



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

“DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE REMEDIACIÓN DEL BOCASHI PARA SUELOS CONTAMINADOS POR GLIFOSATO, MEDIANTE UN SISTEMA COMBINADO DE AIREACIÓN Y BIOPILAS EN CULTIVOS ASOCIADOS DE CAFÉ Y CACAO EN EL BARRIO SAN ROQUE DE LA PARROQUIA PACHICUTZA, CANTÓN EL PANGUI, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE”

Tesis de grado previa a la obtención del título de ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

AUTOR.

Gomer Guillermo Guerrero Encalada

DIRECTOR

Ing. Osmani Eduardo López Celi Mg. Sc.

ZAMORA – ECUADOR

2016

CERTIFICACIÓN

Ing. Osmani Eduardo López Celi. Mg. Sc.

DOCENTE DE LA MODALIDAD DE ESTUDIOS PRESENCIAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE ZAMORA.

CERTIFICO:

Que el presente trabajo de titulación denominado: **“DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE REMEDIACIÓN DEL BOCASHI PARA SUELOS CONTAMINADOS POR GLIFOSATO, MEDIANTE UN SISTEMA COMBINADO DE AIREACIÓN Y BIOPILAS EN CULTIVOS ASOCIADOS DE CAFÉ Y CACAO EN EL BARRIO SAN ROQUE DE LA PARROQUIA PACHICUTZA, CANTÓN EL PANGUI, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE”**, desarrollado por el señor Gomer Guillermo Guerrero Encalada, ha sido elaborado bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instructivos.

Por ello autorizo su presentación y sustentación.

Zamora, 07 de noviembre de 2016

Atentamente



Ing. Osmani Eduardo López Celi. Mg. Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORÍA

Yo, **Gomer Guillermo Guerrero Encalada**, declaro ser autor del presente Trabajo de Tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

AUTOR: Gomer Guillermo Guerrero Encalada

FIRMA: 

CÉDULA: 1900803998

FECHA: Loja, 12 de Diciembre de 2016

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, **GOMER GUILLERMO GUERRERO ENCALADA**, declaro ser autor de la Tesis titulada “**DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE REMEDIACIÓN DEL BOCASHI PARA SUELOS CONTAMINADOS POR GLIFOSATO, MEDIANTE UN SISTEMA COMBINADO DE AIREACIÓN Y BIOPILAS EN CULTIVOS ASOCIADOS DE CAFÉ Y CACAO EN EL BARRIO SAN ROQUE DE LA PARROQUIA PACHICUTZA, CANTÓN EL PANGUI, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE**”, como requisito para optar por el grado de **INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a los doce días del mes de Diciembre del dos mil dieciséis, firma el autor:

AUTOR: Gomer Guillermo Guerrero Encalada

FIRMA: 

CÉDULA: 1900803998

DIRECCIÓN: Zamora, Ciudadela Twintza, Av. Del Ejército

CORREO ELECTRÓNICO: gomer.guerrero@yahoo.es

TELÉFONO: 2606753 **CELULAR:** 0995527343

DATOS COMPLEMENTARIOS

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Osmani Eduardo López C, Mg. Sc.
TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde, Mg.Sc. (Presidente)

Ing. Fausto Ramiro García Vasco, Mg.Sc. (Vocal)

Ing. Hilter Farley Figueroa Saavedra, Mg.Sc. (Vocal)

DEDICATORIA.

El presente trabajo le dedico a Dios, quien me ha dado la sabiduría y salud para seguir adelante en toda mi vida como estudiante, a su vez permitiéndome llegar alcanzar mis sueño que es ser un profesional, así mismo a mi familia en especial a mi madre quien es el apoyo incondicional, quien me inculco buenos principios y valores, ayudándome a superar todas las adversidades que se presenta en toda la vida como estudiante, también le dedico a mis hermanas por estar ahí siempre en las dificultades que se me presentaron, a través de sus consejos y motivaciones.

AGRADECIMIENTO.

En primer lugar le agradezco a dios por darme la vida, quien me supo guiar por el sedero correcto, a través de la sabiduría, la esperanza y las fuerzas para seguir adelante en mi vida profesional, en segundo lugar mi familia, mi madre María del Cisne Encalada Cueva, a mi padre Gomer Guillermo Guerrero León, mis hermanas Liliana Carolina Guerrero Encalada y Jennifer Palmenia Guerrero Encalada quienes son el pilar fundamental en mis estudios, quienes me guiaron como estudiante a través de sus consejos y enseñanzas, como se refleja en el presente trabajo de titulación, así mismo agradezco muchísimo a la familia Lozano, Romero y Montaña que me acogieron en su hogar brindándome el apoyo necesario para poder emprender el presente trabajo de titulación.

Agradezco también a la Universidad Nacional de Loja por dejarme continuar con mis estudios universitarios en esta prestigiosa institución. Así mismo al Coordinador de Carrera al Ing. Osmani López Celi, por confiar en nuestros conocimientos, por haber compartido sus conocimientos hacia nosotros formándonos profesionales competentes, como director de tesis le agradezco la paciencia y el apoyo permanente durante la elaboración del presente proyecto de titulación y por ultimo agradezco al Ing. Galo Ramos Campoverde por su perseverancia constante hacia nosotros con el fin de formar buenos profesionales hacia la sociedad

1 TITULO

“DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE REMEDIACIÓN DEL BOCASHI PARA SUELOS CONTAMINADOS POR GLIFOSATO, MEDIANTE UN SISTEMA COMBINADO DE AIREACIÓN Y BIOPILAS EN CULTIVOS ASOCIADOS DE CAFÉ Y CACAO EN EL BARRIO SAN ROQUE DE LA PARROQUIA PACHICUTZA, CANTÓN EL PANGUI, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE”

2 RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo remediar suelos alterados por la contaminación ocasionada por las actividades agrícolas en la producción de café y cacao por el vertimiento de glifosato en el suelo en el Barrio San Roque, provincia de Zamora Chinchipe.

El estudio fue tipo ex – situ se lo realizó en el Barrio San Roque en la elaboración del abono orgánico y en la ciudad de Zamora la implementación del ensayo experimental. Para el siguiente estudio se elaboró el abono bocashi, realizando controles de temperatura, humedad y pH durante la fermentación del abono. Luego se construyó cuatro parcelas, donde se implementó el tratamiento con su repetición y testigos, después se instaló el sistema de aireación en el tratamiento con su repetición, el material agregado en el tratamiento con su repetición fue de 20 Kg de abono más 50 kg de suelo contaminado, realizando monitoreo constante durante 3 meses que duró el ensayo experimental. Culminado el ensayo experimental se recolecto 1 muestra compuesta del tratamiento con su repetición y 1 muestra compuesta de las testigos, analizando la textura, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, pH y glifosato.

Al finalizar el estudio se concluyó que el abono bocashi en el suelo, mejora significativamente todos los parámetros mencionados anteriormente a excepción del glifosato, que se determinó que en el tratamiento con su repetición presentaron una remoción del 90% de glifosato en el suelo, en comparación con la muestra inicial y la testigo, las cuales mostraron un mismo nivel de concentración de glifosato en el suelo.

2.1 Summary

The present study aims to remedy soils altered by the pollution caused by agricultural activities in the production of coffee and cacao by the dumping of glyphosate in the soil in the San Roque neighborhood in the province of Zamora Chinchipe.

The ex - situ study was carried out in the San Roque neighborhood in the production of organic fertilizer and in the city of Zamora the implementation of the experimental trial. For the following study the bocashi fertilizer was made, performing temperature, humidity and pH controls during fertilizer fertilization. Then, four plots were constructed, where the treatment with its repetition and the witnesses were implemented, then the aeration system was installed in the treatment with its repetition, the material added in the treatment with its repetition was 20 kg of fertilizer plus 50 kg of contaminated soil, performing constant monitoring During the 3 months of the experimental trial. At the conclusion of the experimental test, a composite sample of the treatment with its repetition and a composite sample of the controls were collected, analyzing the texture, organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium, pH, and glyphosate.

At the end of the study, it was concluded that the bocashi fertilizer in the soil significantly improves all the parameters mentioned above except for glyphosate, which was determined that in the treatment with their repetition they showed a removal of 90% of glyphosate in the soil, compared With the initial sample and the control, which showed the same level of concentration of glyphosate in the soil.

3 INTRODUCCIÓN

La supervivencia de los seres humanos se basa principalmente en la alimentación, por ello los seres humanos dependemos del recurso suelo por su valor significativo que resulta para la producción de alimentos que son necesario para la supervivencia humana como también la comunidad biótica. Actualmente los suelos han sufrido cambios significativos ocasionados especialmente por las actividades humanas, como son las actividades agrícolas, que degradan al suelo por los insumos químicos vertidos al suelo, con el propósito de mejorar la producción agrícola, como lo rectifica Genou et al., 1992; Porta, J.; López-Acevedo, M.; Roquero, C., (1994) que articula que los efectos desfavorables de los contaminantes en el suelo como sistema son: Destrucción del poder de autodepuración por procesos de regeneración biológica normales, al haberse superado la capacidad de aceptación del suelo; disminución cualitativa y cuantitativa del crecimiento de los microorganismos del suelo, o bien alteración de su diversidad; y disminución del rendimiento de los cultivos con posibles cambios en la composición de los productos

En el barrio San Roque gran parte de la población se dedican a las actividades agrícolas principalmente en la producción de cacao y café, por esta razón los agricultores buscan alternativas para mejorar su producción y mejorar el crecimiento de los cultivos, como consecuencia optan por utilizar insumos químicos como es el glifosato, sin tener en cuenta sobre los efectos adversos que ocasiona este tipo de agroquímico en el suelo, en la salud y en el ambiente, como lo expresan los siguiente autores:

La afectación del glifosato en la salud humana es la toxicidad en células humanas, alteran la estructura del ADN, provoca la muerte celular en el hígado, problemas respiratorios, dermatológicos, neurológicos, según (Gasnier et al., 2010; Monroy et al., 2005; Richard et al., 2005, como se citó Aldana y Salazar, 2011, p.25, 26). En las plantas el glifosato altera el crecimiento de los tallos y la actividad de los nodulos (fijación del nitrógeno), compiten con los nutrientes por los sitios de intercambio en las partículas de los suelos, disminuye el rendimiento de los cultivos, esto genera una disminución de biomasa de los cultivos, menores porcentajes de germinación de semillas y un bajo estatus nutricional en la planta. (Bott et al, como se citó en Civeira, 2012, parr, 18, 19, 20). Con relación en los efectos del glifosato en los microorganismos inhibe la población de bacterias y disminuye la cantidad de bacterias. (Krzysko-Lupicka et al, como se citó en Bozzo, 2010, p. 36).

El siguiente proyecto tiene como fin determinar si el bocashi con un sistema combinado de aireación y biopilas es un sistema eficiente para descontaminar suelos alterados por herbicidas como el glifosato, con la finalidad de tener un manejo ecológico de los suelos, contribuyendo así a producir alimentos sanos, libres de agentes químicos, asegurando la salud de las personas al momento de consumir y a la protección del ambiente.

El proyecto se lo realizo en el barrio San Roque en donde se elaboración el abono bocashi y la contaminación artificial del suelo, en cuanto a la implementación del ensayo experimental se hizo en la ciudad de Zamora, con la finalidad de dar un monitoreo y seguimiento constante al tratamiento.

Para la realización del proyecto se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo General.

Determinar el porcentaje de remediación del bocashi para suelos contaminados con glifosatos, mediante un sistema combinado de aireación y biopilas en cultivos asociados de café y cacao en el barrio San Roque, parroquia Pachicutza, cantón el Pangui, provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivos Específicos.

- Diagnosticar los factores socioeconómicos y ambientales en suelos contaminados por glifosato en cultivos asociados de café y cacao en el barrio San Ronque.
- Determinar el porcentaje remediador del bocashi en el suelo contaminado con glifosato, mediante un sistema combinado de aireación y biopilas en el barrio San Ronque, parroquia Pachicutza, cantón El Pangui, provincia Zamora Chinchipe.
- Determinar el costo de la remediación del bocashi en el suelo contaminado con glifosato, mediante un sistema combinado de aireación y biopilas en el barrio San Ronque.

4 REVISION DE LITERATURA

4.1 Sustentabilidad del suelo

4.1.1 Concepto de suelo.

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Las plantas y animales que crecen y mueren dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo. (Sección Portal de Suelo de la FAO párr 1).

Mientras que el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2015) define al suelo como:

La capa superior de la corteza terrestre, situada entre el lecho rocoso y la superficie, compuesto por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos y que constituye la interfaz entre la tierra, el aire y el agua, lo que le confiere capacidad de desempeñar tanto funciones naturales como de uso. (p. 15).

4.1.2 Características físicas, químicas y biológicas del suelo.

La FAO, (2016) establece las características físicas, químicas y biológicas del suelo:

4.1.2.1 *Propiedades físicas.*

4.1.2.1.1 *Textura.*

La textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades físicas párr. 5).

Tabla 1. *Clase de textura del suelo.*

CLASES DE TEXTURA	TIPOLOGIA (%)		
	ARENA	LIMO	ARCILLA
Arenoso	86-100	0-14	0-10
Arenoso franco	70-86	0-30	0-15
Franco arenoso	50-70	0-50	0-20
Franco	23-52	28-50	7-27
Franco limoso	20-50	74-88	0-27
Limoso	0-20	88-100	0-12
Franco arcilloso	20-45	15-52	27-40
Franco arenoso arcilloso	45-80	0-28	20-35
Franco limoso arcilloso	0-20	40-73	27-40
Arcilloso arenoso	45-65	0-20	35-55
Arcilloso limoso	0-20	40-60	40-60
Arcilloso	0-45	0-40	40-100

Fuente: United States Department of Agriculture (USAD, 2011).

4.1.2.1.2 *Color del Suelo.*

El color del suelo depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. Se puede evaluar como una medida indirecta ciertas propiedades

del suelo. Se usa para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades físicas del suelo párr. 6).

4.1.2.1.3 Consistencia del suelo.

La consistencia es la propiedad que define la resistencia del suelo a la deformación o ruptura que pueden aplicar sobre él. Según su contenido de humedad la consistencia del suelo puede ser dura, muy dura y suave. Se mide mediante tres niveles de humedad; aire-seco, húmedo y mojado. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades físicas del suelo párr. 7).

4.1.2.1.4 Porosidad del suelo.

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades físicas del suelo párr. 8).

4.1.2.1.5 Densidad del suelo.

Mediante la determinación de la densidad se puede obtener la porosidad total del suelo. Se refiere al peso por volumen del suelo. Existen dos tipos de densidad, real y aparente. La densidad real, de las partículas densas del suelo, varía con la proporción de elementos constituyendo el suelo y en general está alrededor de 2,65. Una densidad aparente alta indica un suelo compacto o tener elevado de partículas granulares como la arena. Una

densidad aparente baja no indica necesariamente un ambiente favorecido para el crecimiento de las plantas. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades físicas del suelo párr. 9).

4.1.2.1.6 Conductividad eléctrica.

USAD, (2009) articula que:

El análisis del suelo en cuanto a sales es necesario no sólo para registrar los posibles aumentos en campos de regadío, sino también ayuda a determinar si el riego se debe intentar en primer lugar. La salinidad se mide mediante el análisis de conductividad eléctrica (CE) en unidades como por ejemplo; deciSiemens por metro (dS/m)., las siguientes denominaciones se utilizan para las diferentes concentraciones de sales en el suelo. pp. 5.

4.1.2.2 Propiedades químicas.

4.1.2.2.1 Fertilidad del suelo.

Según Sánchez, (2007) menciona que “La fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas”. (p. 15).

Según Iñiguez, (2010) menciona que “para suelos existentes en la parte sur del Ecuador, se estima interpretar cualitativamente cinco niveles”. Esto se describe a continuación:

- *Bajo.*

Se estima que el suelo presenta un contenido bajo de nutrientes disponibles, razón por la cual es necesario aplicar una alta de fertilizantes.

- *Medio.*

Cuando el suelo presenta un contenido medio de nutrientes disponibles, de tal forma que se requiere aplicar una cantidad media de fertilizante.

- *Alto.*

Hace referencia a la presencia abundante de nutrientes disponibles, razón por la cual es necesario aplicar una cantidad baja de fertilizantes.

Tabla 2. Interpretación de los principales nutrimentos del suelo para el Sur del Ecuador.

