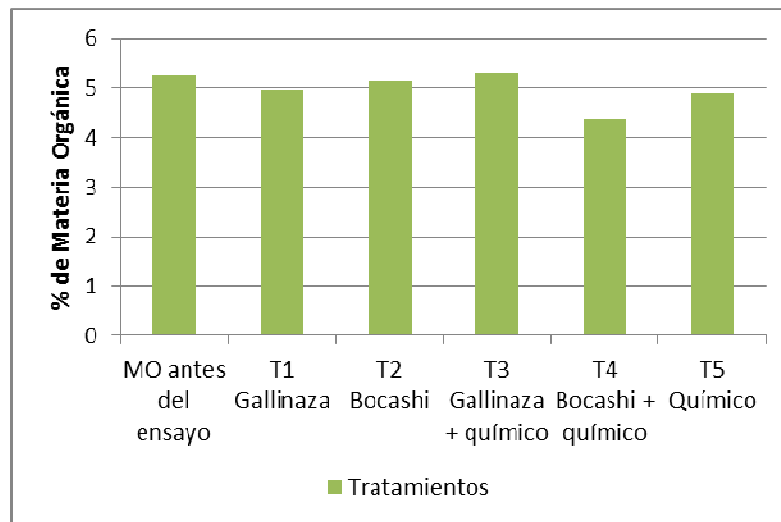


Figura 7. Porcentaje de materia orgánica presente en el suelo.

#### 4.2.7. Resumen del efecto de los tratamientos en el pH, fósforo, calcio, potasio y magnesio.

En el cuadro 10 se observa el comportamiento de promedios de los tratamientos que han tenido los nutrientes en el análisis de suelo, después del experimento y se corrobora en la figura 8.

Los abonos orgánicos, suministran a las plantas los compuestos asimilables en forma gradual, a través de una serie de reacciones, donde se degradan proteínas y carbohidratos complejos como la celulosa y lignina a compuestos más simples, como aminoácidos y almidones, luego a moléculas asimilables por la planta (iones  $\text{NO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), por medio de los jugos digestivos y enzimas de los microorganismos presentes en el suelo (González et al. 1996).

Según los resultados obtenidos el contenido de elementos nutricionales principales (N, P, K) para los cultivos se vio incrementado, por el proceso de descomposición de la materia orgánica que libera los nutrientes poco a poco, este es un factor clave en la fertilidad del suelo, ya que actúa sobre las propiedades físicas (porosidad, capacidad de retención hídrica, estabilidad de agregados y otros.), y químicas, aportando nutrientes mediante los procesos de mineralización a través de su capacidad de intercambio de cationes, que

actúa como una reserva nutricional y sobre las biológicas; ya que mantiene la actividad microbiana del suelo (Cantarero 2002).

Además, la aplicación de los abonos orgánicos propicia características físicas y químicas en el suelo que permiten el desarrollo de los cultivos (Meléndez 2003).

En relación a los fertilizantes sintéticos tradicionales, aportan solo dos o tres elementos minerales solubles a las plantas, mientras que los abonos orgánicos aportan micro y macro nutrientes.

Cuadro 10. Características químicas del suelo después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	pH	% MO	P kg/ha	cmol(+)/kg		
				Ca	K	Mg
T1	5.6	4.97	46.4	10.922	269.736	2.098
T2	5.54	5.14	62.2	9.94	229.134	2.004
T3	5.58	5.3	29.4	11.558	253.404	2.286
T4	5.46	4.36	31.2	10.518	189.606	1.87
T5	5.44	4.90	12.2	10.092	171.696	1.98

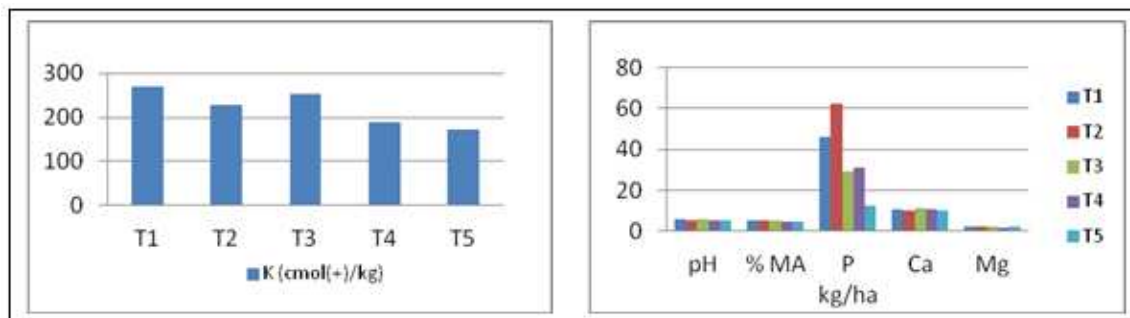


Figura 8. Contenido promedio de nutrientes en el suelo.

#### 4.3. Efecto de los abonos orgánicos bocashi, gallinaza y su combinación con fertilizantes químicos en la densidad aparente (Da) y porcentaje de poros en el suelo después del experimento.

La densidad aparente del suelo, antes de la aplicación de los abonos, (cuadro 11), resultó ser de  $0.83 \text{ gr/cm}^3$ , lo cual se debe a que el suelo, en el que se realizó la investigación,

pertenece a la serie Azacualpa cuyo origen es de cenizas volcánicas, por lo que las partículas presentan un bajo peso específico, resultando un espacio poroso de 55%.

Después de la aplicación de los tratamientos, se generó una disminución de la densidad aparente, con respecto a lo encontrado antes de realizar el ensayo, principalmente a causa de la aplicación de los abonos orgánicos; la gallinaza disminuyó  $0.12 \text{ gr/cm}^3$ , el bocashi  $0.10 \text{ gr/cm}^3$  y de la misma manera las combinaciones; caso contrario fue la aplicación de solo fertilizante, el cual no generó ninguna variación.

De lo anterior se puede decir, que la aplicación de abonos orgánicos produce un efecto positivo, disminuyendo la densidad aparente del suelo y generando más espacio porosos de hasta 8%; lo que indica que el suelo al ser tratado con abonos orgánicos presenta mayor porosidad y en consecuencia mayor aireación y almacenamiento de agua, que beneficia el crecimiento y desarrollo de cultivos.

Los resultados de este trabajo, acerca de la disminución de la densidad aparente e incremento de la porosidad del suelo, se confirman con los obtenidos por Rodríguez et al. (2010), quienes al hacer las aplicaciones de abonos orgánicos, compostaje y bocashi combinados con fertilizantes, obtuvieron disminución de la densidad aparente del suelo y el incremento del espacio poroso total, en un suelo derivado de ceniza volcánica.

Cuadro 11. Efecto de los abonos orgánicos y su combinación con fertilizantes químicos en las características físicas del suelo.

Contenido	Bloques				
	1	2	3	4	5
D. A. antes ( $\text{gr/cm}^3$ )	0.85	0.82	0.80	0.84	0.81
Poros antes %	49.40	51.76	50.00	51.72	55.25
Contenido	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
D.A. después ( $\text{gr/cm}^3$ )	0.74	0.72	0.78	0.72	0.81
Poros después%	57.68	55.25	54.55	51.61	54.32

#### 4.4. Microorganismos existentes en el suelo después de la aplicación de los abonos orgánicos y fertilizantes.

##### 4.4.1. Presencia de microorganismos en campo

La prueba de efervescencia con agua oxigenada en muestras de suelo donde se aplicaron los tratamientos de la investigación, en los bloques 1, 2, 3, 4, la presencia de los organismos fue abundante, sin existir diferencia alguna entre los tratamientos de estos bloques, a diferencia de los tratamientos del bloque 5 que presentaron poca efervescencia de microorganismos. En comparación a lo encontrado antes del experimento que fue de mediana presencia, cuando se aplican los abonos orgánicos combinados con fertilizantes mejoran la cantidad de estos, con abundante presencia de microorganismos, lo cual es favorable para el suelo y el cultivo.

En la identificación de microorganismos presentes en el suelo (cuadro 12), correspondientes a las muestras al finalizar la cosecha del maíz, se encontraron 7 géneros de organismos en el área de estudio, de los cuales se mantuvieron el *Geotrichum*, *Fusarium*, *Cunninghamella* y *Rhizoctonia*, variando en tres géneros con respecto a su población antes del experimento: *Phytium* perteneciente a la clase *Oomycetes*, *Sclerotium* de la clase *Agonomycetes* y *Verticillium* de la clase *Hyphomycetes* (Agrios 1998), hongos que no estaban presentes al inicio de la fase de campo.

Cuadro 12. Presencia de microorganismos (hongos) antes y después de la aplicación.

Microorganismos presentes en el suelo					
Bloques	1	2	3	4	5
Antes	<i>Geotrichum</i> , <i>Rhizoctonia</i> .	<i>Geotrichum</i> , <i>Rhizoctonia</i>	<i>Geotrichum</i> , <i>Rhizoctonia</i> . <i>Fusarium</i> <i>Cunninghamella</i>	<i>Geotrichum</i> , <i>Rhizoctonia</i>	<i>Geotrichum</i> , <i>Rhizoctonia</i>
Tratamientos	1	2	3	4	5
Después	<i>Verticillium</i> <i>Cunninghamella</i> <i>Geotrichum</i> <i>Rhizoctonia</i>	<i>Verticillium</i> <i>Phytium</i> <i>Geotrichum</i> <i>Rhizoctonia</i>	<i>Verticillium</i> <i>Sclerotium</i> <i>Phytium</i> <i>Geotrichum</i> <i>Rhizoctonia</i>	<i>Verticillium</i> <i>Phytium</i> <i>Geotrichum</i> <i>Rhizoctonia</i>	<i>Rhizoctonia</i> <i>Fusarium</i>

La aplicación de gallinaza favoreció el apareamiento del genero *Phytium* y *Verticillium*, mientras que combinada con el fertilizante químico, se incorporan los géneros antes mencionados más el *Esclerotium*. El uso de gallinaza tiene un alto potencial ya que además de su contribución a la nutrición de los cultivos con un amplio rango de minerales y su impacto en el incremento de la microflora del suelo, el proceso de compostaje, en su última fase, favorece el crecimiento y colonización de agentes de control biológico de varios fitopatógenos (Rodríguez *et al.* 2010).

Con la aplicación del bocashi solo y combinado con fertilizantes favoreció el crecimiento del genero *Phytium*, además de los que ya se tenían antes de establecer el ensayo.

En el caso de la aplicación de solo fertilizante no hubo apareamiento de nuevos organismos, comparado con los abonos orgánicos, en este tratamiento el género *Rhizoctonia* tuvo una predominancia.

Con base a lo anterior, puede señalarse la importancia que tiene la aplicación de abonos orgánicos, los cuales favorecen el crecimiento de organismos y cuya funcionalidad en el suelo es de ser descomponedores de celulosa, lignina y pectina, como también, mejoran la estructura física mediante la acumulación de sus micelios en el suelo. Formando agregados que ayudan a retener agua; sin embargo, este es un proceso a desarrollarse con la aplicación de abonos orgánicos de forma continua, ya que los abonos pueden introducir agentes de biocontrol al suelo y proporcionar alimento para su establecimiento y actividad; pueden mejorar la condición de la raíz y aportar nutrientes a la planta, lo que favorece un crecimiento adecuado del cultivo que le permita tolerar las enfermedades o escapar de la infección. Esta característica de los abonos orgánicos para impedir el desarrollo de enfermedades en las plantas se conoce como supresividad (González *et al.* 1996).

En el caso de bacterias, ninguno de los tratamiento aplicado hizo variar la población de esos microorganismos, tal es que en todos los tratamientos y bloques se encontró el género Bacillaceae que contribuye a la solubilización de fosfatos, la fijación biológica del nitrógeno y en el control biológico de patógenos.

Carretero *et al.* citado por Astudillo (2011), indica que numerosos microorganismos, principalmente bacterias y hongos, junto con algunos componentes de la mesofauna, como las lombrices, son capaces de mejorar la estructura y estabilidad estructural de los

suelos, estos efectos son debidos a que, por ellos mismos o a través de sustancias producidas por ellos, son capaces de ligar las partículas de suelo formando agregados.

#### **4.4.2. Presencia de organismos visibles en el suelo al finalizar la cosecha del cultivo**

Al examinar el suelo a nivel de campo, al final de las lluvias, en el T5 se encontraron en los terrones del suelo abundantes deyecciones y presencia de lombrices tanto en la parte superior como inferior; para un volumen de suelo de  $0.016 \text{ m}^3$  (25 x 25 x 25 cm) se encontraron 20 lombrices de tierra de 2-4 cm de largo. Es importante notar que el incremento de organismos durante la época lluviosa fue favorecido por la aplicación de abonos orgánicos.

Los T4 en los primeros 10 cm de profundidad se encontraron termitas, coleópteros y abundantes deyecciones de lombrices y presencia de estas; en la parte inferior se encontraron 12 lombrices de 1-4 cm de largo en un volumen de suelo de  $0.016 \text{ m}^3$  (25 x 25 x 25 cm).

Los T3 en los primeros 10 cm de profundidad abundante deyecciones de lombrices y presencia de estas con 4-5 cm de largo, coleópteros, termitas, para un volumen de suelo de  $0.016 \text{ m}^3$  (25 x 25 x 25 cm).

Los T2 en los 10 cm de profundidad, se observaron coleópteros, termitas, deyecciones de lombrices y presencia de estas de hasta 4-6 cm de largo para un volumen de  $0.016 \text{ m}^3$  (25 x 25 x 25 cm).

Los T1 en 10 cm presencia se encontró abundantes coleópteros, termitas deyecciones de lombrices y presencia de estas de 2-4 cm de largo para un volumen de  $0.016 \text{ m}^3$  (25 x 25 x 25 cm).