Nutrimento	Unid. de expresión	Bajo Mínimo	Medio Optimo	Alto Máximo
M.O	%	2 – 4	4.1 – 6	6.1 – 8
N	Ppm	20 – 40	40.1 – 60	60.1 – 80
P2O5	Ppm	10 – 20	20.1 – 30	30.1 – 40
K2O	Ppm	50 – 100	100.1 – 150	150.1 – 200
Ca	Meq / 100ml	2 - 4	4.1 – 6	6.1 – 8
Mg	Meq /100ml	0.60 – 1.20	1.3 – 1.8	1.9 – 2.4

Fuente: Iñiguez, 2010.

4.1.2.2.2 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

Es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes,

arenoso o pobre en materia orgánica. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades químicas del suelo párr. 1).

4.1.2.2.3 El pH del suelo.

El pH (potencial de hidrógeno) determina el grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino). Los suelos muy ácidos (<5,5) tienden presentar cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos muy alcalinos (>8,5) tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos y para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6,5. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades químicas del suelo párr. 2)

4.1.2.2.4 Porcentaje de Saturación de Bases.

En el suelo se encuentran los cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) y los cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio). La fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo se refiere al porcentaje de saturación de bases. Cuando el pH del suelo indica 7 (estado neutral) su saturación de bases llega a un 100 por ciento y significa que no se encuentran iones de hidrógeno en los coloides. La saturación de bases se relaciona con el pH del suelo. Se utiliza únicamente para calcular la cantidad de limo requerida en un suelo ácido para neutralizarlo. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades químicas del suelo párr. 3).

4.1.2.2.5 Carbón Orgánico del suelo.

El Carbono Orgánico del Suelo (COS) mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la Capacidad de Intercambio Cationico, la retención de humedad y contribuye con estabilidad de suelos arcillosos al ayudar

a aglutinar las partículas para formar agregados. La MOS está compuesta en mayoría de carbono, tiene una capacidad de retener una gran proporción de nutrientes, cationes y oligoelementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Gracias a la MOS la lixiviación de nutrientes se inhibe y es integral a los ácidos orgánicos que disponibilizan los minerales para las plantas y regulador del pH del suelo. Se reconoce globalmente que el tenor de carbono orgánico en el suelo sea un factor fundamental para la salud del suelo, forma parte fundamental del Ciclo de Carbono y tiene gran importancia en la mitigación a los efectos del cambio climático. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades químicas del suelo párr. 5).

4.1.2.2.6 Nitrógeno del suelo.

El nitrógeno del suelo es uno de los elementos de mayor importancia para la nutrición de las plantas y más ampliamente distribuido en la naturaleza. Se asimila por las plantas en forma catiónica de amonio NH_4^+ o aniónica de nitrato NO_3^- . A pesar de su amplia distribución en la naturaleza se encuentra en forma inorgánica por lo que no se pueden asimilar directamente. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades químicas del suelo párr. 6).

4.1.2.2.7 La salinización del suelo.

Se refiere a la acumulación de sales solubles en agua en el suelo. Las sales que se pueden encontrar en un nivel freático salino se transportan con el agua a la superficies del suelo mediante ascenso capilar y una vez que el agua se evapora se acumulan en la superficie del suelo. La salinización elevada en el suelo lleva a la degradación de los suelos y la vegetación. Las sales más comunes se encuentran en combinaciones de los cationes de sodio, calcio, de magnesio y de potasio con los aniones de cloro, sulfato y carbonatos. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades químicas del suelo párr. 7).

4.1.2.2.8 La alcalinización del suelo.

Se define como el exceso de sodio intercambiable en el suelo. A medida que su concentración incrementa en el suelo empieza a reemplazar otros cationes. Los suelos sódicos se frecuentan en regiones áridas y semiáridas y se encuentran muchas veces inestables con propiedades físicas y químicas muy pobres. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades químicas del suelo párr. 8).

4.1.2.2.9 Contenido de carbonato de calcio en el suelo.

El carbonato de calcio, CaCO_3 , es una sal poco soluble que se encuentra naturalmente en varias formas y en varios grados de concentración en el suelo. Su presencia juega un papel fundamental en la estructura del suelo si se encuentra en concentraciones moderadas. Se utiliza como enmienda para neutralizar el pH de suelos ácidos y para suministrar el nivel de Calcio (Ca) para la nutrición de las plantas. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades químicas del suelo párr. 9).

4.1.2.2.10 Contenido de carbonato de sodio en el suelo.

En los suelos puede ocurrir la presencia de la acumulación secundaria de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) extendiéndose principalmente en regiones muy áridas o donde el lavado del suelo esté restringido a causa de baja permeabilidad. Los suelos afectados por concentraciones elevadas de yeso se han desarrollado en gran mayoría en depósitos no consolidados aluviales, coluviales y eólicos de material meteorizado con alto contenido de bases. (Sección Portal de Suelo de la FAO, propiedades químicas del suelo párr. 10).

4.1.3 Principales factores que alteran la calidad del suelo agrícola.

El portal de la FAO, (2016) menciona que la agrícola altera la calidad del suelo:

Las prácticas agrícolas ejercen un impacto fundamental en la biota del suelo, sus actividades y diversidad. La deforestación o conversión de praderas para

cultivos agrícolas afectan de manera drástica el ambiente del suelo llevando a la reducción del número y especies de organismos. Además, la reducción de la cantidad y calidad de residuos vegetales incorporados al suelo y la reducción en número de especies de plantas superiores lleva a cabo a la reducción en el rango de hábitat y fuentes de alimentación para los organismos del suelo.

Tilman, (1999) sostiene que:

Las prácticas de monocultivo y aplicación de fertilizantes y pesticidas químicos, han provocado pérdidas en los contenidos de materia orgánica, incrementos en la erosión, compactación y contaminación del agua superficial y subterránea. De manera que todas aquellas actividades realizadas sobre el suelo generan un impacto significativo en la concentración de nutrientes.

4.2 Concepto del glifosato

Según la revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, (2011) menciona que:

El glifosato es una sal isopropilamina de N- (fosfono metil) glicina, el cual es un herbicida no selectivo, sistémico de acción foliar, es decir, que ingresa a la planta a través de las hojas para después migrar a otras partes del tejido vegetal donde será mínimamente metabolizado. (p 23).

4.2.1 Características físico químicas del glifosato.

Según el Plan de Manejo Ambiental Erradicación de Cultivos Ilícitos, (2000) menciona las propiedades físicas y químicas del glifosato:

Tabla 3. Propiedades físicas - químicas del glifosato.

Propiedad	Compuesto Puro (ingrediente Activo)	Sal de Glifosato- Isopropilamina
Formula molecular	C3 H8 N O5 P	C6 H17 N2 O5 P
Peso molecular	169.1 g/mol	228.2 g/mol
Estado físico	Sólido blanco	Líquido viscoso de color ámbar a amarillo
Olor	Inodoro	Prácticamente inodoro, ligero olor a amina
Densidad	0.5 g/MI	1,160 - 1,180 g/mL
Punto de fusión	184,5 ° C	No Aplicable (Estado líquido)
Presión de vapor	1,84 x 10 ⁻⁷ mm de Hg a 45°C	3 x 10 ⁻⁷ mm Hg a 25°C
Punto de ebullición	Se descompone	Se descompone
pH e solución a 1%	2,5	4,7
Solubilidad en agua	12 .000 ppm a 25°C	900. 000 ppm a 25°C
Otros solventes	Ninguno	Sólo soluble en agua
Estabilidad	32 días a 25°C y pH = 5,7 ó 9	32 días a 25°C y pH = 7 ó 9
Coefficiente de partición octanol/agua	POW = -2,8	N.D.
Constante de ley de Henry	< 7 x 10 ⁻¹¹	N.D.
Corrosividad	No corrosivo	No Corrosivo

Fuente: Documento Plan de Manejo Ambiental Erradicación de Cultivos Ilícitos,

2000

4.2.2 Movilidad del glifosato en el suelo.

Según Doublet (como se citó en la revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 2011) menciona sobre la movilidad del glifosato: “Glifosato tiene la capacidad de translocarse del tejido vegetal (raíz) hacia el suelo e incrementa la persistencia de dos a seis veces en suelos en los que pudiesen existir restos de plantas a los que previamente se aplicó el herbicida”. (p 24).

Bott (como se citó en la revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 2011) menciona que:

El glifosato una vez en el suelo puede removilizarse por competencia con el fósforo, lo cual podría representar una ruta de transferencia adicional del herbicida hacia plantas no consideradas (blanco u objetivo), esto estará fuertemente influenciado por las características del suelo como potencial de fijación de fósforo, contenido de hierro disponible para la planta, pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de arena y materia orgánica del suelo. (p 24).

Según Ruiz, (2012) menciona que:

En un estudio realizado en un suelo de bosque húmedo tropical secundario de Sucumbíos - Ecuador, a los dos días de haber aplicado glifosato en el suelo, fue detectado en el sustrato de 0 a 5 y no en el de 5 a 20 cm, concluyendo que quedó retenido en el primer sustrato y que no fue movilizado por infiltración. (p 41).

4.2.3 La toxicidad del glifosato

En lo que respecta al medio ambiente, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) (como se citó en la revista de Ciencias

Biológicas y de la Salud, 2011) menciona: “que glifosato es ligeramente tóxico a aves y ligeramente persistente (14 a 22 días)”. (p 24).

Smith y Aubin (como se citó la revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 2011) menciona que “el glifosato fue metabolizado en suelos húmedos no estériles con un tiempo de vida media de 30 a 40 días”. (p 24).

Según la Revista Ecologistas en Acción, (2015) menciona que:

Según el trabajo, dosis muy por debajo de las recomendadas para su utilización provocan la muerte celular en pocas horas. “Aun en dosis diluidas mil veces, los herbicidas Roundup (cuyo principio activo es el glifosato) estimulan la muerte de las células de embriones humanos, lo que podría provocar malformaciones, abortos, problemas hormonales, genitales o de reproducción, además de distintos tipos de cánceres”. (párr. 4).

Según CIP (como se citó en la revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 2011) menciona que:

Estudios sobre exposición a glifosato y daños genéticos realizados en la Universidad Católica de Ecuador, informan que el problema de las aspersiones aéreas con glifosato se ha agudizado en la zona de la frontera con Colombia; observándose un cambio en el estándar de salud de la población, los habitantes de la zona incrementaron dramáticamente los problemas respiratorios, gastrointestinales, alérgicos, dermatológicos, neurológicos y psicológicos. (p. 26).

4.2.4 Persistencia del glifosato

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (como se citó en Consejo Nacional de Investigación Científica y Técnicas (CONICET), 2009): “Reporta que la vida del glifosato en el suelo puede ser de hasta 60 días y añade

que en estudios de campo los resultados se encuentran a menudo al año siguiente". (p. 18).

Según Tejada, (2009) menciona que:

El glifosato tiene persistencia moderada con una vida media típica de 47 días (TD50, tiempo requerido para la desaparición de la mitad la cantidad inicial de una sustancia en un medio determinado). La vida media y la persistencia del glifosato en la solución del suelo es mayor en experiencias de laboratorio que en el campo debido a la ausencia de procesos de lavado. (p. 365, 373).

4.2.5 Solubilidad del glifosato.

Según Riley, (2011) menciona que:

El glifosato es soluble en agua y puede ser lavado dentro del suelo por lluvias o riego. En algunos suelos, puede unirse fuertemente a las partículas del suelo. Esto significa que no puede ser lavado más profundamente en el suelo y es menos probable que sea degradado por los microorganismos del suelo. En otros tipos de suelo, permanece móvil en el agua del suelo y puede ser lixiviado hacia drenajes y descompuesto. (p. 58).

Según Tooby (como citó en consejo Nacional de Investigación Científica y Técnicas, CONICET, 2009) menciona que:

La solubilidad del glifosato en el agua es de 10,0 a 15,7 g/l a 25 °C, (puro 11,6 g/l y sus sales en el agua sugiere que son móviles en el agua; sin embargo, la unión fuerte y rápida a los sedimentos y partículas, especialmente en aguas poco profundas y turbulentas, o en aquellas que llevan grandes cargas de partículas, remueven el glifosato de la columna de agua. (p. 17).

4.2.6 Sorción del glifosato.

Según Martín, (2011) menciona que:

La adsorción del C14 del glifosato por el suelo se adsorbe más fácilmente en un suelo arcillo-limoso que en un suelo arcillo-arenoso. Las diferentes características físico-químicas de los suelos juegan un rol esencial en la adsorción del herbicida. Según estudio sobre la adsorción del glifosato en 3 suelos agrícolas representativos de una región francesa: un suelo limo-arcilloso, pH: 6,3, un suelo arcillo-limoso, pH: 7.9 y un suelo areno-limoso, pH: 5,1. Dichos autores encontraron que el incremento del pH de los suelos provoca una fuerte reducción de la adsorción del glifosato. El suelo con el pH más elevado (7,9) presentó la menor adsorción del glifosato a pesar de su alto contenido de arcillas, materia orgánica, Ca y Fe. (p. 208).

4.2.7 Volatilización del glifosato.

Según Jachetta et al (como se citó en Martín, 2011) menciona que: “Los microorganismos son los principales responsables de su descomposición, siendo la volatilización y fotodegradación casi despreciables. El glifosato puede ser trasladado dentro de la planta, vía simplasto a través de sus raíces” (p.9). Además según lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental Erradicación de Cultivos Ilícitos. 2000 establece: “Que la baja presión de vapor de Glifosato hace que en el compuesto se de una mínima o ninguna volatilidad, que la percolación de residuos en el suelo es negligible”. (p. 9).

4.2.8 Biodegradabilidad del glifosato

Según Eriksson (como se citó en Bozzo, 2010) especifica que: “El herbicida es inactivado y biodegradado por los microorganismos del suelo con tasas de degradación relacionadas con la actividad microbiana en el suelo y los factores que afectan esta actividad”. (p.29).

Según Carlise y Trevors (como se citó en Bozzo, 2010) establece: “La vida media del glifosato, depende principalmente de la actividad microbiana y no de la descomposición química o fotodescomposición”. (p.29).

Según Rueppel et al (como se citó en Bozzo, 2010): “Los metabolitos primarios y predominantes de la degradación microbiana en suelo son glioxilato y ácido aminometilfosfórico (AMPA) que eventualmente se degrada a agua, dióxido de carbono, amonio y fosfato”. (p. 30).

Según Strange et al (como se citó en Bozzo, 2010): “El glifosato presenta una persistencia moderada en el suelo y es degradado predominantemente por un proceso microbiano *cometabólico*”. (p. 30).

4.3 Tratamientos físicos y biológicos para la remediación de suelos agrícolas

4.3.1 Inyección de aire (Bioventeo), como tratamientos físico para tratar suelos contaminados.

La Agencia de Protección Ambiental (USEPA, 1995) establece que:

Bioventeo es una tecnología de remediación in situ que utiliza microorganismos para biodegradar compuestos orgánicos adsorbidos en suelos en la zona no saturada. Bioventeo aumenta la actividad de las bacterias indígenas y simula lo natural en la biodegradación in situ de hidrocarburos en el suelo mediante la inducción de flujo de aire o de oxígeno en la zona no saturada y, si es necesario, mediante la adición de nutrientes. Durante el bioventeo, el oxígeno puede ser suministrado a través de la inyección de aire residual directamente en el suelo contaminado. Bioventing principalmente ayuda a la degradación de residuos de combustible, sino que también ayuda en la degradación de compuestos orgánicos volátiles (COV) el

bioventeo sirve para proporcionar suficiente oxígeno para sostener la actividad microbiana.

Bioventeo se puede utilizar para tratar componentes biodegradables en condiciones aeróbicas; sin embargo, ha demostrado ser especialmente eficaz en la remediación de las liberaciones de los productos del petróleo como gasolina, jet combustibles, queroseno y combustible diésel. (p. 6).

4.3.2 Biorremediación de suelos agrícolas.

4.3.2.1 Definición.

Según Glazer y Nikaido (como se citó en Torres y Zuluaga, 2009) menciona que:

La biorremediación es una tecnología que utiliza el potencial metabólico de los microorganismos (fundamentalmente bacterias, pero también hongos y levaduras) para transformar contaminantes orgánicos en compuestos más simples poco o nada contaminantes, y, por tanto, se puede utilizar para limpiar terrenos o aguas contaminadas. (p. 35).

De acuerdo a Iturbe (2010) afirma que

La biorremediación es una técnica para limpiar suelos contaminados de una forma muy práctica ya que se usan a los mismos microorganismos que viven en el suelo y el subsuelo. La biorremediación usa a los microorganismos para que degraden los compuestos. (p.11).

4.3.2.2 Tipos de Biorremediación.

Según Velasco y Volke (como se citó en Toledo, 2009) menciona que:

La Biorremediación dependiendo de las necesidades y características del problema se subdivide en varias metodologías.

4.3.2.2.1 Bioaireación.

Consiste en estimular la biodegradación natural de los contaminantes de forma pasiva estimulando la actividad microbiana a través de gases, como el metano y oxígeno. Se utiliza principalmente para tratar suelos orgánicos semi volátiles o no volátiles. (pp. 57, 58).

4.3.2.2.2 Bioestimulación.

Esta estrategia radica en adicionar soluciones acuosas que contengan nutrientes como el nitrógeno y fósforo para mejorar la biodegradación de contaminantes orgánicos o para la inmovilización de los inorgánicos. Se aplica en suelos contaminados con pesticidas y se ha comprobado buenos resultados con desechos de municiones. (p. 58).

Mientras Taccaria, et al (como se citó en Ñustez, 2012) define que:

Es la estimulación de los microorganismos nativos, para activar y acelerar la degradación de contaminantes, se puede llevar a cabo con la adición de agua, oxígeno, nutrientes, aceptor de electrones, entre otros parámetros, dentro de los nutrientes se encuentran principalmente el nitrógeno y fósforo, el nitrógeno proporciona el elemento necesario para la producción de aminoácidos y enzimas, y la fuente de fósforo interviene en la formación de compuestos energéticos dentro de la célula que se utilizan en los procesos de reproducción y degradación. (p. 21).

4.3.2.2.3 Bioaumentación:

Esta técnica se aplica cuando los microorganismos de la microflora son insuficientes para degradar los contaminantes y cuando se requiere el tratamiento inmediato del sitio contaminado, consiste en la adición de una alta concentración de microorganismos vivos capaces de degradar los contaminantes. Se ha usado para tratar suelos contaminados con

insecticidas, herbicidas y con desechos con altas concentraciones de metales. (p. 58).

De acuerdo a Alexander (como se citó Loya del Angel, 2013) aclara que:

Esta técnica funciona en condiciones de laboratorio o bioreactor, pero en ambientes externos (suelo o agua) su implantación depende de una serie de factores.

- Presencia de toxinas, nutrientes y condiciones ambientales, movilidad y/o distribución de los microorganismos y la presencia de abundante materia orgánica.
- Los microorganismos añadidos deben sobrevivir a los depredadores y competir con éxito con la población autóctona antes de ocupar los nichos potenciales.
- En general, los ambientes más selectivos y la utilización de consorcios microbianos favorecen la bioaumentación. (p. 37).

4.3.2.2.4 Biolabranza:

Consiste en mezclar el suelo contaminado periódicamente con los nutrientes por medio del arado del mismo para favorecer la aereación, para optimizar la degradación las condiciones del suelo deben ser registradas constantemente. Se ha tratado con éxito los contaminantes como el diesel, lodos aceitosos, gasolina, algunos pesticidas. (p.59).

4.3.2.2.5 Compostaje.

Es un proceso biológico por medio del cual se trata los suelos contaminados mezclándolos con elementos orgánicos sólidos como paja, aserrín, estiércol y desechos agrícolas para regular la cantidad de nutrientes, aumentar la generación del calor y la aireación. (p. 59).

La FAO (2013) recalca que: “El compostaje es la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes”. (p. 23).

4.3.3 Abono orgánico bocashi.

4.3.3.1 Generalidades

Según Suquilanda, (2016) menciona que: “En realidad el Bokashi es una de las tecnologías más antiguas utilizadas por los agricultores japoneses para abonar sus suelos, pues consideran que este abono es muy seguro y eficiente ya que contiene los elementos necesarios para la nutrición de las plantas y además posee una alta carga de microorganismos benéficos”.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), (2011) menciona un concepto de bocashi: “Es un abono orgánico, rico en nutrientes necesario para el desarrollo de los cultivos; que se obtiene a partir de la fermentación de materiales secos convenientemente mezclados”. (p. 8).

4.3.3.2 Principales aportes de ingredientes utilizados en la producción del bocashi

La FAO, (2016) puntualiza que:

La elaboración de este tipo de abono, dependerá del lugar y tipo de terreno donde va a ser empleado, de los materiales disponibles en la zona, y de los cultivos que serán fertilizados. Se deben usar materiales altos en fibra, para poder así mantener los suelos más sueltos, lo que nos va a ayudar a obtener

mejor infiltración de las aguas y del aire, con este tipo de materiales también buscamos que los abonos sean ricos en carbono y bajos en nitrógeno. (p. 9).

Según Suquilanda, (2016) menciona que:

- **El carbón:** Mejora las características físicas del suelo, propiciando su aireación, absorción de humedad y calor. Su porosidad beneficia la actividad macro y micro biológica de la tierra, actuando como una esponja capaz de absorber, retener, filtrar y liberar gradualmente nutrimentos útiles para la plantas, disminuyendo la pérdida por lavado de estos en el suelo.
- **Los estiércoles:** constituyen la principal fuente de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. La calidad de estas fuentes de nutrimentos depende de su origen, de la alimentación que reciban los animales y del destino que se dé a éstos. De la experiencia de muchos agricultores, se conoce que el mejor estiércol para la fabricación de abonos orgánicos es la gallinaza, es decir el estiércol que se origina de la cría de gallinas ponedoras bajo techo y con piso cubierto, como también de jaula.
- **La cascarilla de arroz:** cumple el papel de mejorar las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, absorción de la humedad y la filtración de los nutrimentos. Beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra al mismo tiempo que posibilita y estimula el desarrollo uniforme y abundante de las raíces de las plantas. Por otra parte la cascarilla de arroz, es una fuente rica en sílice, lo que imprime en los vegetales una mayor resistencia contra el ataque de insectos plaga, nematodos y microorganismos patógenos.
- **El polvillo de arroz (afrecho o pulidura):** Posibilita en alto grado el proceso de fermentación del abono, favoreciendo la proliferación de las bacterias ácido-lácticas, aporta nitrógeno, es muy rica en otros nutrimentos tales como: fósforo, potasio, calcio y magnesio, como también en vitaminas y aminoácidos.

- **Melaza, miel de caña o de panela:** Es la principal fuente de energía para la fermentación de los ingredientes que se emplean en la fabricación del bokashi, favorece la multiplicación de la actividad microbiológica. Es rica en nutrimentos tales como potasio, calcio, magnesio, conteniendo además oligoelementos como el boro.
- **Tierra de bosque o tierra negra:** Su función es otorgarle homogeneidad física al abono y distribuir su humedad; con su volumen, se aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbiológica del abono y consecuentemente se logra una buena fermentación.
- **Carbonato de calcio (cal agrícola):** La finalidad de este ingrediente es neutralizar los excesos de acidez que suelen presentarse durante el proceso de fermentación en algunos de los ingredientes utilizados en la fabricación del bokashi. Alternativamente al uso de la cal agrícola, se puede utilizar ceniza vegetal, con lo que también se incorpora el elemento potasio.
- **El agua:** Tiene la función de homogenizar todos los ingredientes utilizados en la fabricación del bokashi, creando las condiciones ideales para un buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica. Para la elaboración de abonos orgánicos fermentados se recomienda no utilizar agua que contenga cloro.
- **Los agentes microbiológicos eficientes (EM):** Siempre será necesario que las inoculaciones de agentes microbiológicos eficientes EM, se las haga acompañadas de melaza (250 ml de EM + 250 ml de melaza en 20 litros de agua, por cada metro cúbico de ingredientes en fermentación) a fin de facilitar energía que posibilite la reproducción acelerada de los microorganismos inoculados.

4.3.3.3 Principales factores que afectan el proceso de la elaboración de los abonos orgánico.

Según la FAO, (2011) menciona los factores que pueden afectar en la elaboración del abono:

4.3.3.3.1 Temperatura.

Está en función del incremento de la actividad microbiológica del abono, que comienza después de la etapa de la mezcla de todos los ingredientes. Aproximadamente, después de catorce horas de haberlo preparado, el abono debe presentar temperaturas que pueden superar fácilmente los 50 °C, lo que es una buena señal para continuar con las demás etapas del proceso. La actividad microbiológica puede ser perjudicada por la falta de oxigenación y el exceso o escasez de humedad.

4.3.3.3.2 Ph.

La elaboración de este tipo de abono requiere que el pH oscile entre un 6 y un 7,5, ya que los valores extremos inhiben la actividad microbiológica durante el proceso de la degradación de los materiales. Sin embargo, al inicio de la fermentación el pH es bien bajo, pero gradualmente se va auto-corrigiendo con la evolución de la fermentación o maduración del abono.

4.3.3.3.3 Humedad.

La humedad óptima para lograr la máxima eficiencia del proceso de la fermentación del abono, oscila entre el 50% y el 60% (en peso) o sea, los materiales están vinculados a una fase de oxidación. Cuando la humedad es inferior al 35%, se da una descomposición aeróbica muy lenta de los materiales orgánicos que hacen parte del compuesto.

4.3.3.3.4 La aireación.

La presencia del oxígeno o una buena aireación es necesaria para que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación del abono. Se calcula que como mínimo debe existir de un 5% a un 10% de concentración de oxígeno en los macro poros de la masa. Sin embargo, cuando el micro poro se encuentran en estado anaeróbico (sin oxígeno) debido a un exceso de humedad, ello puede perjudicar la aireación del proceso y, en consecuencia, se obtiene un producto de mala calidad.

4.3.3.3.5 Relación carbono-nitrógeno.

La relación teórica e ideal para la fabricación de un buen abono de rápida fermentación se calcula que es de 1 a 25-35. Las relaciones menores pueden resultar en pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización; por otro lado, relaciones mayores resultan en una fermentación y descomposición más lenta, y que en muchos casos es conveniente. (p 3).

4.3.4 Biopilas.

4.3.4.1 Definición.

Según Maroto & Rogel, (s/f) menciona que: “La técnica de biopilas es un tratamiento de biorrecuperación de tipo “ex situ” en condiciones no saturadas, consistentes en la reducción de la concentración de contaminantes derivados del petróleo en suelos excavados mediante el uso de la biodegradación”. (p. 300).

4.3.4.2 Tipos de sistemas de biopilas.

Según Eweis, (como se citó en Gaceta Ecologica, 2003) menciona que:

El sistema de biopilas depende, principalmente, de las condiciones climáticas y de la estructura de los compuestos orgánicos volátiles presentes en el suelo

contaminado. Generalmente las biopilas se diseñan como sistemas cerrados, lo que permite mantener la temperatura y evitar la saturación de agua debido a lluvias, además de disminuir la evaporación de agua y de compuestos orgánicos volátiles. (p. 45).

Dos de los sistemas de biopilas más empleados son:

4.3.4.2.1 *Biopilas alargadas.*

Según Sellers *et al.*, (como se citó en Gaceta Ecológica, 2003) menciona que:

En éste, el material a compostear se apila sobre una plataforma en montones alargados. En este tipo de biopila, la aireación se realiza mediante el mezclado manual o mecánico de la composta, proceso que a su vez permite homogeneizar la temperatura. El mezclado de la composta proporciona una mayor distribución y facilita la biodegradación de los contaminantes, ya que facilite la homogeneización de los nutrientes, agua, aire, contaminantes y microorganismos. La frecuencia del mezclado de la pila depende de la actividad microbiana, que generalmente puede determinarse por el perfil de la temperatura en la composta que puede realizarse una vez al día (EPA 1995) o bien una vez al mes. (p. 45).

4.3.4.2.2 *Biopilas estáticas.*

Según Eweis, (como se citó en Gaceta Ecológica, 2003) menciona que:

A diferencia del caso anterior, las biopilas estáticas necesitan mezclarse mecánicamente, ya que la aireación y homogeneización del calor en la composta se lleva a cabo por medio de un sistema de inyección (compresor) o extracción (vacío) de aire, mediante tubos colocados en la base alineados paralelamente a lo largo de la pila.

El uso de un sistema de inyección o extracción de aire en este tipo de biopila, permite el control manual o automático de la velocidad del flujo de aire que provee de oxígeno al proceso de composteo, permitiendo así establecer una

relación entre el flujo de aire y la actividad microbiana a través del tiempo. (p. 45, 46).

4.4 Estudios realizados para la remediación de suelos con bocashi

4.4.1 Tolerancia y degradación del glifosato por bacterias aisladas de suelos con aplicaciones frecuentes de roundup sl.

Según el estudio realizado por Martínez, Bernal, Agudelo y Bernier (2012) menciona que:

A las 264 horas se observan diferencias significativas en los porcentajes de degradación ($P= 0,004$), siendo los mejores tratamientos de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan *P. fluorescens* (59,2%), *P. aeruginosa* + *P. fluorescens* (56,7%) y *P. fluorescens* + *Flavimonas oryzihabitans* + *Burkholderia gladioli* (51,9%).

En estudios posteriores de biorremediación de este herbicida a altas concentraciones, sería aconsejable ensayar los consorcios bacterianos ya que crecieron con concentraciones de glifosato de 20 y 30 %, mientras que *P. fluorescens* sólo tolero un 2 % del compuesto; demostrando la existencia de sinergismo entre las bacterias para potenciar su acción degradadora.

El papel de las bacterias edáficas en la degradación, tolerancia y afinidad al glifosato en suelos con uso frecuente del herbicida Roundup ® SL se comprobó en esta investigación donde los microorganismos utilizaron el glifosato como única fuente de carbono y actuaron sinérgicamente para resistir hasta un 30 % del herbicida resultando promisorio su uso en programas de bioremediación. (pp. 7, 8).

4.5 Marco legal

4.5.1 Constitución de la República del Ecuador 2008.

Según la Constitución, (2008) Capítulo segundo, Sección segunda: Ambiente sano menciona que:

Art. 14.- La población tiene que coexistir en un ambiente sano, es decir en un ecosistema equilibrado, de esta manera se garantiza la sostenibilidad y el buen vivir, denominado *sumak kawsay*

Es de interés público el manejo y la conservación del medio ambiente y su integridad, de esta manera se evitar el daño al ambiente y a la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, la aplicación de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas que no contaminan, generando un bajo impacto al ambiente. La soberanía energética no afectará a la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el uso de cualquier tipo de tecnología o producción inadecuada que atenten con la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado deberá establecer

mecanismos de remediación más eficaces para la restauración, y establecerá las medidas adecuadas para eliminar o mitigar los impactos nocivos al ambiente.

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán como obligación las siguientes competencias sin perjuicio de otras que determine la ley:

Planificar el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural.

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

Literal 4: Mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

Art. 410.- El Estado brindará ayuda a los agricultores y a las comunidades rurales programas de conservación y restauración de los suelos, así como técnicas para el desarrollo de prácticas agroecológicas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria. (p 135, 181).

4.5.2 Ley de la Prevención y Contaminación Ambiental.

Según el Consejo Supremo de Gobierno en la Ley de Prevención y Contaminación ambiental en el capítulo VII de la prevención y Control de la

Contaminación de los Suelos, Decreto Supremo No. 374. RO/ 97 de 31 de Mayo de 1976, en los artículos:

Art. 20.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y relaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

Art. 22.- El Ministerio de Agricultura y Ganadería limitará, regulará, o prohibirá el empleo de sustancias, tales como plaguicidas, herbicidas, fertilizantes desfoliadores, detergentes, materiales radioactivos y otros, cuyo uso pueda causar contaminación.

Según el Congreso Nacional del Ecuador (2004), en la Ley de Desarrollo Agrario menciona los siguientes artículos:

Art. 18.- El Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través de sus organismos especializados, adoptará las medidas aconsejadas por las consideraciones ecológicas que garanticen la utilización racional del suelo y exigirá que las personas naturales o jurídicas que realicen actividades agrícolas, pecuarias, forestales u obras de infraestructura que afecten negativamente a los suelos, adopten las medidas de conservación y recuperación que, con los debidos fundamentos técnicos y científicos, determinen las autoridades competentes.