#### **4.5. Cromatografía del suelo.**

##### **4.5.1. Análisis cromatográfico de los suelos antes del experimento**

Originalmente los cromas de suelo para los cinco bloques presentaron una zona central de color crema oscura que indica la presencia de nitrógeno y oxigenación en el suelo, lo cual concuerda con la estructura granular de la capa superficial; esta zona central tiene una interacción ligeramente difusa con la zona 2 denominada mineral. De los cinco bloques el 2 presentó mayor evolución de la parte mineral, que se integró con las nubes

de la zona 4 (zona enzimática). La zona 3 (proteica), no se manifestó para los bloques 1, 2, 3 y 4, con excepción del bloque 5. Esto significa que a pesar de que existe materia orgánica en el suelo no alcanzaron su proceso de transformación y deje libre las proteínas. La zona 4 (enzimática), es visible en los cinco bloques, formando revuelos en forma de dientes y presenta un cierto grado de interacción con la parte mineral en los bloques 3 y 5 (figura A-10).

Con lo anterior puede decirse que es un suelo de baja calidad en relación al desarrollo de la materia orgánica en el suelo.

#### **4.5.2. Descripción e interpretación de los análisis cromatográficos del suelo después del experimento**

##### **4.5.2.1. Cromatogramas del suelo tratados con gallinaza**

Los cromatogramas correspondientes al T1 gallinaza presentaron en los bloques 2, 3, 4 y 5 las cuatro zonas, en donde la zona central reveló un buen contenido de nitrógeno que puede decirse que corresponde a la aplicación del abono cuyo contenido de nitrógeno fue alto (4.19%) y refleja a la vez una buena aireación en la capa superficial del suelo. La zona mineral se presentó con una buena definición de la presencia de elementos minerales lo cual es un impacto positivo por la práctica de la aplicación de gallinaza, por el aporte de nutrientes. En relación a la zona 3 de coloración café oscuro refleja una escasa formación proteica por la presencia de la materia orgánica en el suelo y sin integración con la zona mineral que puede deberse ya sea por la inmovilización o la poca presencia de actividad biológica en el suelo; esto último se corrobora con los pocos grupos de microorganismos que se encontraron a causa de las aplicaciones continuas de plaguicidas. La zona 4 enzimática, se muestra definida con una coloración café claro con nubes onduladas tenues, que indican la variedad nutricional activa disponible en el suelo y que indican alguna actividad biológica (Restrepo 2011) (figura A-11).

En síntesis puede decirse que los cromatogramas del tratamiento 1 del suelo, a pesar de que no presenta todas las zonas; sin embargo, la coloración ubica al suelo dentro de los colores deseables y registra una evolución hacia lo saludable. A excepción del bloque 1 donde la coloración refleja un mal estado evolutivo del suelo.



#### **4.5.2.2. Cromatogramas del suelo tratados con bocashi**

En el T2 con bocashi, el comportamiento fue similar en todos los bloques, en que el color de los cromatogramas fue ligeramente más oscuro que el de la gallinaza, con el desarrollo de tres zonas: central (nitrógeno) bien definida de color cremoso, la mineral de coloración marrón oscuro con definición de trama radial que mide el impacto de la aplicación del abono por la incorporación de nutrientes y favorecimiento en el desarrollo de la estructura del suelo y la enzimática con una formación de nubes difusa de coloración oscura, lo cual indica una baja actividad biológica y mediana presencia de nutrientes (figura A-12).

#### **4.5.2.3. Cromatogramas de gallinaza más químico**

En este tratamiento de la aplicación combinada de orgánico con químico los cromatogramas fueron de una coloración café muy oscuro, que mostraron una zona central de mayor tamaño, que el de la gallinaza y bocashi por la presencia de nitrógeno. La zona 2 presentó un trama radial débilmente definidos de caminos sinuosos aunque mejor definidos en el bloque 3, lo que indica un suelo de moderada a baja calidad por la poca disponibilidad de nutrientes. La zona 3 llamada proteica no se manifestó y la zona 4 muy débilmente definida que indica baja actividad biológica y nutricional. De igual manera poca integración de la zona mineral y proteica (figura A-13).

Lo anterior se interpreta que la baja definición de los cromatogramas viene dado por la influencia de la aplicación del fertilizante que limita o detiene la actividad microbiológica.

#### **4.5.2.4. Cromatogramas de bocashi más químico**

La aplicación de T4 bocashi mas químico generó cromatogramas del suelo de coloración marrón oscuro con el desarrollo de tres zonas. La zona central en comparación a T1, T2 y T3 la cantidad de nitrógeno fue menor, sin embargo la zona mineral presenta forma radial y sin formación de la zona proteica y enzimática a excepción del bloque 4, donde se presenta una ligera zona proteica y una aparente integración de la zona mineral con esta, terminando en picos en ambas zonas; lo anterior se explica en que el bocashi busca incrementar la población microbiana en el suelo, sin embargo, su combinación con fertilizante la actividad biológica es reprimida ya que el fertilizante es un producto químico salino que inhibe la formación microbiana (figura A-14).

#### **4.5.2.5. Cromatogramas de fertilizantes químicos**

Los cromatogramas en los cinco bloques del tratamiento de fertilizante presentaron una coloración café muy oscura y con menor definición de las zonas en relación a los otros cuatro tratamientos, de tal manera que la zona central es la más reducida, por el bajo contenido de nitrógeno; en relación a las otras zonas debido al limitado número de nutrientes y la no incorporación de materia orgánica, refleja la condición de un suelo netamente mineral y de escasa o nula actividad biológica (figura A-15).

#### **4.6. Análisis de las variables del cultivo**

A continuación se presenta los resultados del cultivo de maíz con sus variables y promedio de cada tratamiento y luego analizado con ANVA, para ser graficado. Los tratamientos son representados por la siguiente nomenclatura: gallinaza (T1), bocashi (T2), gallinaza + químico (T3), bocashi + químico (T4) y químico (T5).

##### **4.6.1. Producción del Cultivo de maíz**

###### **4.6.1.1. Rendimientos del grano de maíz en qq/ha**

Al interpretar el cuadro de ANVA, estadísticamente los bloques y los tratamientos en estudio produjeron igual efecto sobre la variable rendimiento; es decir que el suelo y los diferentes tipos de abonos no afectaron el rendimiento del maíz. El cual el mayor promedio fue el tratamiento 4 (la combinación bocashi más químico) con 27.33 qq/ha, superando en rendimiento a la parcela fertilizada con 100% químico con 20.50 qq/ha según CENTA (2000) los rendimientos promedios de quintales por manzana de maíz se encuentran en 63 qq/ha; mientras que Castellon (2002) en los resultados de su trabajo de investigación utilizando la variedad H-59 con fertilizantes químicos obtuvo rendimientos de 49.7qq/ha, los resultados obtenidos de la investigación se encuentran muy por debajo de los promedios señalados por los autores antes mencionados, sin embargo el dato de la investigación coincide con los rendimientos obtenidos por los agricultores de la zona que se encuentran entre los 20-25 qq/ha, de acuerdo a Hernández y Martínez (2012) aseguran que años anteriores han obtenido rendimientos de 35-45 qq/ha, pero debido a la condición climática de ese año se afectó la producción, esto se corrobora con los datos que proporciona el SNET (2012) en el cual debido al periodo sequía que se registró en los meses de junio, julio, agosto del 2012 con una duración de 30 días sin llover afectó el desarrollo fisiológico de la planta, también debido a que no existe la posibilidad de riego.

Cuando se aplica fertilizantes y combinado con gallinaza en dosis de 70 kg/ha de nitrógeno y 3,000 kg/ha de gallinaza se mejoran los rendimientos de maíz en campo (Gutiérrez 2000)

Cuadro 13. Rendimientos promedios por tratamientos en qq/ha

Tratamiento	Promedios rendimientos (qq/ha)
T1 Gallinaza	19.73 <sup>ns</sup>
T2 Bocashi	19.50 <sup>ns</sup>
T3 Gallinaza + químico	21.50 <sup>ns</sup>
T4 Bocashi + químico	27.33 <sup>ns</sup>
T5 Químico	20.50 <sup>ns</sup>

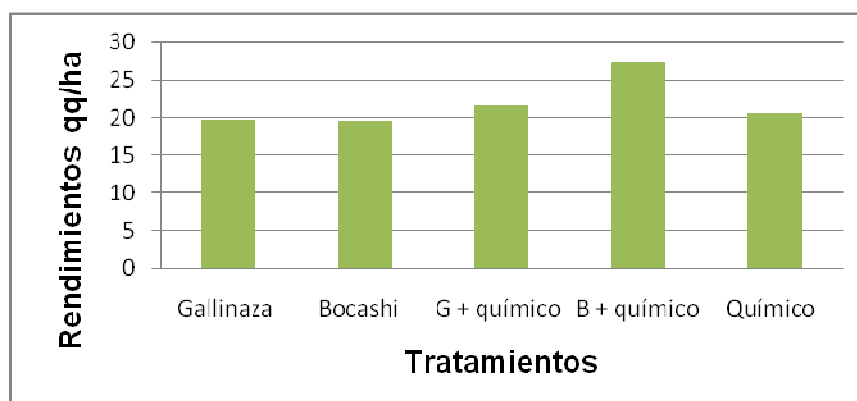


Figura 9. Efecto de los tratamientos en la variable rendimiento de maíz en qq/ha.

---

<sup>2</sup>Martínez, H; Hernández, M. 2012. Rendimientos del cultivo de maíz por hectárea. (Entrevista). San Juan Opico, La libertad.

#### 4.6.1.2. Altura de plantas

De acuerdo al ANVA, estadísticamente los bloques y los tratamientos en estudio produjeron igual efecto sobre la variable altura de la planta, es decir que el suelo y los diferentes tipos de abonos, no afectaron la altura del cultivo; sin embargo, el tratamiento 4 (combinación de bocashi mas químico), mostró el mayor promedio con 2.24 m y resultando con menor tamaño el tratamiento 5 (fertilización 100% químico), con un promedio de 1.91 m (cuadro 14 y fig. 10). Según el CENTA (2000), la altura promedio de la variedad H-59, es de 2.45 m y Castellón (2002), en su investigación reporta un promedio de 2.50 m; por lo que la variable en estudio del ensayo, fue menor en relación a lo citado por los autores antes mencionados; lo cual se atribuye a la explicación climática mencionada en los rendimientos.

Cuadro 14. Altura de la planta en metros

Tratamiento	Promedios de altura (m)
T1 Gallinaza	2.21 <sup>ns</sup>
T2 Bocashi	2.23 <sup>ns</sup>
T3 Gallinaza + químico	2.00 <sup>ns</sup>
T4 Bocashi + químico	2.24 <sup>ns</sup>
T5 Químico	1.91 <sup>ns</sup>

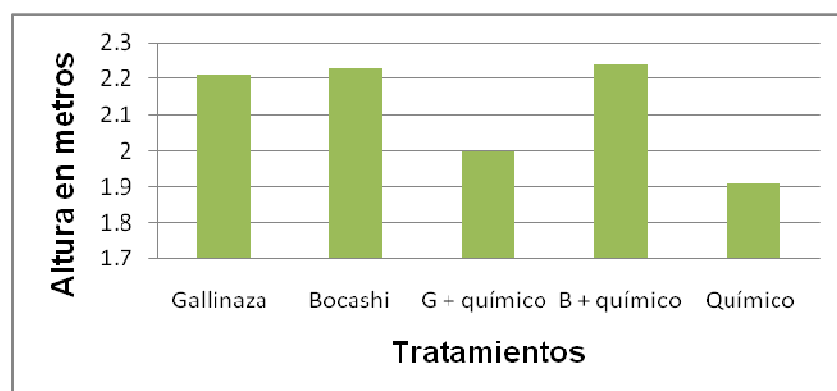


Figura 10. Efecto de los tratamimientos sobre la variable altura (metros) de plantas de maiz.

#### 4.6.1.3. Grosor de la planta

De acuerdo al ANVA, estadísticamente los bloques y los tratamientos en estudio, produjeron igual efecto sobre la variable, grosor de la planta; es decir que el suelo y los diferentes tipos de abonos no afectaron el grosor del cultivo; sin embargo los promedios de la investigación el tratamiento 3 (combinación de gallinaza más químico) y 4 (combinación de bocashi mas químico) obtuvieron un promedio de 1.60 cm, respectivamente y resultando con menor grosor el tratamiento 2 (gallinaza 100%) con un promedio de 1.58 cm cuadro 15 y fig. 11. Según CENTA (2000), el grosor promedio de la variedad H-59 es de 1.60 cm, Castellon (2002) en su investigación reporta un promedio de 1.58 cm en lo cual los resultados del ensayo, se encuentran entre los datos proporcionados por los autores antes mencionados.

Cuadro 15. Grosor de la planta en cm

Tratamiento	Promedios grosor (cm)
T1 Gallinaza	1.65 <sup>ns</sup>
T2 Bocashi	1.58 <sup>ns</sup>
T3 Gallinaza + químico	1.60 <sup>ns</sup>
T4 Bocashi + químico	1.60 <sup>ns</sup>
T5 Químico	1.65 <sup>ns</sup>

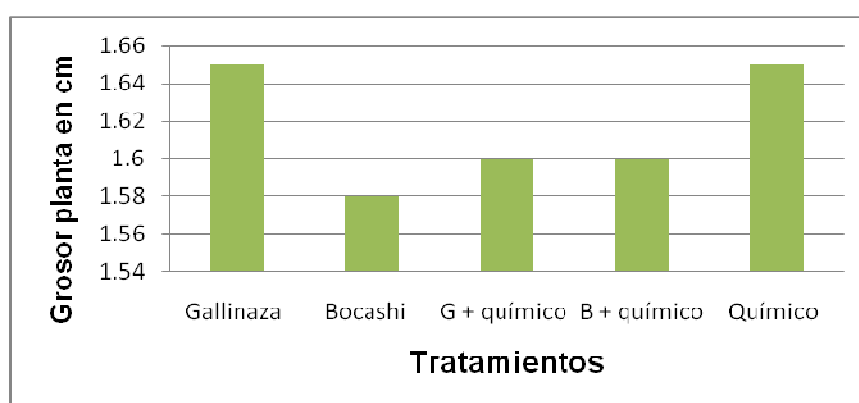


Figura 11. Efecto de los tratamientos sobre la variable grosor (cm) de las plantas de maíz.