Art. 19.- El Ministerio de Agricultura y Ganadería podrá ordenar la suspensión de las tareas y obras de qué trata el artículo anterior, que ejecutaren personas naturales o jurídicas, si tales tareas y obras pudieren determinar deterioro de los suelos o afectar a los sistemas ecológicos.

Art. 25.- La tierra cumple su función social cuando está en producción y explotación, se conservan adecuadamente los recursos naturales renovables y se brinda protección al ecosistema, se garantiza la alimentación para todos los ecuatorianos y se generan excedentes para la exportación.

4.5.3 Ley orgánica Acuerdo ministerial 028.

La reforma a la normativa ambiental vigente, emitida por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, (2015) establece las siguientes resoluciones:

4.5.3.1 De las actividades que degradan la calidad del suelo.

Se prohíbe el vertido de las aguas residuales provenientes del tratamiento de lavado de envases o recipientes pesticidas que han sido utilizados, sobre el suelo. Se permitirá la aplicación técnica del agua de triple lavado en cultivos que así lo requieran.

Los productores agrícolas, están en la obligación de utilizar técnicas amigables que no degraden la calidad del suelo agrícola, así como deberán implementar procedimientos técnicos respecto al uso racional de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, este tipo de productos deberán tener un manejo adecuado, para ello adoptaran buenas prácticas y métodos establecidos en las Normas Técnicas y Reglamentos aplicables y vigentes en el país. (p. 114).

4.5.3.2 Criterios de calidad del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados.

Según el MAE, (2015) menciona sobre los criterios de calidad y remediación del suelo:

4.5.3.2.1 Criterios de calidad del suelo.

Los criterios de calidad del suelo son valores de fondo aproximados o límites analíticos de detección para un contaminante presente en el suelo. Los valores de fondo se refieren a los niveles ambientales representativos para un contaminante en el suelo. Estos valores pueden ser el resultado de la

evolución natural del área, a partir de sus características geológicas, sin influencia de actividades antropogénicas. Ver tabla 1. (p 116).

Tabla 4. *Criterios de calidad del suelo.*

Parámetro	Unidades (Concentración en peso seco de suelo)	Valor
Parámetros Generales		
Conductividad	uS/m	200
pH		6 a 8
Relacion de adsorción de sodio (índice SAR)		4

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2015

5 MATERIALES Y METODOS

5.1 Materiales

A continuación se mencionan los materiales y equipos básicos que se utilizó para la realización del proyecto.

5.1.1 Materiales de Campo.

5.1.1.1 Herramientas.

- Barreta
- Pala
- Flexómetro
- Sacos de yute
- Martillo.
- Calvos

5.1.1.2 Materiales de instalación y construcción.

- Tuvo pvs a presión de ½ pul, codos de ½.
- Listones de madera.
- Plástico negro.
- Compresor.

5.1.1.3 Equipos.

- GPS.
- Fundas Ziploc.
- Cámara fotográfica.

- Libreta y etiquetas.
- Guantes quirúrgicos.
- Mascarilla

5.1.2 Materiales de Oficina.

- Computadora, impresora, calculadora.
- Esferográficos.
- Hojas de papel bond A4.
- Flash memory, CD's

5.2 Métodos

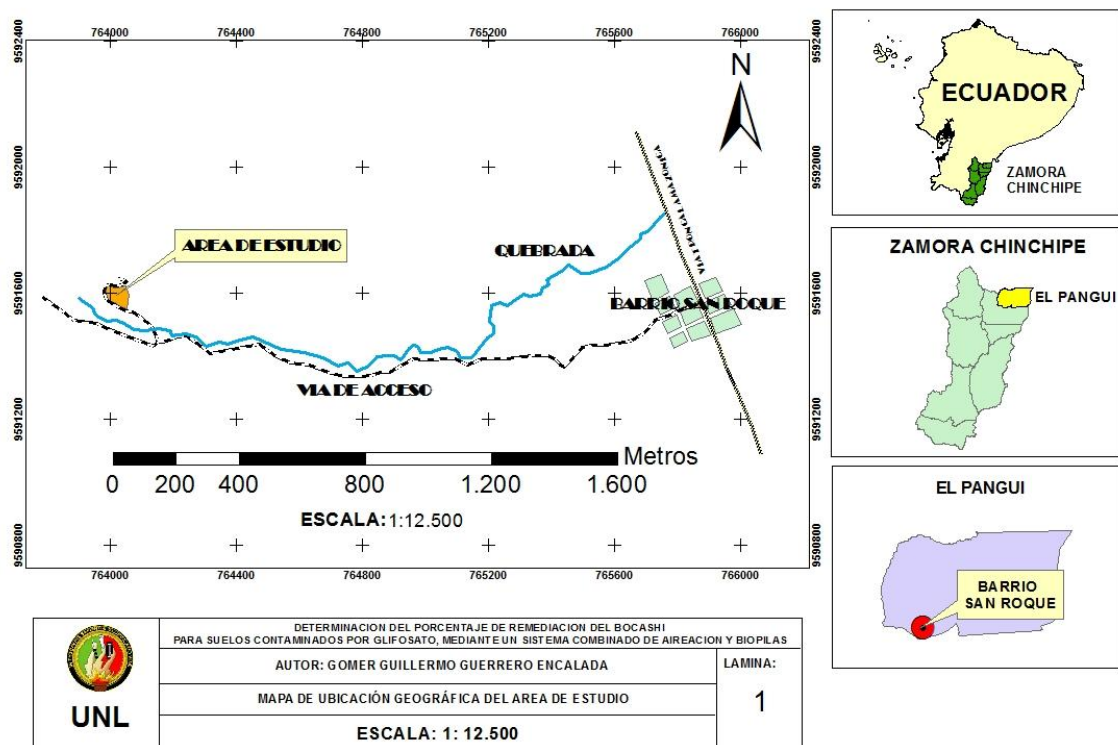
5.2.1 Ubicación política y geográfica de la zona de estudio.

5.2.1.1 Ubicación política.

El barrio San Roque se encuentra ubicado al sur del Ecuador, en la provincia de Zamora Chinchipe a 5 km aproximadamente del cantón El Pangui, en la parroquia Pachicutza. El barrio San Roque se encuentra limitada por los siguientes barrios:

- Al Norte: Buena Fe, Catacocha y La Delicia.
- Al Este: Catacocha, Reina del Cisne y La Delicia.
- Al Oeste: Primavera y San Francisco.
- Al Sur: Primavera.

A continuación se muestra el mapa de ubicación del proyecto, en el cual se detalla la ubicación exacta.



Mapa 1. Ubicación geográfica del área del estudio.

5.2.1.2 Ubicación geográfica.

El área donde se realizó la investigación se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas UTM: X: 0764019 Y: 9591658.

5.3 Aspectos biofísicos y climáticos

5.3.1 Clima.

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia rural de Pachicutza, 2012-2021 menciona que: “El 43.57% del territorio de la parroquia Pachicutza, consta con este tipo de Bioclima Húmedo Sub Tropical. La característica principal de éste tipo de bioclimas, es que tiene lluvias moderadas en la mayor parte del año”. (p. 46).

5.3.2 Precipitación media anual.

“El rango de precipitación media anual es de 1750 a 2000 mm”. (GAD de la Parroquia Rural de Pachicutza, 2012-2021, p. 49).

5.3.3 Isotermas.

“Posee un solo nivel de Isotermas, lo que indica que tiene un solo nivel de temperatura promedio, que es de 20 a 22°C”. (GAD Parroquial de Pachicutza, 2012-2021, p. 52).

5.3.4 Hidrología.

Según el GAD Parroquial de Pachicutza, (2012-2021) menciona que:

La parroquia Pachicutza cuenta con aproximadamente 149785 metros de cauce de agua dulce, distribuidos en 53 cauces de agua tales como vertientes, quebradas medias y quebradas grandes, de los cuales aproximadamente 28000 metros de cauce se encuentran compartidos por las diferentes microcuencas que tiene la parroquia con otras parroquias como por ejemplo la quebrada Padmi Sur que comparte con la parroquia de Los Encuentros, que pertenece al cantón de Yantzaza. (pp. 73, 74).

5.4 Planteamiento de hipótesis

5.4.1 Hipótesis nula de la investigación.

La remediación del suelo contaminado por glifosato, no depende del porcentaje remediador del bocashi, mediante el sistema combinado de aireación y bioplias.

5.4.2 Hipótesis Alternativa.

La remediación del suelo contaminado por glifosato, depende de la aplicación del bocashi, mediante un sistema combinado de aireación y biopilas.

5.4.3 Prueba del Chi Cuadrado.

La prueba de chi cuadrado se utilizó para determinar si existe la relación entre las variables, de esta manera podremos aceptar o no la hipótesis, para ello se utilizó la siguiente formula:

$$X^2 = \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe}$$

Donde:

X^2 = Chi cuadrado

Fo= Frecuencia observada

Fe= Frecuencia esperada

5.5 Operacionalización de las variables

- **Enfoque:** Cualitativo.
- **Alcance del estudio:** Correlacional.

Se estableció un enfoque cualitativo, debido a la recolección de datos de tipo observatorio y descriptivo, con el fin de descubrir el comportamiento de los experimentos.

Es correlacional por la formulación de hipótesis correlacionales, por las variables presentes en el estudio, como se muestra a continuación:

5.5.1 Variable independiente.

Potencial remediador del bocashi, mediante un sistema combinado de aireación y biopilas.

- **Indicador de la variable:** porcentaje de descontaminación y análisis de laboratorio

5.5.2 Variable dependiente.

Porcentaje de descontaminación del suelo contaminado por glifosato.

- **Indicador de la variable:** análisis químico en el laboratorio.

5.6 Metodología para el primer objetivo

Diagnosticar los factores socioeconómicos y ambientales en suelos contaminados por glifosato en cultivos asociados de café y cacao en el barrio San Ronque.

5.6.1 Características de la zona de estudio.

Para conocer el estado actual del área de estudio, se recopiló información directamente con los propietarios de las fincas, para ello se elaboró una encuesta con todos los datos necesarios (ver anexo 1), permitiendo de esta manera conocer el estado socioeconómico de la población.

Para determinar la caracterización socioeconómica del barrio San Roque se consideró las 45 fincas existentes, de las cuales se obtuvo una muestra basándonos en la literatura descrita por Pineda, Alvarado, y Canales, (1994) quienes sustentan que:

Lo importante no es la proporción que la muestra representa del total del universo, sino el tamaño absoluto de la muestra. Por ejemplo, si se tiene una población de 100 individuos habrá que tomar por lo menos el 30% para tener menos de 30 casos, que es lo mínimo recomendado para no caer en la categoría de muestra pequeña. Pero si la población fuese de 50000 individuos, una muestra del 30% representaría 15000; 10% será 5000 casos y 1% dará una muestra de 500. En este caso es evidente que una muestra de 1% o menos podrá ser adecuada para cualquier tipo de análisis que se desee realizar (p. 119).

Dado este análisis se calculó el 30% de la población total de fincas (45 fincas) obteniendo como resultado 14 fincas.

5.6.2 Aplicación de las encuestas.

Una vez que se determinó el número de fincas a encuestar se procedió aplicar las encuestas a cada una de las fincas, permitiendo de esta manera obtener información relevante para el estudio, luego se procedió a la sistematización.

Para la caracterización del suelo se realizó un protocolo de muestreo como se presenta a continuación:

5.6.3 Protocolo de muestreo.

5.6.3.1 Delimitación del área a muestrear.

Para la delimitación del área a muestrear se hizo un recorrido por la finca identificando el área contaminada, una vez ya identificada se procedió delimitar y tomar coordenadas UTM, con los puntos recolectados se realizó un mapa detallando todas las características de la zona de estudio, para ello se utilizó el software arcgis.

Es preciso mencionar que se realizó una contaminación artificial, el motivo es de asegurar la presencia de glifosato en el suelo, es por ello que se extrajo 4 sacos de 100 lb con una cantidad de 45 kg, dando como resultado un total de 180 kg de suelo extraído del área delimitada, luego se dispersó el material extraído dando una área de 6 m^2 , posterior a ello se procedió a realizar la contaminación, para ello se tomó como referencia la literatura investigada por el autor en la cual menciona que la dosis recomendada para la aplicación del glifosato en 1 ha es de 4 litro (Anexo 2), por esta razón se adicionó 2,5 cc de glifosato en una bomba que contenía 15 l de agua, en donde se dispersó en los 6 m^2 de suelo extraído, realizando volteos para una mejor homogeneidad del sustrato.



Fotografía 1. *Recolección del suelo para su contaminación.*

5.6.3.2 *Tipo de muestreo.*

Se aplicó un muestreo a juicio, se lo tomo de esta manera por la contaminación artificial que se realizó, donde la dispersión del contaminante en el suelo fue homogéneo, por esta razón no hubo la necesidad de realizar otro tipo de muestreo, porque el suelo estuvo contaminado en su totalidad.

5.6.3.3 *Identificación de puntos a muestrear.*

Del suelo contaminado artificialmente se tomaron 3 sub-muestras, en lugares distintos cada uno con una cantidad de 1kg, dando como resultado 3 kg de suelo, se mezcló, se hizo método de cuarteo y por último se tomó una muestra compuesta de 1kg de suelo.

5.6.3.4 Tipo de muestra.

La muestra fue compuesta, producto del mezclado de las sub-muestras tomadas en 3 lugares distintos del suelo contaminado.

Para obtener la muestra compuesta se realizó por el método de cuarteo, para ello se homogenizó las 3 sub-muestras escogidas en un solo montón, luego se dividió en 4 partes iguales donde se tomaron 2 partes de la división y se volvió a realizar el mismo procedimiento anterior hasta obtener la cantidad requerida para el análisis del laboratorio.

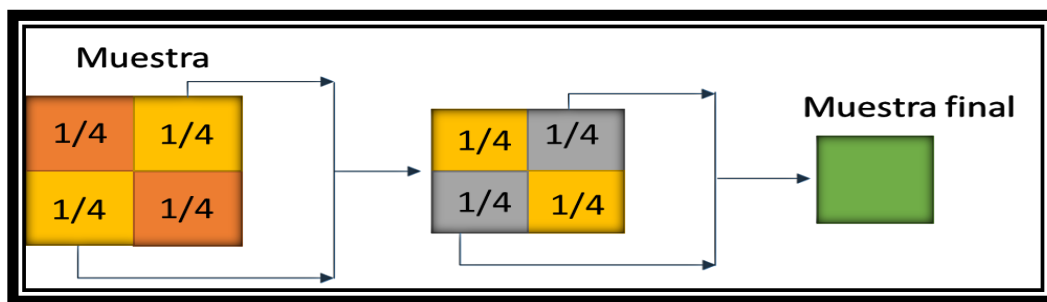


Figura 1. Método de cuarteo.

5.6.3.5 Tipo de recipiente y conservación de las muestras.

La muestra se depositó en una funda hermética ziploc para evitar la alteración de las propiedades físicas y químicas del suelo durante el transporte de la muestra al laboratorio.

5.6.3.6 Recolección de la muestra.

Las 3 sub-muestras mencionadas anteriormente se las tomo de la siguiente manera: se retiró cualquier residuo que pueda alterar la muestra (raíces, piedras, etc), seguidamente se procedió a tomar las sub muestras con una espátula, luego se procedió a mezclar para obtener una muestra compuesta, y por último se colocó en una funda hermética ziploc con un peso de 1kg.



Fotografía 2. Recolección de la muestra.

5.6.3.7 Etiquetado de la muestra.

La muestra se la etiquetó con la siguiente información (Ver anexo 3):

- Fecha
- El código

- La cantidad
- Coordinadas
- El responsable

5.6.3.8 Parámetros analizar en el laboratorio.

Los parámetros que se analizaron son los siguientes:

- **Parámetros físicos:** materia orgánica, textura y humedad
- **Parámetros químicos:** pH, glifosato, nitrógeno, potasio y fosforo.

5.6.3.9 Envío de muestras al laboratorio.

La muestra recolectada se la envió al laboratorio de Qualyterra Servicios Ambientales S. A (A.G.Q) Labs-Guayaquil, para el análisis físico y químico, tomando las medidas adecuadas para el transporte de las mismas.

5.6.3.10 Comparación de los resultados.

Los parámetros físicos y químicos se compararon e interpretaron con la normativa legal vigente del MAE como es el acuerdo ministerial 028, Tabla 1 criterios de calidad del suelo, lo estipulado por Iñiguez, 2010 y por USDA, 2011, pero para el glifosato solo se comparó a través del porcentaje de remediación del suelo, por cuanto no existe parámetros establecidos en la normativa ante tal evaluación.