#### 4.6.1.4. Largo de la mazorca

Al analizar ANVA, estadísticamente los bloques y los tratamientos en estudio produjeron igual efecto sobre la variable largo de la mazorca; es decir que el suelo y los diferentes tipos de abonos no afectaron el largo. En los promedios de la investigación, el tratamiento 3 (combinación de gallinaza más químico), obtuvo un promedio de 11.16 cm; resultando con menor largo el tratamiento 2 (gallinaza 100%) con un promedio de 10.51 cm. Según CENTA (2000) el largo promedio de la variedad H-59 es de 13 cm; Castellon (2002), reporta un promedio de 12 cm; Gutiérrez (2000), reporta un valor de 13 cm. Los resultados de la investigación, se encuentran por debajo de los datos que han proporcionado los autores antes mencionados; lo cual se atribuye a la explicación climática mencionada en los rendimientos.

Cuadro 16. Promedios de largo de la mazorca en cm.

Tratamiento	Promedios largo (cm)
T1 Gallinaza	10.73 <sup>ns</sup>
T2 Bocashi	10.26 <sup>ns</sup>
T3 Gallinaza + químico	11.16 <sup>ns</sup>
T4 Bocashi + químico	10.04 <sup>ns</sup>
T5 Químico	10.87 <sup>ns</sup>

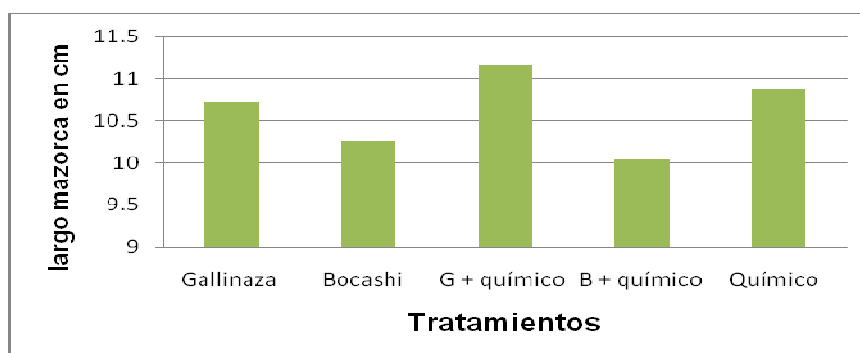


Figura 12. Efecto de los tratamientos sobre la variable largo de la mazorca (cm) de maíz.

#### 4.6.1.5. Grosor de la mazorca

En el cuadro de ANVA, se observa que estadísticamente los bloques y los tratamientos en estudio, produjeron igual efecto sobre la variable grosor; es decir que el suelo y los diferentes tipos de abonos, no afectaron el grosor de la mazorca. El tratamiento 3 (combinación de gallinaza más químico) y 4 (combinación de bocashi mas químico) obtuvo un promedio de 3.50 cm, respectivamente; resultando con menor grosor, el tratamiento 2 (gallinaza 100%) con un promedio de 2.90. Según CENTA (2000) el grosor promedio de la mazorca de la variedad H-59 es de 3.50 cm. Castellon (2002), en su investigación, reporta un promedio de 3.50 cm y los datos de la investigación coinciden con los proporcionados por los autores antes mencionados.

Cuadro 17. Grosor de la mazorca de maíz (cm).

Tratamiento	Promedios grosor (cm)
T1 Gallinaza	2.92 <sup>ns</sup>
T2 Bocashi	2.90 <sup>ns</sup>
T3 Gallinaza + químico	3.51 <sup>ns</sup>
T4 Bocashi + químico	3.50 <sup>ns</sup>
T5 Químico	3.35 <sup>ns</sup>

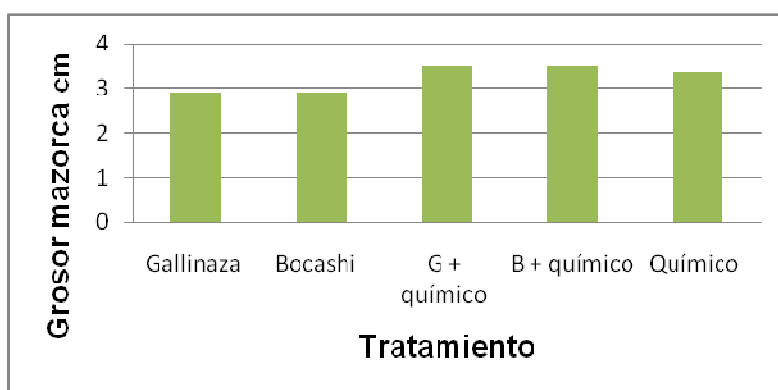


Figura 13. Efecto de los tratamientos sobre la variable grosor de la mazorca (cm) de maíz.

#### **4.6.1.6. Efecto de los tratamientos en las variables evaluadas en el cultivo de maíz**

En el cuadro 18 y fig. 14 se puede observar el efecto que produjeron los abonos y los fertilizantes, en las variables medidas de las plantas de maíz; obsérvese que el comportamiento del cultivo, fue similar en relación a la altura y diámetro de planta y diámetro de mazorca; obteniéndose mayor variación, en el largo de mazorca y en el rendimiento de grano. Estos dos últimos, están en íntima relación a la producción del cultivo, es decir que del tamaño de la mazorca influye en el rendimiento del cultivo.

En relación al efecto de los tratamientos, en las dos últimas variables mencionadas y considerando las características de los abonos; puede decirse, que los abonos orgánicos combinados con fertilizantes, produjeron un mayor efecto en el aspecto productivo. Según Pool (2000), la combinación de fertilizantes químicos, con abonos orgánicos favorece el rendimiento en grano de maíz. También, Guerrero citado por Corrales (2000), expresa que los abonos orgánicos, presentan un alto contenido de sustancias orgánicas, que favorecen el desarrollo de la planta; aspecto que fue corroborado en esta investigación, al hacer el análisis de la gallinaza y el bocashi; que presentaron altos contenidos de nutrientes de manera más completa que los fertilizantes; ya que los abonos proporcionan la mayoría de los nutrientes, mientras que los fertilizantes solo presentan dos o tres elementos. De esta manera lo confirman también, Blessing y Hernández (2009), que en su estudio realizado muestran la diferencia estadística entre los fertilizantes orgánicos y sintéticos desde el punto de vista nutricional, ya que los abonos orgánicos presentan una variedad de elementos minerales que la planta requiere para completar su desarrollo fisiológico.

Además González *et al.* (1996), Afirman que los abonos orgánicos, suministran a las plantas los compuestos asimilables, en forma gradual, a través de una serie de reacciones, donde se degradan las proteínas y carbohidratos complejos; no así los fertilizantes, que son sustancias solubles de fácil disolución que favorece a una rápida asimilación por la planta, pero también a un rápido lavado por las aguas de drenaje o la volatilización. Según Selke citado por Astudillo (2011), señala que, el nitrógeno que contienen los abonos orgánicos en mayor o menor proporción, es una fuente lenta pero continua de materias nutritivas. Aun cuando, las materias nutritivas contenidas en los abonos orgánicos estén disponibles para las plantas solo después de haber sido mineralizadas, siendo observable esta situación para aquellos abonos donde se ha utilizado hojarasca, residuos de cosecha y otros materiales orgánicos sólidos; sin



embargo con algunos estiércoles previamente compostados, como la gallinaza que se utilizó para esta investigación y el bocashi que tiene un proceso acelerado de descomposición producen una mayor disponibilidad de las sustancias nutritivas asimilables para la planta y esto también se debe a la relación C/N de los abonos. De acuerdo a Restrepo (2007), la gallinaza tiene una relación C/N de 11/1, lo cual permite una rápida descomposición a través de un proceso de compostaje. Así mismo Guardado (2012), menciona que el bocashi elaborado a partir de gallinaza pura y de productos de origen agroindustrial como la cachaza y melaza, tiene una relación alta de C/N influenciado por la cachaza (14/1), que junto a la gallinaza, estimulan un proceso rápido de descomposición por el alto contenido de nitrógeno; este proceso es favorecido por la melaza por su poder energético que da lugar a una abundancia de microorganismos que descomponen la mezcla, dando así una alta disponibilidad de nutrientes para ser utilizados por las plantas. No obstante en el análisis de este último producto, el contenido de nitrógeno resulta más bajo que la gallinaza.

En relación a los rendimientos obtenidos, por el efecto de los abonos y fertilizantes utilizados; tal como se describió en la variable rendimiento, la combinación de bocashi más químico, resultó ser mayor con 27.33 qq/ha; aunque según MAG (2012), en relación al promedio nacional es bajo, ya que fue de 62 qq/ha. Sin embargo debe considerarse la situación climática (sequía) que no permitió expresar la mayor eficacia de los abonos y el potencial productivo de la planta, debido a que en la época lluviosa se presentaron valores menores al promedio de precipitación normal. SNET (2012), en la estación meteorológica San Andrés reporta en su estadística promedio mensual 280 mm de lluvia en junio y en esta ocasión presentó un déficit de 42% (120 mm menos que años anteriores). En el mes julio de igual manera presentó una leve disminución de 10% (35 mm); pero la distribución de lluvia no fue favorable para el cultivo, debido a que en el mes de julio se dieron dos periodos de sequía, que fueron del 6 al 18 y del 20 al 30 de julio, coincidiendo con la fechas de primera y segunda aplicación de fertilizantes y abonos, disminuyendo la efectividad de estos.

Cuadro 18. Promedio de las variables medidas en el cultivo de maíz.

Tratamientos	Altura de la planta (m)	Diametro de la planta (cm)	Largo de la mazorca (cm)	Diametro de la mazorca (cm)	Rendimientos qq/ha
T1 Gallinaza	2.21	1.63	10.73	2.92	19.73
T2 Bocashi	2.23	1.58	10.26	2.90	19.50
T3 Gallinaza+químico	2.00	1.60	11.16	3.51	21.50
T4 Bocashi+químico	2.24	1.60	10.04	3.50	27.33
T5 Químico	1.90	1.65	10.87	3.35	10.20

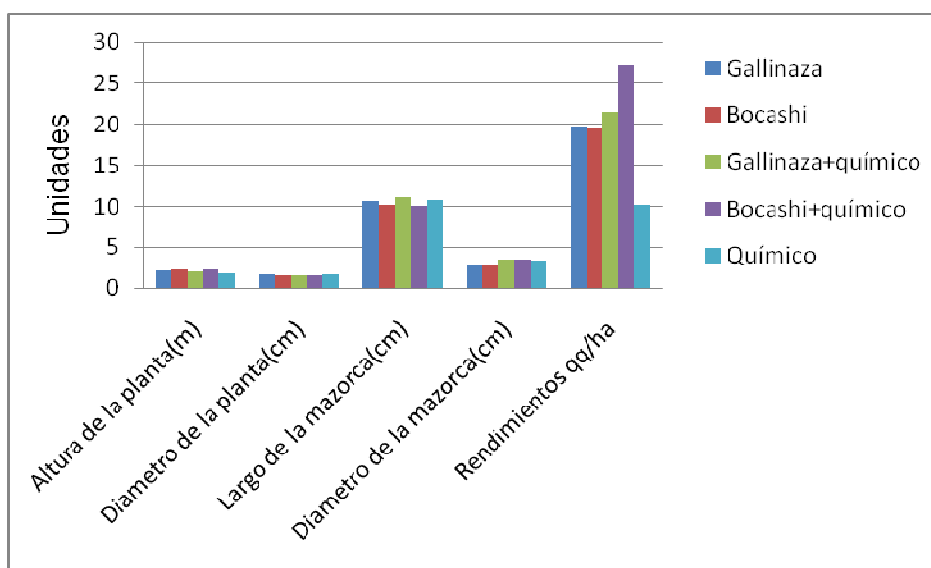


Figura 14. Efecto de los tratamientos sobre las variables en el cultivo de maíz.

#### 4.7. Relación beneficio - costo

En los cuadros 19, 20, 21, 22 y 23 se presentan los costos para cada tratamiento, en los que se observa, que la variación de los costos depende de la cantidad de abono y fertilizante utilizado, ya que los demás rubros son los mismos y la misma cantidad para todos los tratamientos; de tal manera que el de menor costo fue el T1 (\$ 446.00) y el de mayor costo el T4 (\$ 680.00); lo que era de esperar, que los tratamientos con un solo abono o fertilizante mostraron un menor costo comparados con las combinaciones.

Cuadro 19. Costos producción de una hectárea de maíz tratada con gallinaza

Actividad	Material e Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Preparación del terreno	Machete	Unidad	4	5.00	20.00
	Bomba de mochila	Unidad	1	45.00	45.00
	Mano de Obra	Día/hombre	6	5.00	30.00
Siembra	Semilla de maíz	Libra	40	2.25	90.00
	Chuzo	Unidad	4	3.00	12.00
	Mano de Obra	Día/hombre	6	5.00	30.00
Manejo de cultivo	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
	EM-5	Litro	3	3.00	9.00
	Abono	Qq/ha	54	2.00	108.00
	Volaton polvo	5 kg bolsa	1	12.00	12.00
Cosecha	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
<b>Costo Total</b>					<b>\$ 446.00</b>

Cuadro 20. Costos producción de una hectárea de maíz tratada con bocashi.

Actividad	Material e Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Preparación del terreno	Machete	Unidad	4	5.00	20.00
	Bomba de mochila	Unidad	1	45.00	45.00
	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
Siembra	Semilla de maíz	Libra	40	2.25	90.00
	Chuzo	Unidad	4	3.00	12.00
	Mano de Obra	Día/hombre	6	5.00	30.00
Manejo de cultivo	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
	EM-5	Litro	3	3.00	9.00
	Abono	Qq/ha	67	3.00	201.00
	Volaton polvo	5 kg bolsa	1	12.00	12.00
Cosecha	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
<b>Costo Total</b>					<b>\$ 554.00</b>

Cuadro 21. Costo producción de una hectárea de maíz tratada con gallinaza + químico

Actividad	Material e Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Preparación del terreno	Machete	Unidad	4	5.00	20.00
	Bomba de mochila	Unidad	1	45.00	45.00
	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
Siembra	Semilla de maíz	Libra	40	2.25	90.00
	Chuzo	Unidad	4	3.00	12.00
	Mano de Obra	Día/hombre	6	5.00	30.00
Manejo de cultivo	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
	EM-5	Litro	3	3.00	9.00
	Abono	Qq/ha	54	2.00	108.00
	Fertilizante	Qq/ha	3	42	126.00
	Volaton polvo	5 kg bolsa	1	12.00	12.00
Cosecha	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
<b>Costo Total</b>					<b>\$ 587.00</b>

Cuadro 22. Costos de producción de una hectárea de maíz tratada con bocashi + químico.

Actividad	Material e Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Preparación del terreno	Machete	Unidad	4	5.00	20.00
	Bomba de mochila	Unidad	1	45.00	45.00
	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
Siembra	Semilla de maíz	Libra	40	2.25	90.00
	Chuzo	Unidad	4	3.00	12.00
	Mano de Obra	Día/hombre	6	5.00	30.00
Manejo de cultivo	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
	EM-5	Litro	3	3.00	9.00
	Abono	Qq/ha	67	3.00	201.00
	Fertilizante	Qq/ha	3	42.00	126.00
	Volaton polvo	5 kg bolsa	1	12.00	12.00
Cosecha	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
<b>Costo Total</b>					<b>\$ 680.00</b>

Cuadro 23. Costos producción de una hectárea de maíz tratada químico.

Actividad	Material e Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Preparación del terreno	Machete	Unidad	4	5.00	20.00
	Bomba de mochila	Unidad	1	45.00	45.00
	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
Siembra	Semilla de maíz	Libra	40	2.25	90.00
	Chuzo	Unidad	4	3.00	12.00
	Mano de Obra	Día/hombre	6	5.00	30.00
Manejo de cultivo	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
	EM-5	Litro	3	3.00	9.00
	Fertilizante	Qq/ha	6	42.00	252.00
	Volaton polvo	5 kg bolsa	1	12.00	12.00
Cosecha	Mano de Obra	Día/hombre	9	5.00	45.00
<b>Costo Total</b>					<b>\$ 605.00</b>

En los cuadros 24, 25, 26, 27 y 28 se presentan los ingresos, de acuerdo al precio de venta del maíz en el momento de cosecha (\$ 20.00/ qq), dentro de los cuales, los tratamientos T1 y T2 con un rendimiento de 20 qq cada uno, se obtuvo un ingreso igual de \$ 400 respectivamente, siendo menores en relación a los tratamientos T3, T4 y T5, de los cuales T4 mostró un mayor ingreso por venta (\$ 560.00).

Cuadro 24. Ingresos de la venta de maíz aplicando gallinaza.

Cultivo	Producción qq	Unidad de venta	Precio unitario	Precio de Cosecha
Maíz	20	Libra	\$ 0.20	\$ 400.00
<b>Ingresos Totales</b>				<b>\$ 400.00</b>

Cuadro 25. Ingresos de la venta de una hectárea de maíz y tratada con bocashi.

Cultivo	Producción qq	Unidad de venta	Precio unitario	Precio de Cosecha
Maíz	20	Lb	\$ 0.20	\$ 400.00
<b>Ingresos Totales</b>				<b>\$ 400.00</b>

Cuadro 26. Ingresos de la venta de una hectárea de maíz tratada con gallinaza + químico.

Cultivo	Producción qq	Unidad de venta	Precio unitario	Precio de Cosecha
Maíz	23	Libra	\$ 0.20	\$ 460.00
<b>Ingresos totales</b>				<b>\$ 460.00</b>

Cuadro 27. Ingresos de la venta de una hectárea de maíz tratada con bocashi + químico.

Cultivo	Producción qq	Unidad de venta	Precio unitario	Precio de Cosecha
Maíz	28	Libra	\$ 0.20	\$ 560.00
<b>Ingresos totales</b>				<b>\$ 560.00</b>

Cuadro 28. Ingresos de la venta de una hectárea de maíz tratada con químico.

Cultivo	Producción qq	Unidad de venta	Precio unitario	Precio de Cosecha
Maíz	21	Libra	\$ 0.20	\$ 420.00
<b>Ingresos totales</b>				<b>\$ 420.00</b>

La relación beneficio- costo, se calculó a partir de los ingresos totales dividido entre los costos totales, para cada uno de los tratamientos, para una hectárea cultivada de maíz. El



resultado de la relación beneficio-costo indica que los tratamientos no produjeron los rendimientos necesarios para generar ganancias, bajo las condiciones imperantes de clima durante el desarrollo de la investigación. Sin embargo a pesar de los resultados, el tratamiento que menor pérdida generó fue la gallinaza con \$ 0.10, con relación al dólar invertido, seguido del tratamiento con bocashi más químico. (Cuadro 29). Sin embargo, García *et al.* (s.f.), menciona que la combinación de fertilizantes químicos con los abonos orgánicos tiene un efecto significativo sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos, aspecto que se verifica con los resultados obtenidos en esta investigación, aunque en el aspecto económico no se alcanzaron los resultados esperados.

Cuadro 15. Relación Beneficio-Costo de los tratamientos de abonos orgánicos y fertilizantes.

<b>tratamiento</b>	<b>Costos Totales</b>	<b>Ingresos Totales</b>	<b>Relación beneficio -costo</b>
T1 (gallinaza)	\$446.00	\$400.00	(-) \$0.90
T2 (bocashi)	\$554.00	\$ 400.00	(-) \$0.72
T3 (gallinaza más químico)	\$587.00	\$460.00	(-) \$0.78
T4 (bocashi más químico)	\$ 680.00	\$560.00	(-) \$0.82
T5 (químico)	\$605.00	\$420.00	(-) \$ 0.69

## V. CONCLUSIONES

1. La aplicación de abonos orgánicos disminuye la densidad aparente y aumenta la porosidad del suelo.
2. Con la aplicación de los abonos orgánicos se incrementa la disponibilidad de nutrientes en el suelo, de manera más completa que con los fertilizantes químicos, debido a que los abonos contienen los nutrientes asimilables por la planta.
3. Con el uso de gallinaza y bocashi se incrementa la variabilidad de microorganismos, reflejándose en el aumento de la actividad biológica expresada en el número de grupos encontrados después del ensayo y con los cromatogramas con nitrato de plata, que mostraron la presencia de alto contenido de nitrógeno, nutrientes minerales, proteínas y enzimas y en los resultados de análisis químicos.
4. El cultivo de maíz H-59 responde a la aplicación combinada de abono fermentado tipo bocashi con fertilizante químico, influyendo en el desarrollo fisiológico en altura y rendimiento del cultivo.
5. El tratamiento de bocashi con 3,128 kg/ha más fertilizante químico (N, P, K) con 228.89 kg/ha produjo los mejores rendimientos en grano seco de maíz H-59.
6. El tratamiento de gallinaza con 2,503 Kg/ha produjo mayor utilidad económica por hectárea de maíz H-59.
7. El fenómeno de la sequía prolongada (30 días, junio-julio) en el período del desarrollo del cultivo de maíz, afectó sus rendimientos, causando una disminución en la efectividad de los abonos orgánicos y los fertilizantes en la liberación de los nutrientes.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar con la evaluación de abono tipo bocashi en relación a la dosis de 3,128 kg/ha más químico en dosis de 228.89 kg/ha, incorporado al suelo, en diferentes condiciones agroecológicas.
2. Hacer comparaciones de diferentes fórmulas de bocashi, ya que la utilizada en la investigación fue a base de melaza, cachaza y gallinaza pura, considerando que en El Salvador se utilizan diversos ingredientes y cantidades para su fabricación, tales como: gallinaza de piso, estiércol de ganado vacuno, ceniza o cal agrícola, pulimento de arroz, melaza, levaduras, carbón molido y suelo.
3. Evaluar la aceptabilidad del cultivo manejado con abonos orgánicos combinados con fertilizantes químicos a nivel de productores, comunidades y familias rurales con terreno de ladera.
4. Se recomienda la aplicación de gallinaza pura, ya que al ser utilizada en dosis de 2,503 Kg/ha resulta económicamente rentable.

## VII. BIBLIOGRAFÍAS

Agrios, GN. 1998. Fitopatología. Trad. M. Guzmán. 2ed. Chanpingo, MX. Limusa. Biblioteca. UES. P 195-205.

Ángel, A. 2008. Análisis de mercado de granos básicos en Centroamérica: enfoque en El Salvador. (en línea). SV. Consultado 3 mar. 2012. Disponible en [www.amyangel.webs.com/ESfinal.pdf](http://www.amyangel.webs.com/ESfinal.pdf).

Astudillo Cornejo, RD. 2011. Efectos de la incorporación de materia orgánica al suelo, sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (*Zea mays L.*), en la zona de Babahoyo". Tesis. Ing. Agr. (en línea). Universidad de Ecuador. 62 p. Consultado 21 set. 2012. Disponible en <http://www.repositorio.utb.edu.ec:8080/bitstream/123456789/113/2/TESIS.docx>

Blessing Ruiz, DM; Hernández Morrison, GT. 2009. Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en maíz (*Zea mays L.*) var. nb-6 bajo prácticas de fertilización, orgánica y convencional en la finca el plantel. 2007-2008. (en línea). Tesis. Ing. Agr. Managua, NI. Universidad Nacional Agraria. 29p. consultado 20 ene. 2012. Disponible en <http://www.cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01b647.pdf>

Cantarero Herrera, RJ; Martínez Torres, OA. 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno, y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*). Variedad NB-6. tesis. Ing. Agr. (en línea). Managua, NI. Universidad Nacional Agraria. 62p. consultado 20 ene. 2012 Disponible en <http://www.una.edu.ni/Tesis/tnf04c229.pdf>

CASAFE (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, AR). 2012. Fertilizantes. (en línea). Buenos Aires. Croplife. 10p. consultado 15 abr. 2012 Disponible en <http://www.casafe.org.or/pdf/fertilizantes.pdf>

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV). 2000. Guía técnica de maíz. (en línea). Consultado 3 mar. 2012. Disponible en [www.mag.gob.sv/](http://www.mag.gob.sv/).

\_\_\_\_\_ 2006. Guía técnica de maíz. (en línea). SV. Consultado 3 mar. 2012. Disponible en [www.mag.gob.sv/](http://www.mag.gob.sv/).

Corrales Garriga, I. 2000. Tecnología para la Fertilización con gallinaza y fertilizante mineral en Guayabo (*Psidium guajaba* L.). (en línea). Tesis. MSc. Cuba. Universidad de Camaguey. 50p. Consultado 21 ene.2012. Disponible en <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/tesis/index/assoc/HASH2143.../doc.pdf>

Defensoría del consumidor. 2012. Precios de maíz y fertilizantes en los últimos seis meses. (en línea). SV. Consultado 20 Oct. 2012. Disponible en <http://www.defensoria.gob.sv>.

Estrada Pareja; M. 2011. Gestión de la gallinaza. (en línea). Colombia. Universidad de Antioquia. Consultado 22 may. 2012. Disponible en <http://www.albeitar.portalveterinaria.com/noticia/10313/.../gestión-gallinaza.htm>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). s.f. La salud del suelo. (en línea). Consultado 22 may. 2012. Disponible en <http://www.fao.org/ag/save-and-grow/es/3/index.html>

\_\_\_\_\_2006a. Estado de la Seguridad alimentaria y nutricional en El Salvador. (en línea). IT. Consultado 22 may. 2012. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/iniciativa/pdf/sanes.pdf>.

\_\_\_\_\_2006b. Seguridad alimentaria. (en línea). IT. Consultado 22 may. 2012. Disponible en [http://ftp://ftp.fao.org/es/esa/policybriefs/pb\\_02\\_es.pdf](http://ftp://ftp.fao.org/es/esa/policybriefs/pb_02_es.pdf)

\_\_\_\_\_2012. Los fertilizantes y su uso. (en línea). IT. Consultado 22 may. 2012. Disponible en <http://www.ftp.fao.org/agll/docd/fertuso.pdf>

Fortis Hernández, M; Leos Rodríguez, JA; Preciado Rangel, P; Orona Castillo García, aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. Chapingo, MX. (en línea). Terra Latinoamericana. v. 27, 9 p. Consultado 21 set. 2012. Disponible en <http://www.chapingo.mx/terra/download.php?file=completo&id>.

FUNDE (Fundación Nacional para el Desarrollo, SV).2006. El Salvador: perspectiva de los granos básicos en el tratado de libre comercio entre Centro América y Estados Unidos. (en línea). San Salvador. Consultado 2 mar. 2012. Disponible en [www.funde.org/](http://www.funde.org/).

FUNSALPRODESE (fundación Salvadoreña para la promoción social y el desarrollo económico, SV). 2000. Establecimiento, manejo y aplicación de abono orgánico. (en

línea). San Salvador. Consultado 4 jun. 2012. Disponible en [www.funsalprodese.org.sv/pdf/.../Abonos%20orgánicos.pdf](http://www.funsalprodese.org.sv/pdf/.../Abonos%20orgánicos.pdf)

García, R; Guijarro, R; Milián, R. s.f. Empleo de fuentes alternativas de fertilizantes para la producción de banano y plátano en Cuba. (en línea). Consultado 20 set. 2012. Disponible en [http://www.econegociosagricolas.com/.../Empleo\\_de\\_Fuentes\\_Alternativas](http://www.econegociosagricolas.com/.../Empleo_de_Fuentes_Alternativas).