5.7 Metodología para el segundo objetivo

Determinar el porcentaje remediador del bocashi en el suelo contaminado con glifosato, mediante un sistema de aireación en el barrio San Ronque, parroquia Pachicutza, cantón El Pangui, provincia Zamora Chinchipe.

El ensayo experimental fue ex situ, lo cual quiere decir que el material se lo transportó del barrio San Roque a la ciudad de Zamora, para dar un seguimiento constante al tratamiento.

Para el procesamiento del bocashi y para la ubicación del suelo contaminado se construyó una caseta con zangas a los lados, con el fin de evitar que el agua de la lluvia ingrese.

5.7.1 Diseño del experimento.

El diseño fue de tipo experimental con un tratamiento: suelo contaminado + bocashi + el sistema de aireación y la testigo, cada una con 1 repetición como se presenta a continuación:

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos.

Tratamientos	Aplicación
T1	Suelo contaminado + bocashi y el sistema de aireación.
Testigo	Suelo contaminado

5.7.2 Construcción del experimento.

Se estableció una área de 35 m^2 donde se construyó 4 parcelas de $1 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ y una altura de 0.3 m donde se ubicó los tratamientos con sus repeticiones, en cada parcela se ubicó plástico en la parte inferior para evitar que el contaminante se infiltre en el suelo.

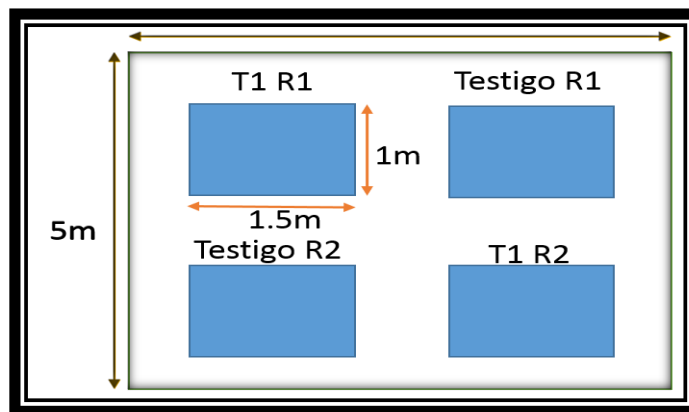


Figura 2. Distribución de los tratamientos y sus repeticiones.

Donde:

T1R1: Suelo contaminado + la técnica de biopilas (bocashi) y el sistema de aireación.

T1R2: Suelo contaminado + la técnica de biopilas (bocashi) y el sistema de aireación.

Testigo R1: La testigo (suelo contaminado) repetición 1.

Testigo R2: La testigo (suelo contaminado) repetición 2.

5.7.3 Tratamiento 1.

5.7.3.1 *Elaboración del bocashi.*

Para la elaboración de 40 kg de bocashi se utilizó los materiales propuesto por Suquilanda, (2016), los cuales son:

Cuadro 2. *Materiales y herramientas para la elaboración del bocashi.*

Cantidad	Material	Descripción
11 kg	Estiércol de cuy	Fuente de nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, zinc, cobre y boro
8 Kg	Pulpa del café	Beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, fuente rica de sílice
13 kg	Raquis de banano	Proliferación de bacterias acido-lacticas, N, P, K, Mg, vitaminas y aminoácidos.
5 kg	Tierra de bosque	Otorga la homogeneidad física al abono y distribuir su humedad, proporciona el medio para el desarrollo de la actividad microbiológica del

		abono y una buena fermentación.
2 kg	Carbón molido	Promociona su aireación, absorción de humedad y calor, también beneficia la actividad macro y micro biología de la tierra
2 kg	Roca fosfórica	Aumentar el pH del suelo por que contiene una cantidad importante de carbonatos libres, disminuyendo de esta manera la acidez del suelo y la toxicidad del Al
0,11 onzas	Levadura para pan	Acelera los procesos de fermentación
0,5 litros	Melaza	Fuente de energía para la fermentación y multiplica la actividad microbiológica.
2 Litros	Agua	Homogenizar los ingredientes y crea condiciones ideales para un buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica

Herramientas.		
1	Carretilla	
2	Palas	
1	Machete	
1	Plástico grande	

5.7.3.1.1 Proceso.

Para la elaboración del bocashi se aplicó la siguiente metodología:

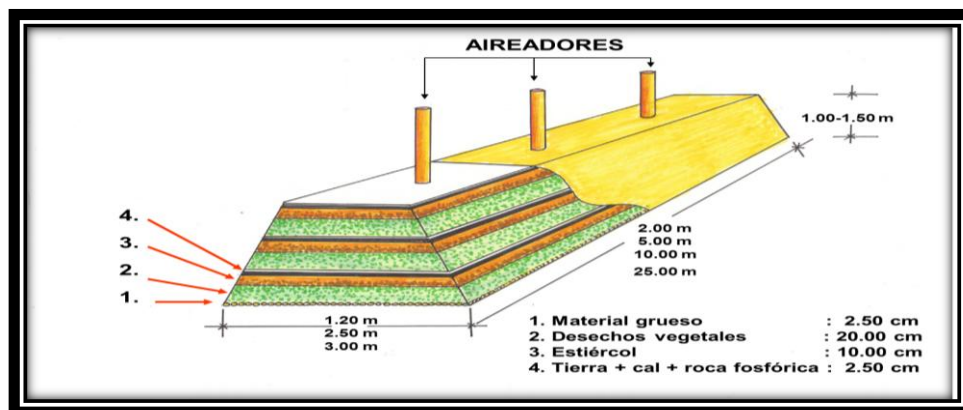


Figura 3. Distribución de capas de una biopila.

1. Para la elaboración del bocashi se procedió a recolectar los materiales descritos anteriormente, parte del material se recogió en la misma zona como es el estiércol de cuy, la tierra de bosque, la melaza, el carbón y la levadura de pan, en cuanto a la roca fosfórica y la pulpa de café se obtuvo de Loja y el raquis de banano se lo recolectó del mercado Municipal de Zamora. Una vez recolectados los materiales se procedió

a triturar el raquis de banano y el carbón para una fermentación más rápida.

2. Luego se colocaron los materiales en cantidades específicas formando una pila con capas de diferentes componentes. La Primera capa fue el pinzote de banano triturado, seguidamente se agregó una capa de tierra de bosque, inmediatamente se agregó una capa de estiércol de cuy, después se colocó el carbón molido, la pulpa de café y finalmente la roca fosfórica. Para la activación de los microorganismos, en un recipiente de plástico de 8 litros de agua se mezcló la levadura y la melaza, aplicando en cada capa para mantener la humedad del abono, que es indispensable para la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos.
3. Culminado la colocación de las capas, se procedió a realizar la mezcla de todos los materiales humedeciendo con la solución preparada para la activación de microorganismos
4. Se extendió la mezcla formando un montón de 1,50 m de ancho x 0,70m de alto y por el largo 3 m. Se procuró que el montículo este siempre humedecido.
5. A partir de ese punto se realizó volteos constantes en los 3 primeros días dos veces al día y los demás días se redujo a una sola vez cada día, hasta los 21 días, con el objetivo de mantener una temperatura adecuada por debajo de los 60 °C. Se cubrió con sacos la primera semana durante el proceso de fermentación del bocashi con la finalidad

de acelerar la fermentación. La temperatura, la humedad y el pH se monitoreó constantemente, para ello se utilizó un aparato multifuncional (instrumento de estudio), con ello se verifico que la temperatura se encuentre en un rango de 40 – 50 °C, por cuanto no es recomendable que la temperatura sobrepase los 50° C (cincuenta grados centígrados), la humedad también se controló, manteniéndolo entre un rango de 60 – 80% que es lo más recomendable y el ph se lo mantuvo en un rango de 6 o 7 con el fin de fermentar adecuadamente la materia orgánica.

6. Entre los 20 y 21 días de fermentación del bocashi alcanzo su maduración y su temperatura era igual a la temperatura ambiente, indicando que está listo para su aplicación.



Fotografía 3. *Elaboración del bocashi.*

5.7.3.2 Análisis del abono.

Una vez terminado la fermentación del bocashi, se procedió a tomar una muestra, para ello se recolectó 1kg y se ubicó en una funda hermética ziploc con el respectivo etiquetado. Posteriormente se envió al laboratorio del INIAP para su respectivo análisis, los parámetros analizar fueron: N, F, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, Ph, Textura y M.O



Fotografía 4. *Muestra de abono.*

5.7.3.3 Material de la muestra del bocashi y suelo contaminado.

Se recolectó 20 kg de bocashi y 50 kg de suelo contaminado, de acuerdo a la relación 29/71, es decir 29 % de abono y 71 % de suelo contaminado, una vez recolectado se procedió a mezclar los sustratos homogéneamente, después se colocó el sustrato mezclado a la parcela destinada para el tratamiento, del mismo

modo se recolectó 20 kg más de bocashi y 50 kg de suelo contaminado, se hizo la remoción y se colocó en la otra parcela siendo la repetición del tratamiento.

5.7.3.4 Testigo.

Para las testigos se colocó 40 kg de suelo contaminado en cada una de las dos parcelas, las testigos tienen como fin conocer si de manera natural la presencia del glifosato en el suelo disminuye, la cual permitió hacer una comparación con el tratamiento y su repetición.

5.7.3.5 Construcción del sistema de aireación.

El sistema de aireación consistió en un tubo principal conectado al compresor de 2 HP con una presión de 120 kpa, en donde los extremos del tubo principal se instalaron más ramificaciones (tubos) en la parte inferior de las dos parcelas (tratamiento y repetición).

Cada uno de los tubos ubicados en la parte inferior de las parcelas tenían un largo de 1.5 m, donde se hicieron orificios mediante la perforación de un clavo de 2,5 pulgadas a una distancia entre sí de 15 cm, permitiendo que el aire fluya en el sustrato dentro de la parcela, mejorando la aireación de los microorganismos para una degradación eficiente del glifosato. Como se puede ver la figura 4.

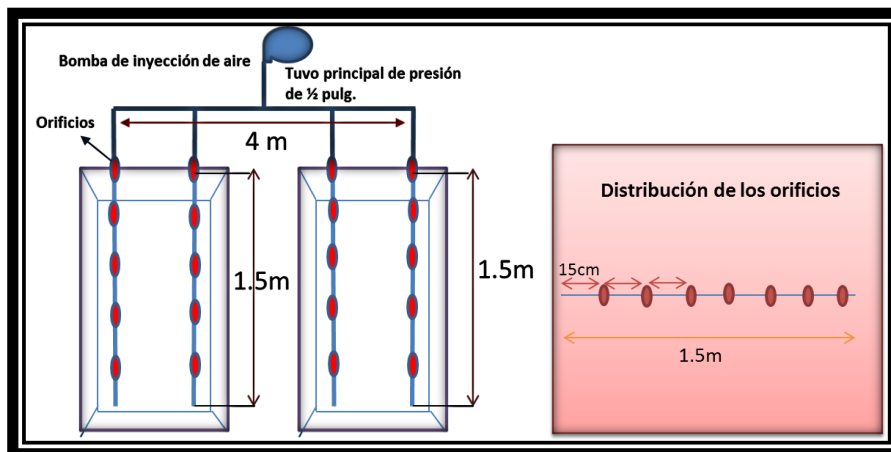


Figura 4. Sistema de Aireación.

5.7.3.6 Control y seguimiento.

El control y seguimiento se la realizó cada 15 días durante 3 meses a partir de la implementación de los tratamientos, por ello se utilizó una ficha técnica (Ver anexo 4) que contenía las siguientes especificaciones: temperatura, pH, presencia de microorganismos vivos como lombrices y cien pies. Para realizar la medición se utilizó un aparato multifuncional (instrumento de estudio de suelos), lo que permitió ir registrando los cambios de temperatura, humedad, y ph, cada vez que se registraba cambios de temperatura y humedad se corregía a través del suministro de agua, en cuanto al pH se verificaba que este entre un rango de 6 – 7, la oxigenación se realizó todos los días una sola vez durante una hora a partir de las 16H00 pm, además se realizaba mantenimiento al sistema de aireación, verificando que los orificios no estén obstaculizados.

5.7.3.7 Recolección de muestras.

Una vez concluido el ensayo experimental se procedió a tomar las muestras de suelo de cada una de la parcelas (testigos y tratamientos), para ello se recogió una sub - muestras del T1 R1 y del T1 R2 en las esquinas y en la parte central de las

parcelas cada una con peso de 1kg de suelo, posteriormente se realizó el método de cuarteo obteniendo una muestra compuesta de un 1kg, después se colocó en una funda hermética ziploc, el mismo procedimiento se hizo con las 2 testigos. Finalmente se obtuvo 2 muestras compuestas que corresponden a: 1 muestra compuesta del tratamiento con su repetición y 1 muestra compuesta de las testigos.

5.7.3.8 *Envío de las muestra al laboratorio.*

Las muestras compuestas se enviaron al laboratorio de Qualyterra Servicios Ambientales S. A (A.G.Q) Labs-Guayaquil para sus respectivos análisis químicos y físicos.

5.7.3.9 *Interpretación de los resultados.*

Con los resultados obtenidos del laboratorio se procedió a determinar el porcentaje de descontaminación del suelo, para ello se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ de Eficiencia de remediación} = \frac{\text{Contaminado de Entrada} - \text{Contaminado de Salida}}{\text{Contaminado de Entrada}} * 100$$

Una vez determinado el porcentaje de remediación se realizó un análisis de los resultados, comprando los resultados entre la muestra inicial y la muestra final del tratamiento con su repetición y las testigos.

5.8 Metodología del tercer objetivo

Determinar el costo de la remediación del bocashi en el suelo contaminado con glifosato, mediante un sistema combinado de aireación y biopilas en el barrio San Ronque.

6 RESULTADOS

6.1 Resultado del primer objetivo: Diagnosticar los factores socioeconómicos y ambientales en suelos contaminados por glifosato en cultivos asociados de café y cacao en el barrio San Ronque

6.1.1 Diagnóstico de las fincas.

De la muestra poblacional se obtuvo como resultado 14 fincas a encuestar, donde se obtuvo la siguiente información:

De las 14 fincas encuestadas se obtuvo un total de 57 habitantes, dando un promedio de 5 personas por vivienda, de las cuales cuentan con los siguientes servicios básicos.

6.1.1.1 Servicios básicos

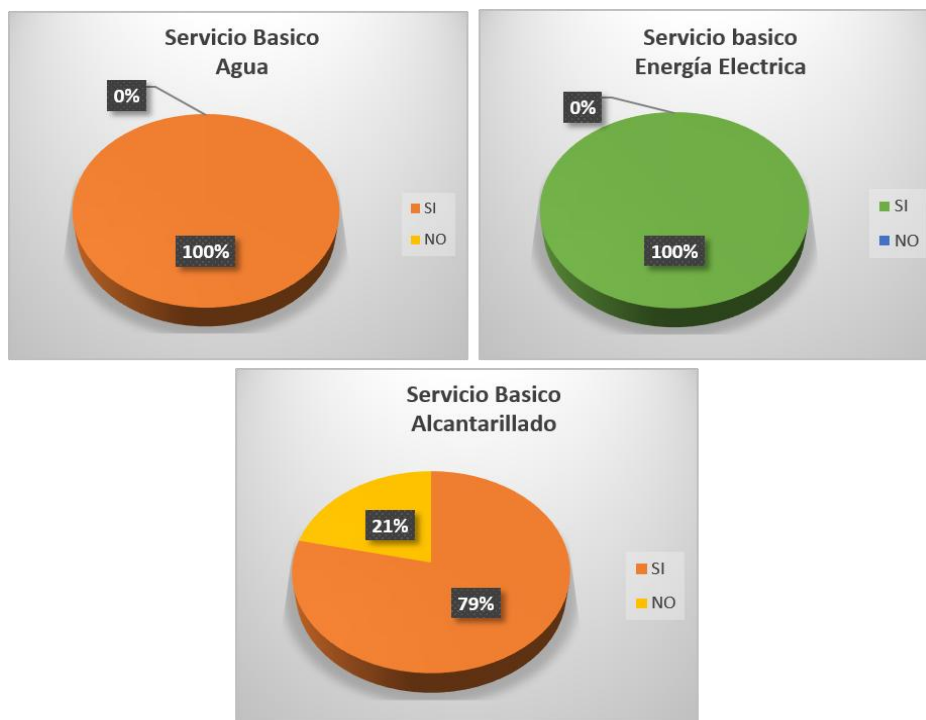


Figura 5. Porcentaje de los servicios básicos.