Gonzales Paniagua, V A; Gonzales Peña, J F; Montoya Sánchez, J A. 1996. Efecto de la aplicación de compost y sistemas de labranza sobre el suelo y en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L) San Luis Talpa La Paz. Tesis Ing. Agr. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. p 5,88.

Guardado López, E. 2012. Gallinaza y bocashi: ventajas de su aplicación. San Salvador, SV. AVES. 2p

Gutiérrez Barillas, HL. 2000. Evaluación del efecto de niveles de nitrógeno y gallinaza sobre el rendimiento de grano en dos cultivares de maíz. Tesis Lic. Ing. Agr. (en línea). Guatemala, USAC. 83 p. Consultado 20 set. 2012. Disponible en [http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10\\_1079.pdf](http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10_1079.pdf)

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, SV). 2012. Cultivo de maíz. (en línea). San Salvador. 42p. Consultado 15 abr. 2012. Disponible en [http://www.IICA.int/esp/regiones/central/.../guia\\_técnica\\_el\\_maiz.pdf](http://www.IICA.int/esp/regiones/central/.../guia_técnica_el_maiz.pdf)

Levantamiento de suelo.1964. Mapa pedológico de el Salvador. San Salvador, SV. UES. Escala 1:300,000. Color.

López, JD; Díaz Estrada, A; Martínez Rubin, E; Valdez Cepeda, RD. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz (en línea).Chapingo, MX. TERRA. Consultado 25 ene. 2012. Disponible en [www.redalyc.uaemex.mx/pdf/573/57319401.pdf](http://www.redalyc.uaemex.mx/pdf/573/57319401.pdf)

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). 2007. IV censo agropecuario. (en línea). San Salvador. Consultado 15 abr. 2012. Disponible en [www.mag.gob.sv](http://www.mag.gob.sv)

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). 2012. Anuario de estadísticas Agropecuario 2011-2012. (en línea). San Salvador. Consultado 22 set. 2012. Disponible en: [www.mag.gob.sv](http://www.mag.gob.sv)

MAOES (Movimiento de Agricultura Orgánica de El Salvador, SV). 2008. Producción de maíz a base de bocashi. (en línea). San Salvador. Consultado 15 abr. 2012. Disponible en [www.maoes.net](http://www.maoes.net)

Marco Vásquez, DG. 2011. Abonos orgánicos. (en línea). Honduras. Consultado 15 de may. 2012. Disponible en [www.pymerural.org/abonos/](http://www.pymerural.org/abonos/)

Meléndez, G. 2003. Taller de abonos orgánicos. (en línea). Costa Rica. Consultado 25 feb. 2012. Disponible en: [gmelende@cariari.ucr.ac.cr](mailto:gmelende@cariari.ucr.ac.cr).

Molina Ceballos, JA. s.f. La materia orgánica del suelo. (en línea). SV. Consultado 4 jun. 2012. Disponible en [www.monografias.com](http://www.monografias.com) › [Agricultura y Ganadería](#)

Murillo, T. 1999. Alternativas de uso para la gallinaza. Costa Rica. Consultado 25 may. 2012. Disponible en [www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_427.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_427.pdf)

Mosquera, B. 2010. Abonos orgánicos: Protegen el suelo y garantizan alimentación sana. (en línea). US. USAID. 25p. Consultado 21 set. 2012. Disponible en [http://www.fonag.org.ec/doc\\_pdf/anonos\\_ogonicos](http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/anonos_ogonicos)

PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas en América Central, SV). 2005. (en línea). Consultado 25 may. 2012. Disponible en <http://www.pasolac.org.ni/>

Pool Novelo, L. 2000. Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de Chiapas, México. (en línea). Consultado 21 set. 2012. Disponible en <http://www.redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=30234301>

Producción de abonos orgánicos. S.f. (en línea). Siguatepeque, Honduras. Consultado 25 may. 2012. Disponible en [www.bio-nica.info/.../AnonimoProduccionAbonosOrganicos.pdf](http://www.bio-nica.info/.../AnonimoProduccionAbonosOrganicos.pdf)

Restrepo Rivera, J. 1998. Manual práctico el A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. (en línea). Managua NI. SIMAS. 262 p. consultado 26 ene. 2012. Disponible en <http://www.buenastareas.com/materias/abc-de-la...jairo-restrepo/40>

\_\_\_\_\_ 2007. Manual práctico el A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. (en línea). Managua NI. SIMAS. 262 p. consultado 26 ene. 2012. Disponible en <http://WWW.bocashi.wordpress.com/.../el-a-b-c-de-la-agricultura-organica-y-ha...>

\_\_\_\_\_ 2011. Cromatografía: imágenes de vida y destrucción del suelo. Cali, Colombia. Fativa. Aguirre. UES. 249 p

Ramírez Pisco, R. s.f. evaluación de la aplicación del abono tipo bocashi en las propiedades físicas de un suelo degradado del municipio de Marinilla, Antioquia. (en línea). Consultado 21 set. 2012. Disponible en [http://www.unalmed.edu.co/.../evaluacion\\_de\\_la\\_aplicacion\\_del\\_abono\\_t](http://www.unalmed.edu.co/.../evaluacion_de_la_aplicacion_del_abono_t)

Rico Navas, MA. 1974. Las Nuevas Clasificaciones y los Suelos de El Salvador. (en línea). San Salvador. UES. Consultado 20 ene 2012. Disponible en [www.library.wur.nl/WebQuery/isric/2835](http://www.library.wur.nl/WebQuery/isric/2835)

Rodríguez Amézquita, JE; Velandia Monsalve, J; Viteri Rosero, SE. 2010. Evaluación de Microorganismos Aislados de Gallinaza por su Potencial para el Biocontrol de Fusarium (F. oxysporum) en Plántulas de Uchuva (Physalis peruviana). (En línea). Consultado 20 set. 2012. Disponible en <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/.../37024>

Rodríguez, J; Vega Ronquillo, R; Serrano González, N. 2009. Sustratos orgánicos usados para la producción de ají chay (*Capsicum annum*L.) en un huerto orgánico intensivo del trópico. Universidad de CUBA. (en línea). Consultado 21 set. 2012. Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?cg09066>

Ruales Piñeres, L.1997. Importancia del maíz en la alimentación humana, animal y la industria. (En línea). Novartisseed. Consultado 2 mar. 2012. Disponible en: [www.tierrademaiz.com/.../368--importancia-del-maiz-en-la-alimentación](http://www.tierrademaiz.com/.../368--importancia-del-maiz-en-la-alimentación)

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, MX).s.f. abonos orgánicos. (en línea). México. Consultado 25 ene. 2012. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/.../Abonos%20organicos.pdf>

Shintani, M; Leblanc, H; Tabora, P. 2000, Bokashi: abono orgánico fermentado. (en línea) Guácimo, Limón, CR. EARTH. 25p. consultado 25 ene. 2011. Disponible en [www.reboreda.es/Documentos/el%20libro%20del%20bokashi.pdf](http://www.reboreda.es/Documentos/el%20libro%20del%20bokashi.pdf)

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV). 2012. Datos climáticos de San Juan Opico. (en línea). San Salvador. Consultado 4 mar. 2012. Disponible en [www.snet.gob.sv/](http://www.snet.gob.sv/)



\_\_\_\_\_.Boletín especial: comportamiento climático durante la influencia de la canícula del mes de junio y julio 2012. (en línea). SV. Consultado 22 set. 2012. Disponible en [www.snet.gob.sv/](http://www.snet.gob.sv/)

\_\_\_\_\_.Sequía meteorológica se amplía. (en línea). SV. Consultado 22 set. 2012. Disponible en [www.snet.gob.sv/](http://www.snet.gob.sv/)

Torres Dugan, M. 2008. Fertilidad física, química y biológica. (en línea). España. Consultado 15 may. 2012. Disponible en [www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/29/83481](http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/29/83481)

## VIII. ANEXOS

### **Anexo 1. Guía de campo para la caracterización de suelos.**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

ASIGNATURA: EDAFOLOGÍA

Investigación de suelos

Guía de Campo para la Caracterización de Suelos



#### **Propósito**

Caracterizar los suelos en sitios seleccionados

Obtener mayor información del sitio

Colectar muestras de cada horizonte a fin de desarrollar posteriormente pruebas de suelos en el aula.

Visión General

Este protocolo se divide en cinco tareas. En la primera, los estudiantes pondrán al descubierto un perfil de suelo de 1 metro de profundidad e identificarán sus horizontes. Cuando esto no sea posible, se deberá obtener una muestra de 10cm de profundidad para intentar hacer una caracterización. En la segunda tarea, los estudiantes caracterizan los horizontes observando siete propiedades de las capas o estratos de suelos. Los estudiantes obtienen información adicional sobre el sitio y toman las muestras de suelos para determinar la densidad de masa, distribución de partículas de suelo según el tamaño, pH del suelo. En la tarea final, las muestras de suelos se llevarán a laboratorio y se iniciará el secado de las mismas.

Destrezas

*Descripción de un paisaje*

*Identificación de rocas*

*Descripción de características de los suelos*

*Utilización de un clinómetro*

*Recolección de muestras*

Conceptos Claves

Horizonte de suelos

Perfil de suelos

Color

Textura

Estructura

Poros del suelo

Consistencia

Carbonatos liberados

Densidad de masa

Distribución de raíces

Determinaciones de suelos que pudieran estar influenciados por factores externos, tales como utilización de las tierras, tipo de vegetación, clima, material matriz y topografía

Procedimientos de muestreo

Materiales y Herramientas

Pala de jardín

Palas

Barreno

Botella de agua con tapa rociadora o atomizador para humedecer la tierra.

Carpeta de plástico, en la cual se pueda ordenar un perfil del suelo removido con el barreno

Libro de colores de los suelos

Recipientes para las muestras de densidad de masa (u otros recipientes de muestra para densidad de masa)

Martillo

Cinta métrica

Estaquitas para marcar los límites inferiores y superiores de los horizontes

Hoja de Trabajo de Datos de Caracterización de Suelos

Lápices

Pequeña toalla para secarse las manos

Bolsas plásticas o recipientes sellables de más o menos un litro para transportar muestras de suelos

Un rollo de cinta adhesiva para sellar las bolsas de muestras, latas u otros recipientes

Una caja, un saco o un balde para transportar las muestras de tierra hacia el laboratorio

Clinómetro para medir laderas

Una cámara digital para fotografiar el perfil de los suelos y paisaje

GPS, si se dispone de él.

Mapa de referencia

Preparación

Elija el sitio, obtenga permiso para hacer una excavación, prepare los recipientes para tomar las muestras de densidad de masa, recoja las herramientas y materiales, haga que se excave la fosa

Cómo Exponer e Identificar Horizontes de Suelos

## La Técnica de la Fosa del Suelo

Con esta técnica, los estudiantes (y demás) dejan al descubierto el perfil del suelo excavando una fosa en la tierra.

Cabe una fosa de un metro de hondo tan grande y ancho como sea necesario, para observar fácilmente todos los horizontes de tierra desde la parte inferior hasta el tope de la fosa.

Observar la pared lateral de la fosa sobre la cual el sol golpea directamente, de manera que las propiedades de los suelos sean claramente visibles.

Comenzado desde arriba del perfil y yendo hacia el fondo, observe el perfil cuidadosamente para identificar dónde hay cambios en la apariencia de la cara de la tierra.

Fíjese cuidadosamente para distinguir características, tales como, colores, raíces, el tamaño y cantidad de piedras, pequeños nódulos oscuros o claros (denominados *cálculos*), lombrices u otros animales e insectos pequeños y túneles de lombrices. Si es que la tierra está muy seca humedézcala con su botella rociadora para distinguir mejor la diferencia de colores de los horizontes.

Marque la ubicación de cada uno de estos cambios o linderos colocando una estaquita o marcador. A veces resulta difícil identificar las diferencias entre horizontes debido a que las propiedades de todo el perfil de suelos es muy parecida. En este caso, deben haber solo unos pocos horizontes gruesos.

Mida los espesores superiores e inferiores de cada horizonte hasta el centímetro más cercano y regístrelo en la Hoja de Trabajo de Datos de Caracterización de Suelos.

Si los horizontes son muy delgados (<3 cm desde el tope al fondo) no los describa como horizontes separados, combínelos con el horizonte anterior o posterior y luego del nombre mediante la letra correspondiente al horizonte (A, B, C, R).

Proceda a caracterizar las propiedades de cada uno de los horizontes de suelos identificados.

Terminada la actividad tapar la fosa o el hoyo hecho con barreno para asegurarse de que la fosa no ofrezca peligro, limpie la cuneta si es corte de camino.

Perfiles de Suelo ya Expuestos (corte de carretera, excavación, etc.)

Obtenga permiso para tomar muestras de un corte de carretera, una excavación u otro perfil de suelo que ya ha sido excavado por otros. Obedezca cualquier medida de seguridad que exista.

Obtenga una cara fresca del suelo retirando la capa vieja del perfil con un palín de jardín u otra herramienta.

Lleve a cabo los Pasos 3-9 según consta en la Técnica para Fosa de Suelos.

Técnica del Barreno

Con esta técnica, los estudiantes exhiben el perfil vertical sobre una superficie horizontal (el piso). Asegúrese de usar el barreno correcto para su sitio, según sea los tipos de suelo: rocosos, arcillosos o arenosos.

Identifique un área en la que pueda cavar cuatro huecos con barreno, donde los perfiles del suelo deberían ser similares.

Extienda una carpeta de plástico, tabla u otra superficie sobre el piso junto al lugar donde se cavará el primer hueco.