Como se puede observar en los gráficos anteriores todas las fincas en un 100 % cuenta con agua y energía eléctrica, en lo que es al servicio de alcantarillado solo el 79% de las fincas cuentan con alcantarillado y el 21% no cuentan con este servicio.

6.1.1.2 Tenencia de tierra.

Cuadro 4. Resultado de tenencia de tierra.

Tendencia de tierra	Propia	Arrendada	Posesión	Prestada	Total
Cantidad	11	0	0	3	14
Porcentaje	79%	0%	0%	21%	100%



Figura 6. Porcentaje de tenencia de tierra

El 79% de las personas encuestadas tienen terrenos propios y el 21% de las personas restantes mencionaron que sus terrenos son prestados por sus propias familias.

6.1.1.3 Superficie total y superficie para la producción.

La superficie total de terreno de todas las fincas encuestadas es de 118,50 ha, de las cuales la superficie total utilizada para la producción es de 36 ha que son destinada en su mayoría para la producción agrícola y ganadera.

6.1.1.4 *Tamaño de la parcela.*

Cuadro 5. *Tamaño de la parcela.*

Tamaño de la parcela	Cantidad	Porcentaje
Mediana entre 25 a 75 ha	2	14%
Pequeña <25 ha	12	86%
Total	14	100%

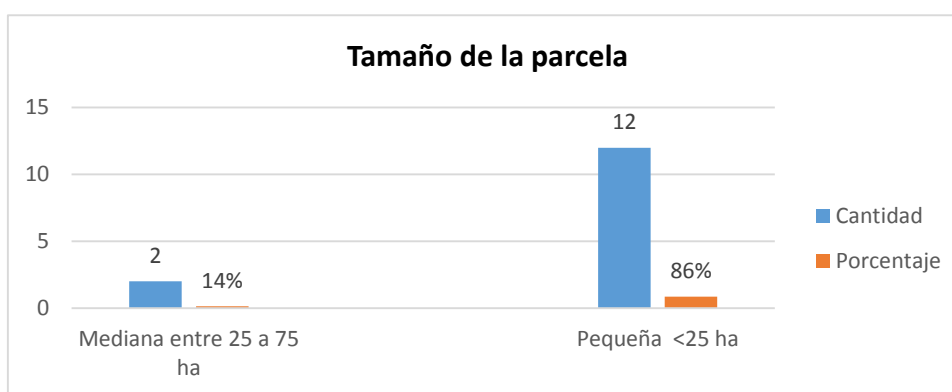


Figura 7. Resultado del tamaño de las parcelas.

Como se muestra en el cuadro y en la figura, las fincas que tienen parcelas mayores a 25 a 75 ha son el 14%, que son fincas con superficie extensa y las fincas con pequeñas parcelas menores a 25 ha son el 85%.

6.1.1.5 *Principales actividades económicas.*

Las principales actividades que realizan y que son fuentes de ingreso económico de las fincas encuestadas son:

Cuadro 6. *Resultado de las principales actividades económicas.*

Actividades	Agrícola	Pecuario	Psicultura	Forestal	Total
Cantidad	14	3	2	0	19
Porcentaje	74%	16%	10%	0%	100%



Figura 8. Porcentaje de las principales actividades económicas.

La principal actividad que se realiza y que predomina en las fincas es la agricultura con un 74%, en un 16% está la actividad pecuaria y un 10% a la actividad piscícola.

6.1.1.6 Crédito.

Cuadro 7. Resultado del número de personas que cuentan con un crédito.

Crédito	Si	No	Total
Cantidad	11	3	14
Porcentaje	79%	21%	100%

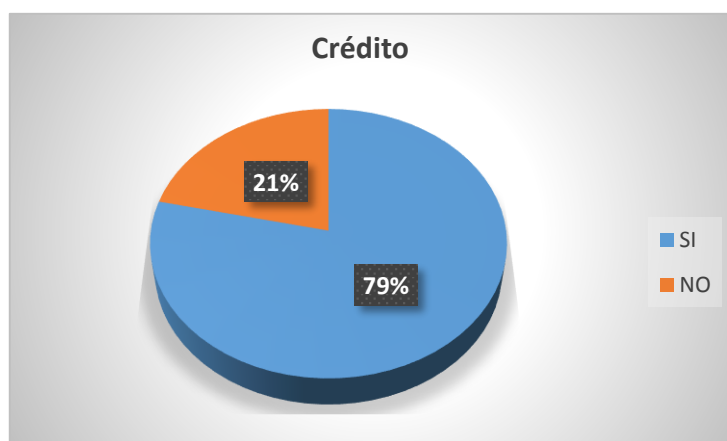


Figura 9. Porcentaje de las personas que cuentan con un crédito.

El 79% de las personas encuestadas cuentan con créditos y el 21% mencionaron que no cuentan con un crédito.

6.1.1.7 Organización.

Cuadro 8. Resultado de afiliación a una organización

Organización	SI	NO	Total
Cantidad	4	10	14
Porcentaje	29%	71%	100%



Figura 10. Porcentaje de las personas que pertenecen a una organización.

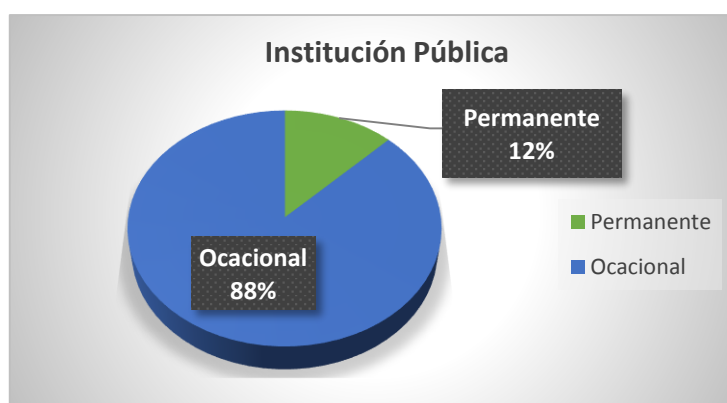
El 71% de la población no pertenecen a ninguna organización y el 29% si pertenecen a una organización, entre algunas de las organizaciones mencionadas fueron: Asociación de psicultores comerciales y acuícolas de Zamora Chinchipe y Seguro Campesino.

6.1.1.8 Acompañamiento técnico.

En este aspecto se trata de saber si han recibido una capacitación por parte de las instituciones públicas y privadas, los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuadro 9. Resultado de acompañamiento técnico.

Publica	Permanente	Ocasional	Total
Cantidad	1	7	8
Porcentaje	13%	88%	100%

**Figura 11.** Porcentaje de asistencia técnica por una institución pública.

El 12 % de las personas mencionaron que han recibido acompañamiento técnico permanente y un 88% lo reciben ocasionalmente por parte de las instituciones públicas, por otro lado no ha existido una asistencia técnica por parte de las Instituciones Privadas.

6.1.1.9 Mano de obra.

Cuadro 10. Resultado de la mano de obra.

Mano de obra	Asalarial	Familiar	Mixto	Total
Cantidad	1	9	4	14
Porcentaje	7%	64%	29%	100%

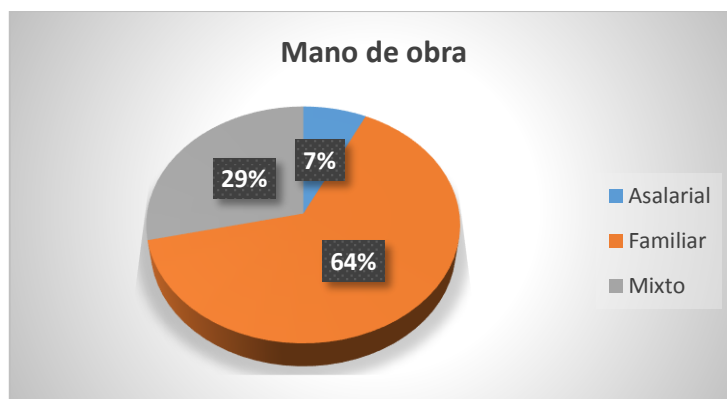


Figura 12. Porcentaje de la mano de obra.

El 64% de las fincas encuestadas realizan sus actividades agrícolas de manera familiar permanentemente, pero existen finqueros que si contratan la mano de obra que representa el 29% pero ocasionalmente y en un 7% mencionaron que realizan sus actividades de manera familiar y con la contratación de la mano de obra.

6.1.1.10 Producción.

Cuadro 11. Resultado de la productividad.

CULTIVOS	PRODUCTIVIDAD			VENTA	CONSUMO
	TOTAL	PROMEDIO	UNIDAD		
Cacao	37	8	qq/año	26	11
Plátano	147	27	racimos/año	90	57
Yuca	47	8	qq/año	17,4	29,4
Café	72	18	qq/año	56	16
Guineo	20	20	racimos/año	10	10
Maíz	11	11	qq/año	9	2
Fréjol	3	3	qq/año	0,5	2,5
Jamaica	13,09	13,09	qq/año	1,03	0,05
Caña	109	109	kg/año	0	109
Mandarina	-	-	-		
Guanábana	-	-	-		
Naranja	-	-	-		

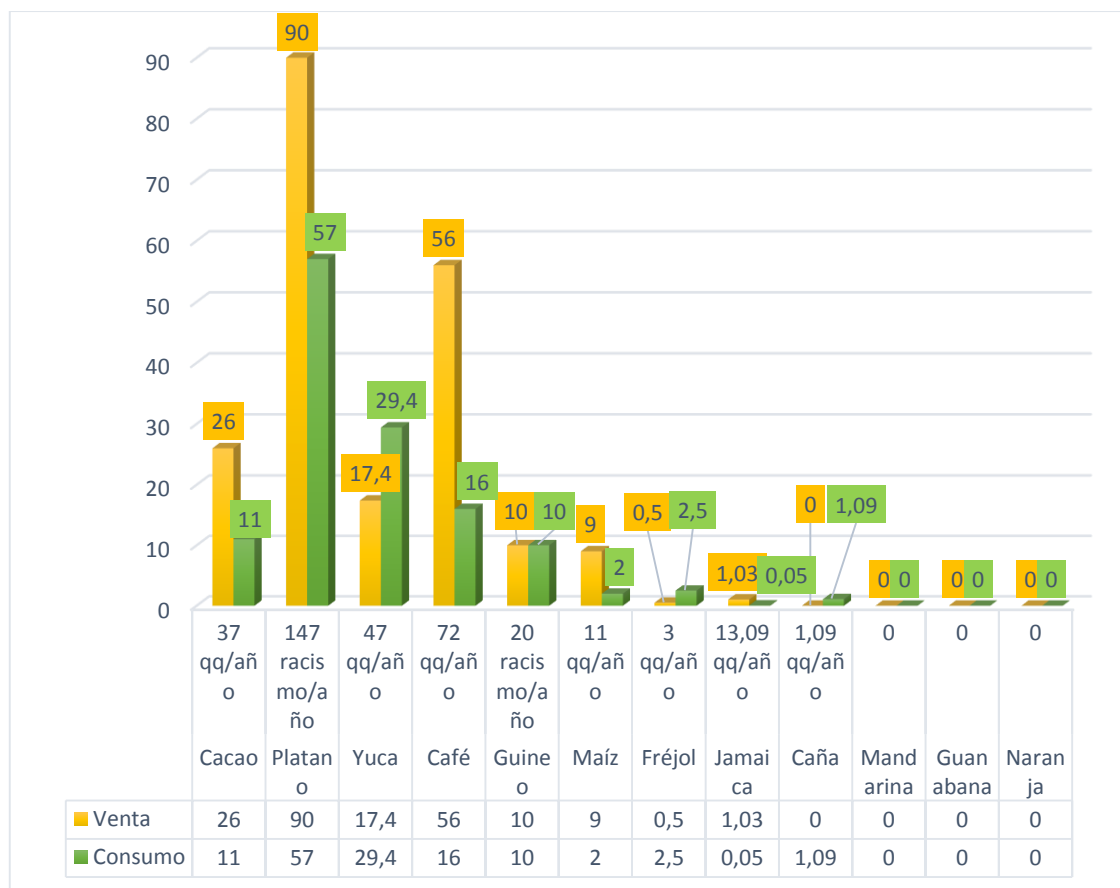


Figura 13. Productividad, venta y consumo.

El cultivo con mayor productividad es la plátano con 147 racimos/año, de las cuales 90,0 racimos lo comercializan y los 57,0 racimos son de autoconsumo, seguidamente está el café con 72 qq/año, del cual 56,0 qq son comercializados y los 16,0 qq de autoconsumo, luego está el cacao con 37,0 qq/año, de este solo 26,0 qq aproximadamente se comercializan y 11,0 qq son de autoconsumo, el cultivo con menor productividad es la caña con 1 qq/año, del cual es solo de autoconsumo.

6.1.1.11 Problemas en los cultivos.

Los problemas más comunes en los cultivos son las plagas y las enfermedades, en el caso del café las enfermedades que más afecta a este tipo de cultivo son la

roya, ojo de pollo y la cortadora; en cuanto al cacao tenemos escoba de bruja, monilla y ciratoco; en el maíz el cogollero y gusano de monte.

6.1.1.12 *Uso de agroquímicos.*

Cuadro 12. *Uso de agroquímicos.*

Agroquímicos	Si	No	Total
Cantidad	10	4	14
Porcentaje	71%	29%	100%



Figura 14. Porcentaje del uso de Agroquímicos.

El 71 % de los finqueros mencionaron que hacen uso de agroquímicos entre estos están: los herbicidas, fungicidas, plaguicidas y fertilizantes, mientras el 29% mencionaron que no utilizan ningún tipo de agroquímico, es decir, que su sistema de producción es orgánica mediante la implementación de abonos orgánicos como es el humus, compost, gallinaza, biol, y estiércol de ganado.

Cuadro 13. Principales agroquímicos y el porcentaje del más utilizado.

Agroquímicos	Productos	Cantidad	Porcentaje	Aplicación	Cultivo
Plaguicida	Oxido de cloruro	1	8%		Café
Herbicida	Killer	11	92%	Una vez al año	Café, Cacao, Maíz
	Alto Cien			Una vez al año	Café y Cacao
	Gramozone			2 veces al año	Café y Cacao
	Roundaup			Una vez al año	Café, Cacao, Maíz
	Glifocor			Una vez al año	Café y Cacao

Como se puede observar el producto químico más utilizado es el herbicida con un 92% especialmente el Roundaup y el Gramozone estos son aplicados una vez al año en los cultivos de café, cacao y maíz para tratar las malezas, y en un 8% está el plaguicida como es el óxido de cloruro que se lo utiliza para combatir la roya en el cultivo de café.

6.1.1.13 Rotación de cultivos.

Cuadro 14. Resultado de la rotación de cultivos.

Rotación de cultivos	si	no	Total
Cantidad	7	7	14
Porcentaje	50%	50%	100%

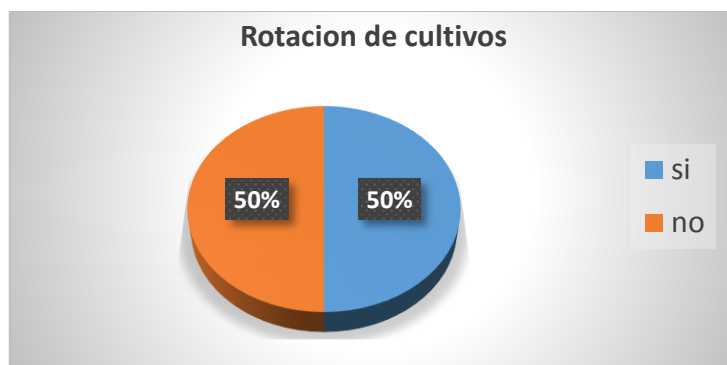


Figura 15. Porcentaje de rotación de cultivos.

Cuadro 15. Rotación de cultivos permanente y ocasional.

Rotación de cultivos	Permanente	Ocasional	Total
Cantidad	2	5	7
Porcentaje	29%	71%	100%



Figura 16. Porcentaje de rotación de cultivos permanente y ocasional.

El 50% de las fincas realizan un rotación en sus cultivos, de estas el 71% lo hacen ocasionalmente, el 29% lo realiza permanentemente y el otro 50% no realizan una rotación de cultivos, una limitante por la que no se realiza una rotación de cultivos es por la demanda del mercado por un determinado producto en específico, por esta razón las personas dejan de diversificar sus cultivos para dedicarse a la producción de un solo cultivo, como es el plátano que su producción es de 147 racimos/año, de las cuales se comercializa 90 racimas.

6.1.1.14 Asociación de cultivos.

Cuadro 16. Resultado de asociación de cultivos.

Asociación de cultivos	si	no	Total
Cantidad	8	6	14
Porcentaje	57%	43%	100%



Figura 17. Porcentaje de asociación de cultivos.

Cuadro 17. Asociación de cultivos permanente y ocasional.

Rotación de cultivos	Permanentemente	Ocasional	Total
Cantidad	5	3	8
Porcentaje	63%	38%	100%

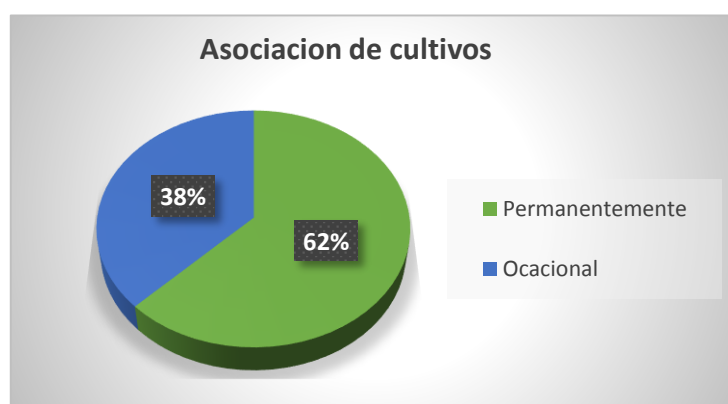
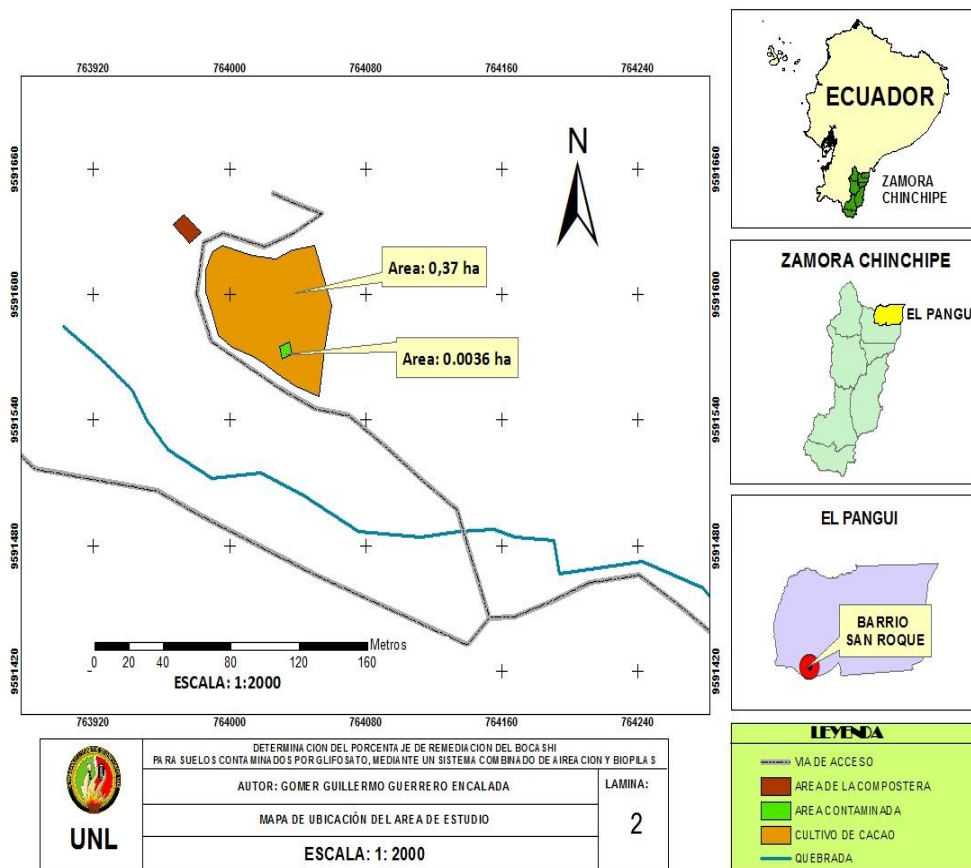


Figura 18. Porcentaje de la asociación de cultivos permanente y ocasional.

El 57% de las personas asocian sus cultivos, pero el 38% mencionaron que lo realizan ocasionalmente y el 62% lo hacen permanentemente, mientras que el 43% de la personas no realizan una asociación de sus cultivos.

6.1.2 Mapa del área de estudio.



Mapa 2. Mapa del área de estudio.

El área de estudio se lo realizo en la finca del Sr Oscar Romero que se encuentra ubicado en la parte rural del barrio San Roque a una distancia de 1,97 km entre la zona urbana y la finca, el área contaminada donde se encuentra el cultivo de cacao es de 0,37ha, la misma que se delimitó un área de 0,00037 ha donde se extrajo el material para el ensayo.

6.1.3 Resultado del diagnóstico inicial del suelo.

Los resultados de la muestra tomada y emitida por el laboratorio AGQ (Labs and Technological Services) son:

Cuadro 18. Resultado de la muestra inicial.

Resultado de la muestra inicial			Indicadores				MAE. Criterios de calidad de suelo	USDA, 2011
Indicador	Unidad	Promedio	Rangos propuestos por (Iñiguez, 2010)			Agrícola		
			Bajo	Medio	Alto	Denominación	Parámetros	
Textura	Arena %	85					-	Franco-Arenoso
	Limo %	0					-	
	Arcilla %	15					-	
pH	-	5,19	-	-	-	-	6 a 8	Fuertemente - Acido
M.O	%	5,21	2 - 4	4.1 - 6	6.1 - 8	Medio	-	-
Humedad	%	24	-	-	-	-	-	-
N	Ppm	3867	20 - 40	40.1 - 60	60.1 - 80	Alto	-	-
P2O5	Ppm	73,32	10 - 20	20.1 - 30	30.1 - 40	Alto	-	-
K2O	Ppm	20,68	50 - 100	100.1 - 150	150.1 - 200	Bajo	-	-
Glifosato	mg/kg	<0,5					-	-

6.1.3.1 Textura.

El suelo contiene 85% de arena, 15% de arcilla y 0% de limo por esta razón se lo categoriza como franco-arenoso de acuerdo al USDA, 2011.

6.1.3.2 pH.

El suelo presenta un pH de 5,6 que según USDA, 2011 es fuertemente ácido, de acuerdo con los criterios de remediación estipulados por el MAE en la parte agrícola, el pH se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles.

6.1.3.3 Materia orgánica.

La materia orgánica existente en el suelo es de 5,21% comparando con los parámetros establecidos por Iñiguez, 2010 se encuentra en un rango medio, es decir un estado óptimo para la parte agrícola.

6.1.3.4 Humedad.

La presencia de humedad es de 24 %, se puede decir que se encuentra en estado óptimo.

6.1.3.5 Óxido de Fósforo.

El fósforo en el suelo se encuentra en un 32,0 mg/kg, convirtiendo a ppm se obtiene 32 ppm, para poder comparar con los parámetros establecidos por Iñiguez, 2010 se tuvo que convertir el P a P₂O₅, para ello se tuvo que multiplicar por 2.2914 según lo establecido por USDA, (s. f), dando como resultado 73.32 ppm de óxido de fósforo, por lo tanto se encuentra en un rango alto, lo que significa que existe un exceso de fósforo en el suelo.

6.1.3.6 Óxido de Potasio.

El potasio en el suelo se encuentra en un 0,44 meq/100g, el mismo que fue convertido a ppm, en donde se obtuvo como resultado 17,16 ppm, para comparar con los parámetros establecidos por Iñiguez, 2010 se tuvo que convertir el K a K₂O para ello se multiplico por 1,205 según lo estipulado por USDA, (s. f), dando como resultado 20,68 ppm de óxido de potasio, por lo tanto se encuentra en un rango bajo.

6.1.3.7 Nitrógeno.

El nitrógeno presente en el suelo se encuentra en un 3867 mg/kg, convirtiéndolo a ppm da 3867 ppm de acuerdo a lo establecido por Iñiguez, 2010 lo categoriza como muy alto, lo que significa un exceso de nitrógeno en el suelo.

6.1.3.8 Glifosato.

Según los resultados del laboratorio la presencia de glifosato en el suelo es de <0,5 mg/kg.

6.2 Resultado del segundo objetivo: Determinar el porcentaje remediador del bocashi en el suelo contaminado con glifosato, mediante un sistema de aireación en el barrio San Ronque, parroquia Pachicutza, cantón El Panguí, provincia Zamora Chinchipe.

6.2.1 Elaboración del bocashi.

La elaboración del bocashi se monitoreo durante 20 días donde se realizó mediciones de temperatura, humedad y pH como se muestra a continuación.

6.2.1.1 Temperatura.

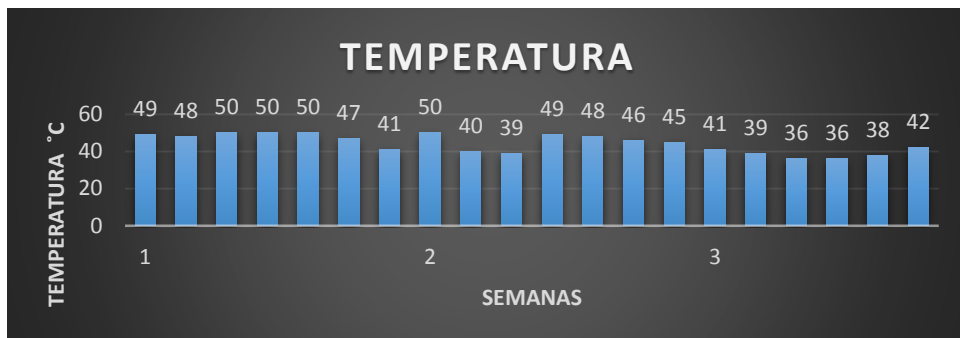


Figura 19. Control de temperatura del bocashi.

En la primera semana de fermentación del bocashi alcanzó una temperatura de 50 °C, esto se debe a la actividad microbiana en el proceso de descomposición de la materia orgánica, en la segunda semana la temperatura descendió hasta los 39 °C esto se produjo por la intervención constante del investigador al momento del volteo del sustrato, después ascendió a los 48 °C, en la última semana la temperatura empezó a descender gradualmente y mantenerse, hasta llegar a una temperatura de entre 38 - 42 °C, hasta alcanzar un temperatura ambiente que es de 26 °C.

6.2.1.2 pH.

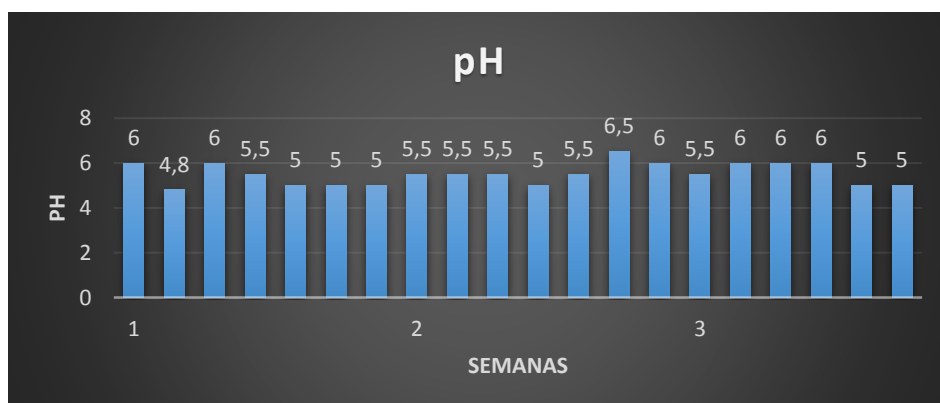


Figura 20. Control de pH del bocashi.

El pH en el primer día de medición asciendo a 6, esto se debe a la acidificación por la formación de ácidos orgánicos, en los día siguiente el pH se estabiliza entre un rango de 5 a 5,5 fuertemente ácido hasta la mitad de la segunda semana, ya en la última semana el pH comienza a estabilizarse hasta llegar a un pH de 5.

6.2.1.3 Humedad.

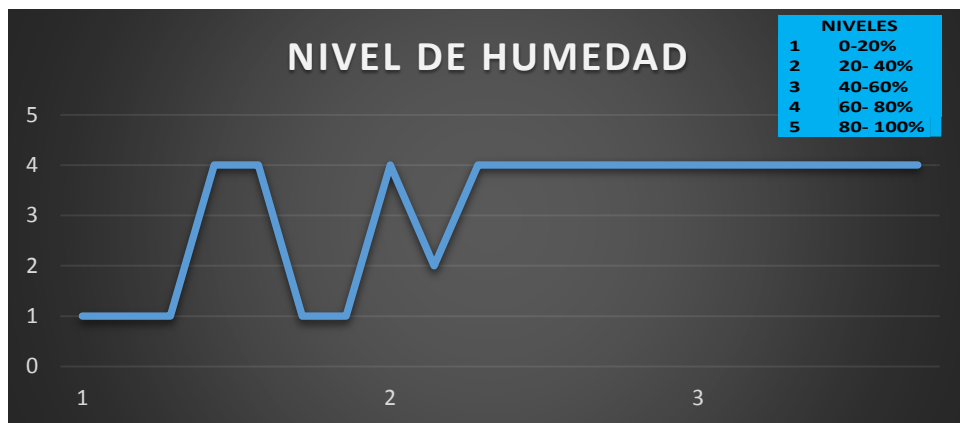


Figura 21. Control de humedad del bocashi.

Los registros obtenidos de la humedad durante la descomposición de la materia orgánica durante 3 semanas aproximadamente como se muestra en la figura 21. Se puede observar variaciones durante la primera semana e inicios de la segunda semana, estas variaciones se deben a la intervención del investigador, por el volteo constante del sustrato con la finalidad de mantener una humedad adecuada entre un rango de 60 – 80% como se muestra en la tercera semana, esto se logró por los controles realizados durante el proceso de fermentación. La humedad es indispensable para una degradación eficiente por parte de los microorganismos en la materia orgánica.

6.2.2 Resultado de la construcción del sistema de aireación.



Fotografía 5. Sistema de aireación en funcionamiento.

El sistema de aireación fue inyectado con la ayuda de un compresor de 2HP a una presión de 120 Kpa a través de tubos de pvs de $\frac{1}{2}$ pulgada, la cual estuvo constituido por un tubo principal que interconectó a las dos parcelas experimentales, cuya longitud fue de 4,5 m, donde se conectó 4 tubos más ubicados en la parte inferior de cada parcela del tratamiento, es decir que se colocaron 2 tubos por cada parcela cuya longitud eran de 1,5 m cada uno, de las cuales se realizaron pequeños orificios en la parte superior, inferior y en los lados, mejorando a así la distribución del aire en las parcelas.

6.2.3 Resultado del análisis del bocashi elaborado.

Los resultados de la muestra tomada y emitida por el laboratorio INIAP son:

Cuadro 19. Resultado de la muestra del bocashi.

Resultado de la muestra			Rangos propuestos por (Iñiguez, 2010)			Niveles de referencia óptimos establecidos por el INIAP	Denominación
Parámetros	Unidad	Resultado	Bajo	Medio	Alto	Índice	
Textura	Arena %	62	-			Franco Arenoso Arcilloso	Franco Arenoso Arcilloso
	Limo %	14					
	Arcilla %	24					
pH	-	8,2	-	-	-	Medianamente Alcalino	Medianamente Alcalino
M.O	%	32,93	2 - 4	4.1 - 6	6.1 - 8	-	Alto
N	Ppm	45,89	20 - 40	40.1 - 60	60.1 - 80	-	Medio
P2O	Ppm	1884	10 - 20	20.1 - 30	30.1 -40	-	Alto
K	Meq/100ml	12,20	-	-	-	0,2 – 0,4	Alto
Ca	Meq/100ml	16,28	-	-	-	4 - 8	Alto
Mg	Meq/100ml	4,50	-	-	-	1 - 3	Alto
Zn	Ppm	13,9	-	-	-	4 - 8	Alto
Cu	Ppm	2,0	-	-	-	1 - 10	Optimo
Fe	Ppm	84,0	-	-	-	20 - 40	Alto
Mn	Ppm	73,0	-	-	-	5 - 10	Alto

6.2.3.1 pH.