Organice un perfil del un metro superior del suelo, retirando las muestras sucesivas de la tierra con el barreno y disponiéndolas de extremo a extremo de la siguiente manera: Mida la profundidad del hoyo.

Comenzado desde arriba del perfil y yendo hacia el fondo, observe el perfil del suelo cuidadosamente para identificar donde hay cambios en la apariencia de la tierra.

Fíjese cuidadosamente para detectar alguna característica que la distingan, tales como colores diferentes, raíces, el tamaño y cantidad de piedras, pequeños nódulos oscuros o claros (denominados *cálculos*), lombrices y demás animales e insectos, túneles de lombrices y cualquier cosa que esté a la vista.

La medición de los espesores de cada horizonte se realiza en la medida que se observan los cambios en las muestras extraídas con el barreno.

Proceda a caracterizar las propiedades de cada uno de los horizontes de suelos identificados. Haga esta caracterización tan pronto como sea posible luego de que se haya barrenado el hoyo.

Luego de que hayan cumplido con estas tareas, y en medida de lo posible, los estudiantes deberán volver a llenar el hoyo con el suelo original.

#### Cómo Observar y Registrar las Propiedades del Suelo

Por cada horizonte identificado, las características que se describen más abajo deben observarse, registrarse en las Hojas de Trabajo de Datos de Caracterización de los Suelos

**Nota:** Las características del suelo deberán observarse en el siguiente orden:

##### 1. Estructura de Suelos

Ponga en sus manos una muestra del suelo no alterado (bien sea de la fosa o de la pala o de la barrena). Fíjese cuidadosamente en el suelo que tiene en su mano y examine su estructura. La estructura del suelo es la forma que toma el suelo en base a sus propiedades físicas y químicas. Cada unidad individual de estructura natural del suelo se denomina un *terrón*. Las posibilidades de estructuras de suelos son: granular, grumosa, laminada, columnar o prismática, las cuales constan en la Figuras SU-P-1 a 5.

Figura SU-P-1: Estructura Aterronada (gruesa)

Figura SU-P-2: Estructura Columnar

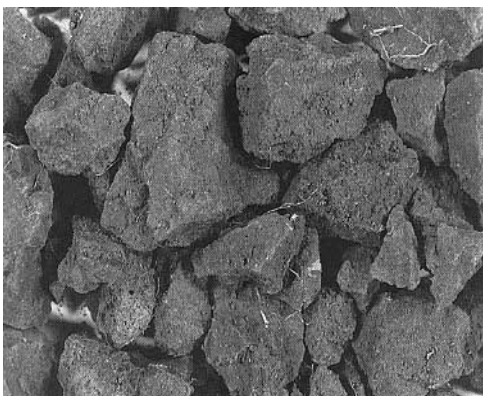


Figura SU-P-3: Estructura Granular

Figura SU-P-4: Estructura Laminada

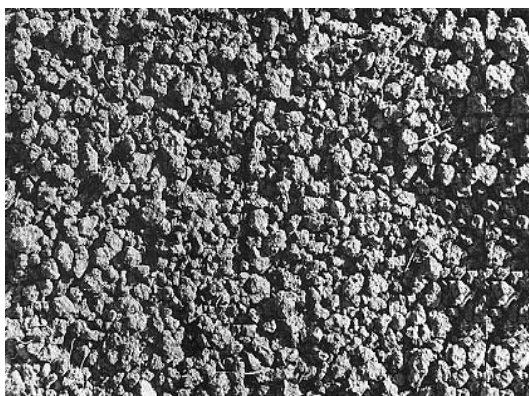


Figura SU-P-5: Estructura Prismática



A veces el suelo puede carecer de estructura, lo que significa que dentro de un horizonte, los grumos de suelo no tienen una forma específica. En ese caso, la estructura del suelo puede definirse como suelto o compacto. El suelo suelto es similar a la arena en la playa o en el patio de juegos, donde las partículas independientes de arena no se adhieren entre sí. Compacto es cuando el suelo se junta en grandes masas que no se desagregan en ningún patrón definido.

Estas condiciones se encuentran más a menudo en los horizontes C, donde la materia matriz está menos alterada. Como el material matriz todavía no se ha visto sometido a la intemperie, usualmente no ha desarrollado ninguna estructura.

## 2. Color del Suelo

Tome un terrón o grumo del horizonte y anote en la hoja de datos si está húmedo, seco o mojado. Si es que está seco, humidézcalo ligeramente con agua de su botella. Rómpalo y ponga el cuadro de colores junto a él. Busque el color de este cuadro que calza con el color de la parte interna del terrón o grumo. Párese con el sol por sobre su hombro de manera que la luz del sol ilumine el cuadro de color y la muestra que está examinando. Registre en la hoja de datos el código respectivo (letra y número) del color que consta en el cuadro y que más se aproxima al color de la tierra.

## 3. Consistencia del Suelo



Tome un terrón o grumo del horizonte de suelo. Registre en la hoja de datos si es que el terrón o grumo está húmedo, mojado o seco. Si la tierra está muy seca, humedezca la cara del perfil empleando una botella de agua con rociador y luego extraiga un terrón o grumo para determinar cuál es su consistencia. Tomándolo entre el pulgar y el índice, apriételo suavemente hasta que se deshace o rompe. Registre en la hoja de datos una de las siguientes categorías pertinentes a la consistencia de los grumos de tierra:

**Suelta:** Tiene dificultad en recolectar un grumo individual y la estructura se deshace antes de que pueda manipularla.

**Frágil:** El terrón o grumo se rompe con una pequeñísima presión.

**Firme:** Los grumos se rompen cuando usted aplica presión y le deja una marca en los dedos antes de romperse.

**Extremadamente Dura:** El grumo no puede romperse entre los dedos (necesita un martillo!).

#### 4. Textura de los Suelos

La textura de un suelo se refiere a la cantidad de arena, limo y arcilla de una muestra de suelo y la composición de las mismas determinan la manera como se siente la tierra cuando se la frota entre los dedos. La textura difiere según la cantidad de arena, limo y arcilla que contenga la muestra.

4.1. En el trabajo de campo la textura se determina humedeciendo un terrón del suelo y amasándolo entre los dedos hasta que forma una bola blanda. Luego se comprime entre el pulgar y el índice, resbalando el primero sobre el segundo. La sensación que se experimenta

**Suelta:** Tiene dificultad en recolectar un grumo individual y la estructura se deshace antes de que pueda manipularla.

**Frágil:** El terrón o grumo se rompe con una pequeñísima presión.

**Firme:** Los grumos se rompen cuando usted aplica presión y le deja una marca en los dedos antes de romperse.

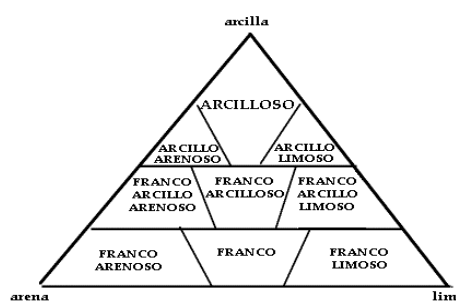
**Extremadamente Dura:** El grumo no puede romperse entre los dedos (necesita un martillo!).

4.1. En el trabajo de campo la textura se determina humedeciendo un terrón del suelo y amasándolo entre los dedos hasta que forma una bola blanda. Luego se comprime entre el pulgar y el índice, resbalando el primero sobre el segundo. La sensación que se experimenta permite diferenciar las texturas, las cuales reciben el nombre, según lo determina el triángulo textural desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos:

Figura SU-P-6: Triángulo de Textura 1



Figura SU-P-7: Triángulo de Textura 2



4.2. Si el suelo se siente extremadamente pegajoso (se pega a las manos y es difícil de manipular), se endurece y precisa de mucha presión entre pulgar e índice para formar una cinta, posiblemente esté compuesto mayormente de partículas de arcilla. Clasifíquelo como arcilla, según consta en el Triángulo de Textura 1.

4.3. Si el suelo se siente ligeramente pegajoso y es un tanto más suave de exprimir, posiblemente tiene menos partículas de arcilla. Clasifíquelo como franco arcilloso.

4.4. Si se siente el suelo suave, uniforme y fácil de exprimir, y cuando más ligeramente pegajoso, clasifíquelo como franco.

Una vez que el suelo haya sido clasificado como arcilla, franco arcilloso o franco, refine la clasificación determinando las cantidades relativas de arena y limo.

4.5 Si el suelo se siente muy suave, sin la aspereza de la arena, añada la palabra "limo" o "limoso" a su clasificación, tales como "arcilla limosa" o "franco limoso", como se muestra en el Triángulo de Textura 2. Esto significa que su muestra de suelo tiene más partículas de limo que de arena.

4.6 Si el suelo se siente áspero, añada el término "arenoso" a su clasificación original del suelo (del Triángulo de Textura 1), tal como "arcilla arenosa", según consta en el Triángulo de Textura 2. Esto significa que la muestra tiene más partículas de arena que de limo.

4.7 Si el suelo se siente ni muy áspero ni muy suave, inclusive si siente algo de arena en su muestra, mantenga sin cambiar su clasificación original. Esto significa que su muestra tiene aproximadamente la misma cantidad de partículas de arena que de limo y en el caso de la arcilla, podría tener mucho menos de cualquiera de las dos.

Nota: Cuando sienta la textura del suelo, trate de añadir la misma cantidad de agua a cada muestra de manera que pueda comparar más exactamente la textura de una y otra. La textura del suelo también se puede sentir diferente dependiendo de cuán mojada o seca esté. La cantidad de materia orgánica que tenga también la puede hacer sentir diferente. Por lo general, mientras más oscuro es el color del suelo, más materia orgánica porta.

4.8 Registre en la hoja de trabajo el nombre de la textura del suelo sobre el cual los estudiantes se han puesto de acuerdo. Además, anote si es que la muestra estaba seca, mojada o húmeda al momento de ser examinada y si contenía mucha materia orgánica (por ejemplo si estaba en la superficie y tenía un color muy oscuro).

#### 5. Presencia de Raíces

Observe y registre si hay ninguna, pocas o muchas raíces en el horizonte y haga una medición.

#### 6. Presencia de Rocas

Observe y registre si hay ninguna, pocas o muchas rocas en el horizonte. Una roca se define como mayor que 2 mm en tamaño.

#### 7. Prueba para detectar Carbonatos Liberados

Desarrolle esta prueba rociando vinagre en el suelo. Si hay presencia de carbonatos, habrá una reacción química entre el vinagre y los carbonatos que producirá dióxido de carbono. Cuando se produce dióxido de carbono éste, burbujea o entra en *efervescencia*. Mientras más carbonatos están presentes, más *efervescencia* se observará.

Obtenga Información Adicional sobre el Sitio

Mida y registre las coordenadas GPS del lugar.

Fotografíe el perfil del suelo que ha sido descrito.

Si el perfil del suelo fue obtenido mediante una barrena, fotografíe el perfil del suelo que consta en la carpeta.

En cualquier caso, tome otra fotografía del paisaje que circunda el Sitio de Muestreo de Caracterización de Suelos.

Mida la pendiente del Sitio de Muestreo, empleando para ello el clinómetro

5.1. Designe dos estudiantes, cuyas vistas se encuentren a la misma altura, para que midan la inclinación.

5.2. Mida la inclinación más pronunciada que cruza el orificio.

5.3. El estudiante que mantiene el clinómetro se para al pie de la inclinación y el otro camina hacia el lado opuesto del hoyo.

5.4. Mirando a través del clinómetro, un estudiante ubica el nivel de los ojos del otro estudiante.

5.5. Lea el ángulo de inclinación en grados y registre dicha lectura en la hoja de trabajo de datos.

6. Mida y registre la distancia que existe desde los principales aspectos característicos del lugar (tales como edificios, postes de luz, carreteras, etc.).

Registre cualquier otra característica distintiva que identifique este sitio como peculiar.

**Preguntas que podrían formularse:**

¿Cuáles son los tipos de plantas y animales que se encuentran en el suelo y en el área general en torno a su sitio? Incluya pequeños organismos del suelo, tales como lombrices u hormigas.

¿Cuál es la materia matriz de la cual se ha formado el suelo? ¿Constituye lecho rocoso? De ser necesario, investigue más sobre la geología de la superficie de su área partiendo de materiales disponibles en la biblioteca local.

¿Cuáles son los procesos edafogenéticos que se están desarrollando en el perfil del suelo?

¿Qué rasgos o huellas de meteorización se observan en el perfil?

¿En qué parte del paisaje se encuentran estos suelos? Se trata de una loma, ladera, o al pie de una loma? ¿Está ubicado junto a un riachuelo o en una planicie? ¿Qué forma de terreno existe?

¿Cuál es el clima general que prevalece en el sitio elegido? ¿Es soleado, permanece en la sombra, se trata de un lugar caliente, frío, húmedo, seco?

¿Cuál es el uso reciente que se ha dado a esta zona? ¿Ha permanecido estable durante un período prolongado, o ha sido sometido al arado, se han talado sus árboles, se lo ha utilizado para construcción, o se ha visto modificado por cualquier otra razón en los últimos tiempos?

#### Muestreo de Suelos

Los métodos que se utilizan para obtener muestras del suelo para realizar análisis ulteriores difieren dependiendo de cómo usted ha expuesto el perfil de su suelo.

#### Técnica de Fosa de Tierra y Perfiles Expuestos de Suelos

##### Toma de Muestras para Densidad de Masa

Para cada horizonte de su perfil de suelos, presione una lata de un volumen conocido contra el lado del horizonte. El suelo del perfil debe estar húmedo, de manera que se mantenga unido y pueda la lata penetrar fácilmente.

Si es todavía difícil presionar la lata hacia el suelo, podría utilizar un martillo u otro objeto para forzar la entrada de la lata, colocando un pedazo de madera sobre la lata y golpee la madera con el martillo para repartir la fuerza del golpe de martillo a todos los filos de la lata por igual y minimizar su deformación.

Empleando un palin o cuchillo, retire la lata y la tierra que la circunda. Iguale la tierra del extremo hasta que esté plano contra los filos de la lata, de tal manera que el volumen de la tierra sea el mismo que el volumen de la lata.

Cubra la lata con la tapa u otro material de cubierta y llévela de vuelta a laboratorio.

Repita este procedimiento de manera que tenga 3 muestras de densidad de masa para cada horizonte.

Coloque etiquetas en las latas mientras está en el campo, con el nombre del sitio, número de horizonte (o letra), profundidades superiores e inferiores y el número de muestra (1, 2 ó 3 para cada horizonte).

Lleve estas muestras desde el campo tan pronto como le sea posible.

Retire las cubiertas

Pese cada muestra en su lata y registre este peso húmedo en la Hoja de Trabajo de Datos de Densidad de Masa.

Coloque las muestras en el horno de secado para suelos.

#### BIBLIOGRAFÍA:

- Protocolo de mediciones de campo para la caracterización de suelos, GLOBE Guía para Educadores, [Investigación de Suelos](#).

[http://www.globe.gob/sda/tg97es/suelos/contenidos\\_toc.html](http://www.globe.gob/sda/tg97es/suelos/contenidos_toc.html)

## **Anexo 2. Guía de cromatografía de suelos**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

### **FERTILIDAD DE SUELOS**

#### **LABORATORIO N°4 CROMATOGRFÍA DE SUELOS**

La cromatografía es un método para hacer análisis de suelos, compostas y biofertilizantes, que puede ser realizado en el campo y así conocer la salud del suelo. El propósito de esta metodología es que los agricultores sepan juzgar correctamente y evaluar la calidad biológica del suelo, abonos orgánicos y biofertilizantes en relación a la interacción entre contenido de microorganismos, materia orgánica y minerales.

Ehrenfried Pfeiffer, bioquímico Alemán, desarrolló un método de cromatografía líquida sencillo y rápido para demostrar cómo vibra verdaderamente la vida en los suelos, plantas y alimentos vivos, pero no en los minerales inorgánicos, en las sustancias químicas y en las vitaminas sintéticas, que no viven. Este procedimiento no requiere de equipo completo de los laboratorios químicos corrientes, sino que necesita únicamente discos circulares de papel filtro de 15 centímetros de diámetro, con un pequeño agujero en el centro, donde se inserta una mecha (del mismo papel filtro). Se colocan en cajas petri para cultivos microbiológicos, en los cuales hay pequeños crisoles que contienen una solución de 0.5% de nitrato de plata. Esta solución sube por la mecha y se extiende sobre los discos hasta 4 centímetros del centro.

En los dibujos concéntricos de brillantes colores, ha logrado Pfeiffer descubrir por deducción nuevos secretos de la vida. Probando la vitamina natural C de productos como los carnosos frutos de las rosas, observó que su vitalidad era mucho más fuerte que la de la vitamina C artificial, o ácido ascórbico.

Poco antes de morir, Pfeiffer indicó en su folleto *Chromatography Applied to Quality Testing* (La cromatografía aplicada a las pruebas de calidad) que Goethe había formulado hacia 150 años una verdad de la mayor importancia en relación con el reconocimiento de los valores biológicos naturales: El todo es más que la suma de sus partes. "Esto quiere decir - escribía Pfeiffer -, que un organismo o entidad natural contiene factores que no pueden ser reconocidos ni demostrados cuando se divide en sus partes componentes por el análisis.

#### OBJETIVOS:

Analizar el estado de salud del suelo utilizando el método de cromatografía líquida para conocer el grado de integración de los componentes del suelo.

Conocer el grado de descomposición de abonos orgánicos y biofertilizantes utilizando muestras de estos para determinar el momento oportuno de su aplicación.

#### Equipo y Materiales:

balanza semi-analítica.

Tamiz de 0.5 mm. (colador)

Erlenmeyer (vasos plásticos transparentes)

Mortero.

Beaker.

Cajas petri.

Papel filtro watman #1, 4, 41 en círculos.

Muestras de suelo seco al aire.

Reactivo

Agua destilada o agua lluvia.

Solución de soda cáustica al 1% (hidróxido de sodio)



Solución de nitrato de plata al 0.5%

**Preparación de reactivos:**

Preparación de solución de nitrato de plata 0.5%

Pesar 0.5 gr. de nitrato de plata, colocar en un erlenmeyer y agregar 100cc. De agua. Agitar la solución y luego depositar la solución en un frasco de vidrio oscuro. Elaborar esta solución para el uso del día debido a que es un material que reacciona con la luz.

Preparación de solución de soda cáustica al 1%:

pesar 1 gr. de hidróxido de sodio y colocarlo en un erlenmeyer que contiene 100 ml. De agua destilada o agua lluvia. Agitar hasta que se desarrolle la dilución de los cristales del hidróxido de sodio. La cantidad a elaborar de esta solución dependerá de la cantidad de muestra analizar.

**Procedimiento para el análisis Cromatográfico:**

**A. Preparación de muestra de suelo**

Secar muestra de suelo al aire, preferiblemente a la sombra.

Triturar la muestra de suelo seco y tamizarlo con un tamiz de 0.5 mm. o un colador fino si se realiza el análisis en campo.

Pesar en balanza semianalítica 5 gr. de suelo seco y depositarlo en erlenmeyer de 250 mm. Previamente rotulado (o vasos plásticos transparentes) y aplicar 50 cc. de solución de hidróxido de sodio.

realizar la agitación de la solución con muestra en tres momentos:

ceros minutos.

Quince minutos.

Sesenta minutos.

La agitación del erlenmeyer se realiza haciendo movimientos circulares, seis veces a la izquierda, seis veces a la derecha y nuevamente seis veces a la izquierda o viceversa. Dejar en reposo por seis horas.

Finalizado el tiempo de reposo de la muestra, con una jeringa, tomar el líquido sobrenadante procurando no provocar turbidez del sedimento de suelo y colocar dicha solución en el recipiente preparado para esta función.

### **Preparación de papel filtro**

Con un círculo de papel filtro número 4 se elabora un patrón de la siguiente forma: marcar el centro con un alfiler o aguja y con una regla graduada marcar con lápiz 4 cm. y 6 cm. desde el centro.

Con el patrón marcar el resto de papeles filtro utilizando agujas.

En la marca central de cada papel abrir un agujero con un perforador.

Cortar papel filtro de un tamaño de 2x2 cm de lado y con este enrollándolo se forma una mecha para colocarla en el agujero del papel filtro perforado.

### **C. Impregnado de papel filtro con solución de nitrato de plata**

Preparar caja de petri en el cual se coloca otro recipiente en el que contiene solución de nitrato de plata.

Colocar el papel filtro sobre la solución de nitrato de plata, procurando que la mecha quede en contacto con la solución y vertical. Dejar impregnar de solución hasta la marca de los 4 cm., luego retirar papel filtro procurando no tocar el área de mojado con los dedos, tomándolo de las áreas secas y quitar la mecha con cuidado haciéndola rotar.

Colocar el papel filtro impregnado entre dos pedazos de papel higiénico del tamaño del círculo y luego colocarlo entre dos hojas de papel bond.

Preparar una caja para formar una cámara oscura, la cual puede ser de madera, o una maleta o hielera de durapax., colocándolo dentro de esta caja los papeles con papel filtro impregnado para su secado. Cerrar las cajas con el propósito de evitar el contacto de papel con la luz.

Dejar secar el papel por 8 horas.

#### **D. Análisis de muestra:**

Al igual que en el impregnado de papel filtro con solución de nitrato de plata, colocar dentro de una tapadera de caja petri otro recipiente en el que se agrega el líquido sobrenadante de la muestra extraído con jeringa en la última fase de la preparación de la muestra.

De la cámara oscura tomar un papel filtro impregnado con nitrato de plata (cerrar la caja para evitar la entrada de luz), procurando hacerlo con las manos limpias y sin tocar el área de impregnado. Luego colocar una mecha de papel filtro en el centro del papel y colocarlo sobre la solución extractora del suelo con sumo cuidado. Dejar correr la solución extractora en el papel filtro hasta antes de la marca de 6 cm.

Retirar el papel filtro de la solución extractora, quitar la mecha y poner a secar el papel filtro, exponiéndolo a la luz solar por un periodo no menor de 2 horas.

#### **E. Interpretación de resultados**

El propósito de este método es obtener una fotografía de la vida o salud del suelo y su principio está fundamentado en la utilización de nitrato de plata como un revelador que muestra con detalle la presencia de los componentes del suelo o abonos o biofertilizantes.

Los detalles que muestra la revelación son cuatro zonas que corresponden a lo siguiente:

Zona 1: esta puede ser blanco la cual está en función de la presencia del nitrógeno que puede ser bien marcado o difuso.

Zona 2: es una zona mineral que se dibuja con huellas de ramificaciones que asemejan a pinos.

Zona 3: es una zona proteica de color café en diferentes grados dependiendo de la concentración de proteínas presentes en el suelo.

Zona 4: es una zona que se presenta como nubes que revela presencia de enzimas y cuando los minerales del suelo se integran a las enzimas se dibuja en esta zona picos.

La expresión de esta revelación del cromatograma asemeja a los girasoles, mostrándose una belleza estructural dependiendo de la riqueza de la vida del suelo o degradación del mismo.

Los colores en los cromas se clasifican en deseados y no deseados.

Deseados: amarillo, dorado, naranja, verde, rojizo.

No deseados: azules, grises, lilas, morados, marrones, marrones oscuros o negros, cenizos.

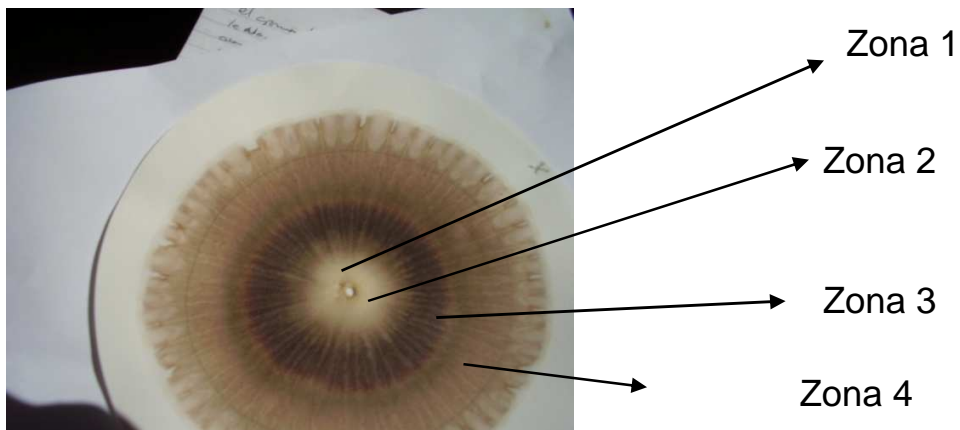
#### Evolución de los minerales

Cuando el primer círculo interno es color blanco difuso se considera como bueno.

Cuando los minerales del segundo círculo interno son en forma radial se considera no deseable.

Cuando los radios que se forman en el segundo círculo mineral tienden a formar imágenes de pino es bueno.

Cuando los radios de los minerales llegan hasta la zona enzimática y forman picos significa, una buena calidad de integración mineral.



**Cuadro A-1. ANVA de nutriente calcio**

Fv	Gl	Sc	Cm	Fc	Ft
Bloque	4	0.0126	0.0031	0.51	0.7324
Tratamiento	4	0.0214	0.0053	0.86	0.5099n/s
Error	16	0.0998			
Total	24				

**Cuadro A-2. ANVA de nutriente pH**

Fv	Gl	Sc	Cm	Fc	Ft
Bloque	4	0.5391	0.1347	1.53	0.2406
Tratamiento	4	0.6755	0.1787	1.92	0.1565n/s
Error	16	1.4088			
Total	24				

**Cuadro A-3. ANVA de nutriente magnesio**

Fv	Gl	Sc	Cm	Fc	Ft
Bloque	4	0.4865	0.1226	1.03	0.42
Tratamiento	4	0.3359	2.84	2.84	0.05 s
Error	16	1.8915			
Total	24				

**Cuadro A-4. ANVA de nutriente potasio**

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft
Bloque	4	0.3246	0.0811	8.69	0.006
Tratamiento	4	0.0209	0.0052	0.56	0.69n/s
Error	16	0.1494			
Total	24				

**Cuadro A-5. ANVA de nutriente materia orgánica**

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft
Bloque	4	4.4576	1.114	1.35	0.2949
Tratamiento	4	0.6879	0.1719	0.21	0.93n/s
Error	16	13.2106			
Total	24				

**Cuadro A-6. ANVA de nutriente fósforo**

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft
Bloque	4	1.3860	0.3465	2.80	0.0079
Tratamiento	4	0.9604	0.2401	3.50	0.0309 s
Error	16				
Total	24				

**Cuadro A-7. ANVA de la variable rendimientos en qq/ha**

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft
Bloque	4	0.1833	0.0458	1.85	0.1695
Tratamiento	4	0.0096	0.0240	0.97	0.4522n/s
Error	16	0.3973			
Total	24				

**Cuadro A-8. ANVA de la variable altura de la planta en m.**

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft
Bloque	4	0.1768	0.0442	0.69	0.6119
Tratamiento	4	0.5845	0.1461	2.27	0.1071n/s
Error	16	1.0309			
Total	24				

**Cuadro A-9. ANVA de variable grosor de la planta en cm**

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft
Bloque	4	0.0959	0.0239	0.89	0.4949
Tratamiento	4	0.0193	0.0048	0.18	0.9462n/s
Error	16	0.4333			
Total	24				

**Cuadro A-10. ANVA de la variable largo de la mazorca en cm**

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft
Bloque	4	2.5455	0.6363	1.71	0.1961
Tratamiento	4	2.4627	0.6156	1.66	0.2087n/s
Error	16	5.9410			
Total	24				

**Cuadro A-11. ANVA de variable grosor de la mazorca en cm**

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft
Bloque	4	0.5806	0.1451	2.59	0.0765
Tratamiento	4	0.0958	0.0239	0.43	0.7867n/s
Error	16	0.8975			
Total	24				





**Figura A- 1. Estaquillado y siembra**



**Figura A- 2. Fertilización de maíz**



**Figura A- 3. Aporco del cultivo de maíz**



**Figura A- 4. Colocación de arroz cocido**



**Figura A- 5. Toma de altura de la planta**



**Figura A- 6. Toma de grosor de la planta**



**Figura A- 7. Desarrollo del cultivo**



**Figura A- 8. Espigado del cultivo**



Figura A- 9. Cromatogramas de los abonos bocashi, gallinazas aplicadas al suelo.

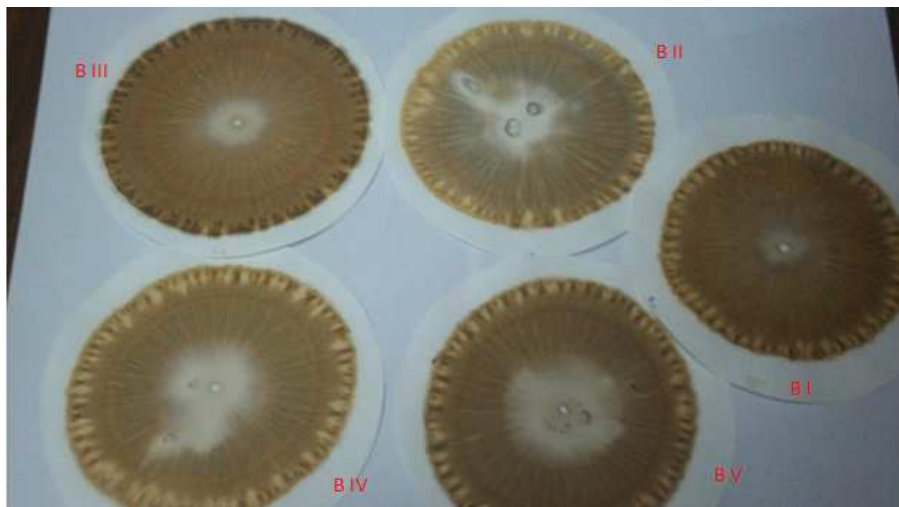


Figura A- 10. Cromatogramas de suelo antes del experimento.

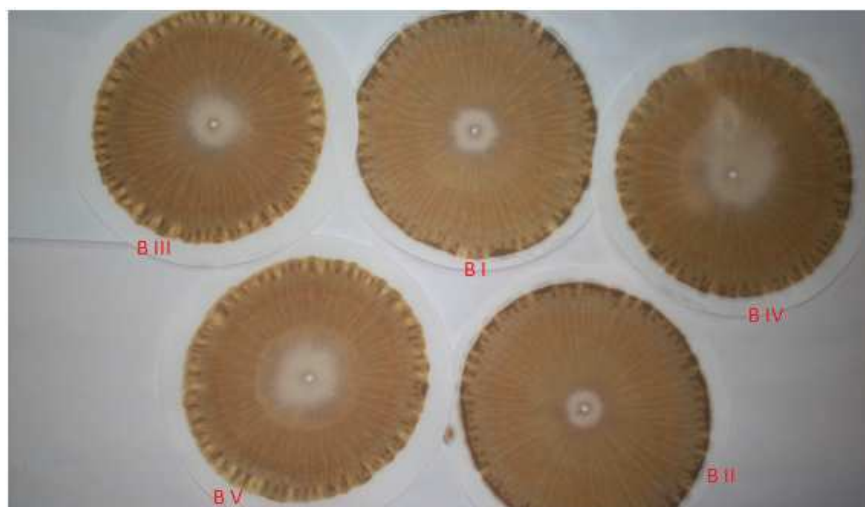
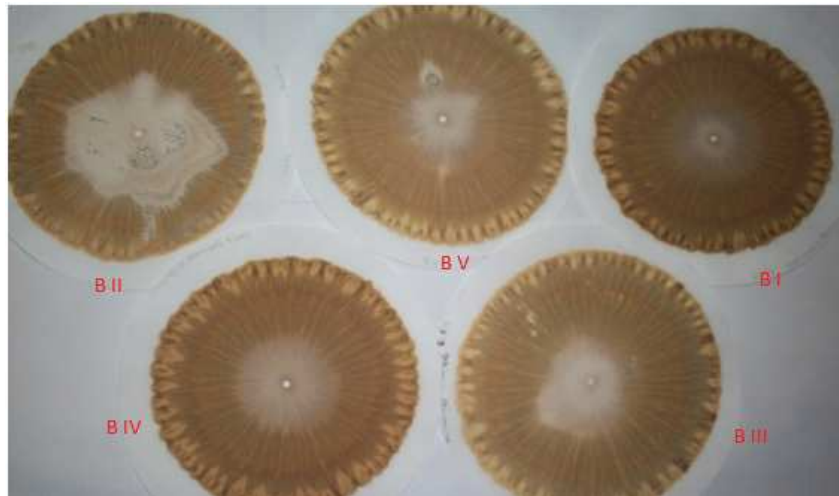


Figura A- 11. Cromatogramas de suelo tratado con gallinaza en los cinco bloques

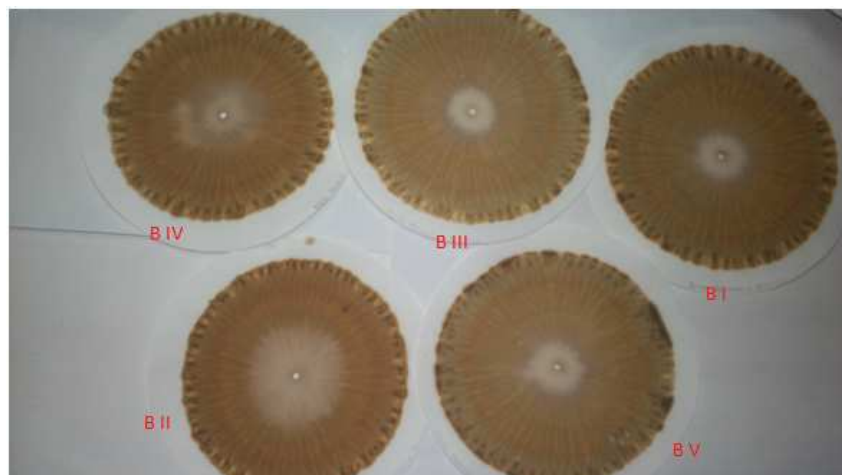


Figura A- 12. Cromatograma de suelo tratado con bocashi en los cinco bloques

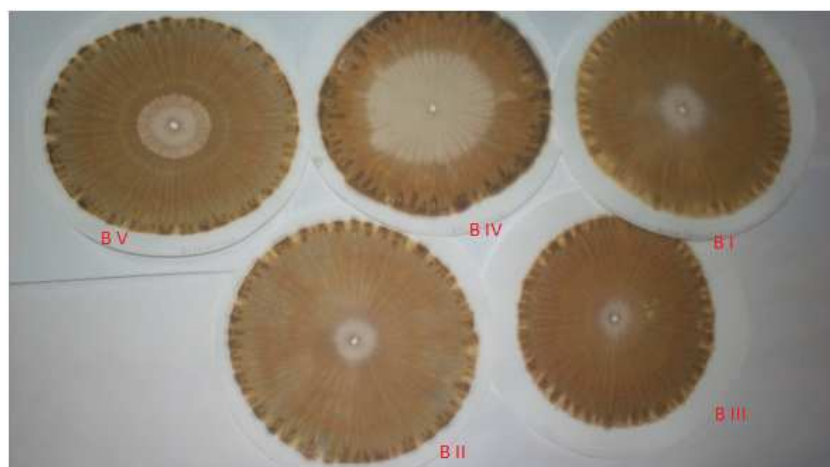




**Figura A- 13. Cromatograma de suelo tratado gallinaza más químico en los cinco bloques**




**Figura A- 14. Cromatograma de suelo tratado bocashi más químico en los cinco bloques**



**Figura A- 15. Cromatograma de suelo tratado fertilizante químico en los cinco bloques**

**Anexo 3. Resultados de análisis químico de suelos y abonos utilizados en el proyecto.**

Gallinaza



**Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal**  
 www.cenatagoblv  
 EL SALVADOR

Laboratorio de Química Agrícola  
 Km. 33 1/2 carretera a Santa Ana, La Libertad, El Salvador, C.A  
 Tel: 2302-02-00 ext. 269  
 Fax: 2302-02-94

San Andrés, 22 de enero 2010  
 Estimado señor (es)  
 GRUPO LEOB  
 Presente

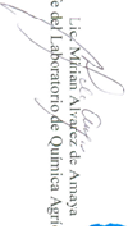
**Tipo de muestra:** Avabono  
**Fecha de recolección de muestra:** 11/01/10  
**Fecha de recibido:** 12/01/10

**RESULTADO**


% EN BASE SECA

# de lab.	Identificación	% N	% P	% K	% Ca	ppm Mn	pH	% Humedad	% Cenizas	% Materia Orgánica
11	Avabono	4.19	2.58	2.80	10.71	764.55	6.91	16.40	40.35	43.25

**Nota:** Este informe de análisis se basa en una muestra de producto recibido por el laboratorio, el proceso del muestreo ha sido responsabilidad del interesado.  
**Químicos Analistas:** Lic. Amanda de Arvalo  
 Ing. Caliste Canales  
 Lic. Miriam Alvarez de Amaya




Lic. Miriam Alvarez de Amaya  
 Jefe del Laboratorio de Química Agrícola





Bocashi



**Centro Nacional de Tecnología Agrícola y Forestal**  
 Laboratorio de Química Agrícola  
 Km 3.3 1/2 carretera a Santa Ana, La Libertad, El Salvador, C.A.  
 Tel.: 2302-02-00 ext. 269 Fax: 2302-02-94  
 San Andrés, 08 DE JULIO DE 2011

Estimado señor (es):  
 GRUPO LEOB

Tipo de muestra: Bocashi  
 Fecha de recolección de muestra: 28/06/11  
 Fecha de recibido: 28/06/11

**RESULTADO**


% EN BASE SECA

# de Lab.	Identificación	% N	% P	% K	% Ca	pH	Humedad %	% Cenizas	% Materia Orgánica
389	Bocashi 1	1.25	1.44	0.98	5.78	8.26	15.32	68.35	16.33
390	Bocashi 2	1.51	1.58	1.13	5.15	7.96	8.79	76.04	15.17

Nota: Este informe de análisis se basa en una muestra de producto recibido por el laboratorio, el proceso del muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químicos Analistas: Lic. Amandita de Arévalo  
 Ing. Celeste Canales  
 Lic. Mirian Álvarez de Amaya

Lic. Mirian Álvarez de Amaya  
 Jefe del Laboratorio de Química Agrícola



## Análisis químico del suelo antes del experimento.



**CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA  
AGROPECUARIA Y FORESTAL**  
ING. ENRIQUE ALVAREZ CORDOVA  
LABORATORIO DE SUELOS  
e-mail: centalabsuelos2010@hotmail.com  
Tel. 23020200 Ext. 248

San Andrés, 1 de junio de 2012

CARTA No. 20119

NOMBRE DEL AGRICULTOR: CAROLINA BEATRIZ MONGE DE CASTRO  
MUNICIPIO: SAN JUAN OPICO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

No. Laboratorio	Muestra No. 20250
Identificación de la muestra	1
Cultivo que desea fertilizar	MAIZ

## RESULTADO DEL ANALISIS

Textura		FRANCO ARENOSO
pH en agua 1:2.5		MODERADAMENTE ACIDO
Fósforo (mg kg <sup>-1</sup> )	4	MUY BAJO
Potasio (mg kg <sup>-1</sup> )	183.72	ALTO
Zinc (mg kg <sup>-1</sup> )	4.485	ALTO
Manganeso (mg kg <sup>-1</sup> )	24.63	MUY ALTO
Hierro (mg kg <sup>-1</sup> )	11.53	ALTO
Cobre (mg kg <sup>-1</sup> )	1.585	ALTO
Materia Orgánica (%)	5.24	ALTO
Calcio Intercambiable (cmol kg <sup>-1</sup> )	10.73	ALTO
Magnesio Intercambiable (cmol kg <sup>-1</sup> )	2.28	ALTO
Potasio Intercambiable (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.47	
Sodio Intercambiable (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.17	NO SODICO
Suma de Bases Intercambiable (cmol kg <sup>-1</sup> )	13.65	MEDIO
Acidez Intercambiable (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.00	BAJO
CICE (cmol kg <sup>-1</sup> )	13.65	MEDIO
Saturación de Bases (%)	100.00	
Relación Ca / Mg	4.71	MEDIO
Relación Mg/K	4.84	MEDIO
Relación Ca+Mg/k	27.62	MEDIO
Relación Ca/K	22.78	MEDIO

Detalle: (mg kg<sup>-1</sup>) = ppm

(cmol kg<sup>-1</sup>) = meq/100 g suelo

NOMBRE DEL AGRICULTOR: CAROLINA BEATRIZ MONGE DE CASTRO  
MUNICIPIO: SAN JUAN OPICO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

**CULTIVO: MAIZ**

- 1ª Fertilización. A la siembra.  
350 lb/mz de Fórmula 18-46-0
- 2ª Fertilización. 30 días después de la siembra.  
150 lb/mz de Urea +  
205 lb/mz de Sulfato de Amonio



ING. QUIRINO ARGUETA  
ESPECIALISTA EN FERTILIDAD DE SUELOS