El pH presente en el bocashi es de 8,2 lo que representa que es medianamente alcalino de acuerdo a USAD, 2011.

6.2.3.2 Textura.

El bocashi contiene 62 % de Arena, 14% Limo y 24 % arcilla, de acuerdo al Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2011) se encuentra dentro del rango Franco Arenoso Arcilloso.

6.2.3.3 Materia Orgánica.

La materia orgánica presente en el abono bocashi es de 32,93%, de acuerdo a los rangos establecidos por Iñiguez, 2010 lo establece como alto, este valor indica que existe un aumento considerable de materia orgánica en el abono.

6.2.3.4 Nitrógeno.

La presencia de nitrógeno inorgánico en el abono es de 45,89 ppm, de acuerdo a lo estipulado por Iñiguez, 2010 se encuentra en un rango medio, es decir en un estado óptimo.

6.2.3.5 Fósforo.

La cantidad de fósforo presente en el abono bocashi es de 822,71 ppm, convirtiéndolo de P a P₂O₅, para poder comparar con los niveles establecidos por Iñiguez, 2010, se multiplico por 2,2914 según lo estipulado por USDA, (s. f), dando como resultado 1884 ppm de óxido de fósforo que está en un rango extremadamente alto.

6.2.3.6 Potasio.

El valor obtenido del potasio es de 12,20 meq/100ml, comprando con los datos del INIAP se encuentra en un rango alto.

6.2.3.7 Calcio.

El calcio presente en el abono bocashi es de 16,28 meq/100ml, de acuerdo a los datos referenciales del INIAP se encuentra en un rango alto.

6.2.3.8 Magnesio.

La cantidad de magnesio presente en el abono bocashi es de 4,50 meq/100ml, comparando con los datos establecidos por el INIAP se encuentra en un nivel alto.

6.2.3.9 Cinc.

La presencia de cinc en el bocashi es de 13,9 ppm, de acuerdo a lo designado por el INIAP se encuentra en un rango alto.

6.2.3.10 Cobre.

La presencia de cobre en el abono bocashi es de 2,0 ppm, de acuerdo a lo descrito por el INIAP se encuentra en un nivel óptimo.

6.2.3.11 Hierro.

La cantidad de hierro en el abono bocashi es de 84,0 ppm, de acuerdo a lo descrito por el INIAP se encuentra en un rango alto.

6.2.3.12 Manganese.

La presencia de manganeso en el abono bocashi es de 73,0 ppm, comparando con los valores establecidos por el INIAP se encuentra en un nivel alto.

6.2.4 Monitoreo y seguimiento de los tratamientos.

El monitoreo y el seguimiento se lo realizó de acuerdo a la metodología descrita anteriormente, la cual consiste en registrar en una ficha técnica previamente desarrollada los parámetros como: pH, humedad y temperatura, al tratamiento con su repetición, esto se lo hizo cada 15 días a partir del funcionamiento de los tratamientos, como se presenta a continuación:

En el primer mes de monitoreo que fue en 15 días de funcionamiento del tratamiento con sus repeticiones, en el T1R1 presentó un pH de 5 moderadamente ácido, con una temperatura de 28 °C, una humedad entre 20 – 40 %, presencia de organismos vivos como lombrices y cien pies se encontraron 1 de cada especie en 2 kg de suelo recolectado, en cambio en las mediciones del T1R2 el pH es de 5 moderadamente ácido igual al T1R1, con una temperatura de 25 °C, con una humedad entre 20 – 40 %, presencia de lombrices y cien pies se encontraron igualmente uno.

En los 15 días siguientes en el T1R1 algunos de los parámetros variaron como es el caso del pH que fue de 6, así mismo en el T1R2 se obtuvo igualmente un pH de 6, en cuanto a la temperatura disminuyó 22 °C tanto al T1R1 y T1R2, la humedad se mantuvo en un rango de 60 – 80 %, a este parámetro se lo mantuvo por el riego adecuado de agua a los T1R1 y T1R2, en cuanto a los organismos vivos en el T1R1

hubo la precedencia de 2 lombrices y 1 cien pies en 2 kg de suelo recolectado, en cambio en el T1R2 se encontraron una lombriz y un cien pies.

En el segundo mes tanto en el T1R1 y el T1R2, en periodos de 15 día en cada monitoreo los parámetro como el pH se mantuvieron en un rango entre 5 – 6, la humedad entre 60 – 80 %, la temperatura entre 24 – 25 °C, en la presencia de lombrices entre 1 – 3 y cien pies igualmente entre 1 – 3, esto en cuanto al segundo mes de monitoreo y seguimiento.

En el último mes de funcionamiento del tratamiento con su repetición, el pH se mantuvo en rangos de entre 5,5 – 6, la temperatura entre 25 – 27 °C, la presencia de lombrices entre 2 – 3 y cien pies entre 1 – 3, hay que mencionar que estos valores se mantuvieron por la intervención del investigador, para que los microorganismo se encuentre en ambiente adecuado para la eficacia de la remediación del suelo.

A continuación se presenta detalladamente los registros monitoreados en el tratamiento con sus repeticiones durante los tres meses de funcionamiento:

Cuadro 20. Registros del monitoreo y seguimiento del tratamiento con su repetición.

Fechas Parámetros	26-06-2016		11-07-2016		26-07-2016		10-08-2016		25-08-2016		09-09-2016	
	T1R1	T1R2	T1R1	T1R2	T1R1	T1R2	T1R1	T1R2	T1R1	T1R2	T1R1	T1R2
pH	5	5	6	6	6	5	6	5,4	5,4	6	6	5,5
Temperatura	28 °C	25 °C	22 °C	22 °C	26 °C	25 °C	25 °C	24 °C	26 °C	24 °C	27 °C	25 °C
Humedad	20 – 40%	20 – 40%	60 – 80%	60 – 80%	60 – 80%	60 – 80%	60 – 80%	60 – 80%	60 – 80%	60 – 80%	60 – 80%	60 – 80%
N. de lombrices	1	1	2	1	2	3	1	2	2	2	3	2
N. Cien pies	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	3

Cuadro 21. Resultado final del tratamiento, testigo y comparación con la inicial

Indicador	Unidad	Muestra inicial	Muestra final T1 con tratamiento	Mejoramiento o disminución (inicial y T1 con tratamiento)	Muestra final T2 (testigo) Sin tratamiento	Mejoramiento o disminución (inicial y T2 sin tratamiento)
Textura	-	Franco arenoso	Franco	-	Franco arcilloso	-
pH	-	5,19	6,18	0,99	4,61	0,58
M.O	%	5,21	8,13	2,92	4,27	0,94
Humedad	%	24	60	36	44,2	20,2
N	Ppm	3867	4219	352	2890	977
P2O5	Ppm	73,32	188,12	114,4	67,14	6,18
K2O	Ppm	20,68	223,23	202,55	29,14	8,64
Glifosato	mg/kg	0,5	0,05	0,45	0,50	0

6.2.5 Verificación de la hipótesis.

6.2.5.1 *Calculo de la Frecuencia Observada.*

Cuadro 22. *Cálculo de la Frecuencia Observada.*

Parámetros	Tratamientos		Sumatoria
	T1	T2	
pH	4,61	6,18	10,79
M.O	4,27	8,13	12,4
Nitrógeno	2890	4219	7109
Fosforo	29,3	82,1	111,4
Potasio	0,61	4,75	5,36
Glifosato	0,5	0,05	0,55
Total	2929,29	4320,21	7249,5

Los tratamientos pertenecen: al tratamiento con su repetición y la testigo, se tomó la testigo como otra forma de tratamiento, la razón es que en la testigo no se aplicó ningún tipo de tratamiento y la otra se implementó un tratamiento como es la aplicación del abono más el sistema de aireación, permitiendo comparar de esta manera si existe una diferencia significativa entre ellos.

6.2.5.2 *Calculo de Frecuencia Esperada.*

Cuadro 23. *Cálculo de la frecuencia esperada.*

Parámetros	Tratamientos	
	T1	T2
pH	4,36	6,43
M.O	5,01	7,39
Nitrógeno	2872,52	4236,48
Fosforo	45,01	66,39
Potasio	2,17	3,19
Glifosato	0,22	0,33

Para el cálculo de la frecuencia esperada se lo realizó a través de la siguiente fórmula:

$$F = \frac{\Sigma C * \Sigma F}{\Sigma Total}$$

Donde:

ΣC = Sumatoria total de la columna.

ΣF = Sumatoria total de la fila.

$\Sigma Total$ = Sumatoria total.

6.2.5.3 Cálculo del Chi Cuadrado.

Para el cálculo del chi cuadrado se lo realizó a partir de la siguiente fórmula y se obtuvieron los siguientes resultados:

$$X^2 = \sum \frac{(F_o - F_e)^2}{F_e}$$

Donde:

F_o = Frecuencia Observada.

F_e = Frecuencia Esperada.

$$\begin{aligned}
X^2 = & \frac{(4,61 - 4,36)^2}{4,36} + \frac{(6,18 - 6,43)^2}{6,43} + \frac{(4,27 - 5,01)^2}{5,01} + \frac{(8,13 - 7,39)^2}{7,39} \\
& + \frac{(2890 - 2872,52)^2}{2872,52} + \frac{(4219 - 4236,48)^2}{4236,48} + \frac{(29,3 - 45,01)^2}{45,01} \\
& + \frac{(82,1 - 66,39)^2}{66,39} + \frac{(0,61 - 2,17)^2}{2,17} + \frac{(4,75 - 3,19)^2}{3,19} + \frac{(0,5 - 0,22)^2}{0,22} \\
& + \frac{(0,05 - 0,33)^2}{0,33} =
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X^2 = & 0,0143 + 0,0097 + 0,1093 + 0,0741 + 0,1064 + 0,0721 + 5,4833 + 3,7175 \\
& + 1,1215 + 0,7629 + 0,3564 + 0,2376 = 12,0648.
\end{aligned}$$

6.2.5.4 Grados de libertad.

Para el cálculo de los grados de libertad se tomó en cuenta el margen de eficacia del 95 % y se determinó con la siguiente formula:

$$G = (NC - 1)(NF - 1)$$

Donde:

NC= Numero de columnas

NF= Numero de filas.

Dando como resultado tenemos:

$$G = (2 - 1)(6 - 1) = 5$$

Verificando con la tabla de valores de Chi-Cuadrado Valores críticos (Anexo 4) con un margen de eficacia del 95 % da como resultado 11,070 comparando con el

resultado del Chi-Cuadrado que es 12,0648, se puede observar que el resultado del Chi-Cuadrado es mayor que el Valor crítico, entonces se rechaza la hipótesis nula que dice: “La remediación del suelo contaminado por glifosato, no depende del porcentaje remediador del bocashi, mediante un sistema combinado de aireación y biopilas”, optando por la hipótesis alternativa que menciona: “La remediación del suelo contaminado por glifosato, depende de la aplicación del bocashi, mediante un sistema combinado de aireación y biopilas”.

6.2.6 Determinación del porcentaje de la remediación.

Empleado la fórmula propuesta en la metodología se obtuvo lo siguiente:

$$\% \text{ de eficiencia de remediación} = \frac{0,50 \text{ mg/kg} - 0,05 \text{ mg/kg}}{0,50 \text{ mg/kg}} * 100 = 90\%$$

El porcentaje de remediación es del 90%, es decir que el tratamiento remedio en un 90% la concentración de glifosato en el suelo en un periodo de 3 meses.

6.2.7 Resultados de las muestras finales del tratamiento con su repetición y las testigos.

6.2.7.1 Materia Orgánica.

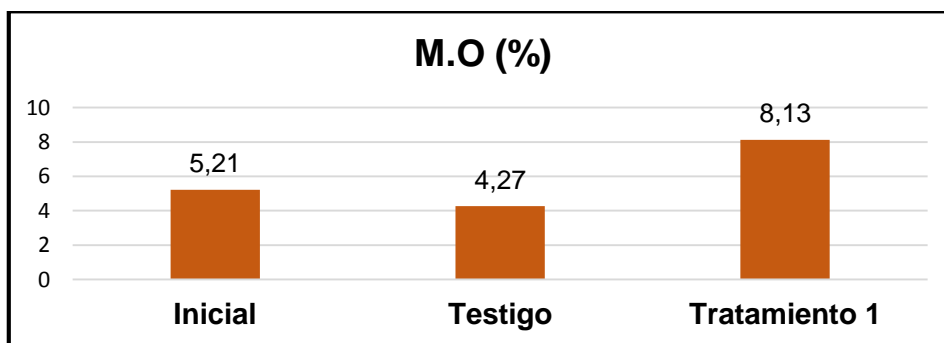


Figura 22. Resultado de Materia orgánica.

En el tratamiento 1 hubo un incremento significativo de materia orgánica del 2,92 % aproximadamente en comparación con la inicial. El tratamiento testigo presenta el resultado más bajo al no recibir aplicación alguna de abono.

6.2.7.2 Humedad.

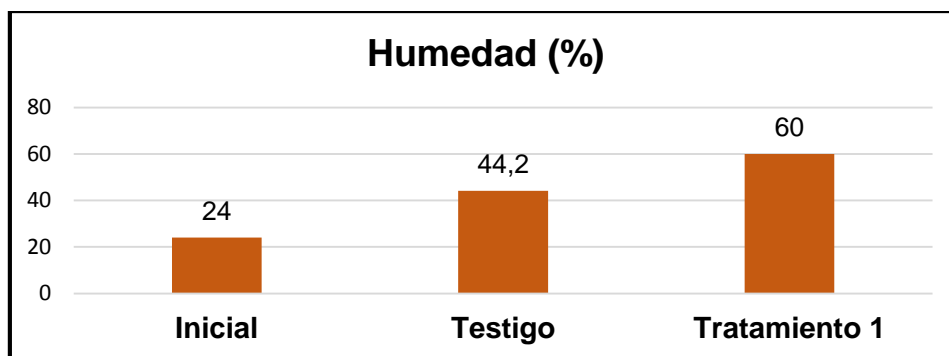


Figura 23. Resultado de la humedad

En el tratamiento 1 hubo un incremento significativo de humedad en comparación con la inicial y testigo, pero la testigo presenta una mayor humedad que la inicial, por lo tanto el resultado más bajo de humedad es la inicial.

6.2.7.3 Nitrógeno.

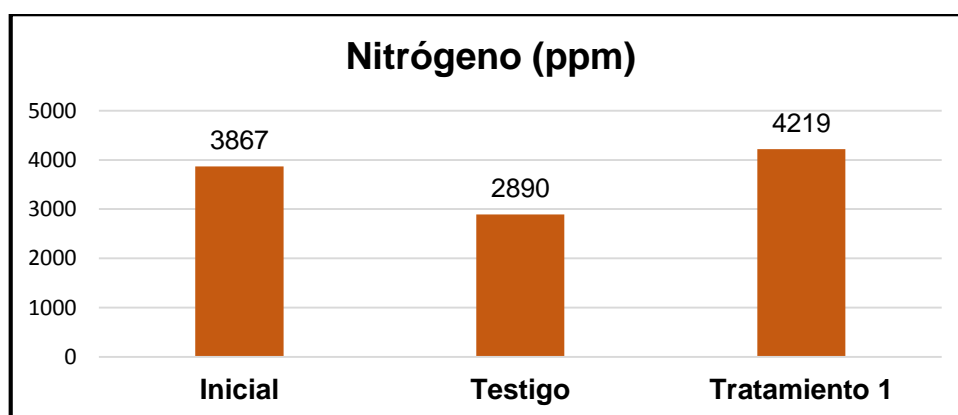


Figura 24. Resultado de Nitrógeno.

Lo valores más altos de nitrógeno en ppm, los registra el tratamiento 1, seguido de la muestra inicial. Los resultados más bajos presenta la testigo por debajo de la muestra inicial.

6.2.7.4 *Oxido de fósforo.*

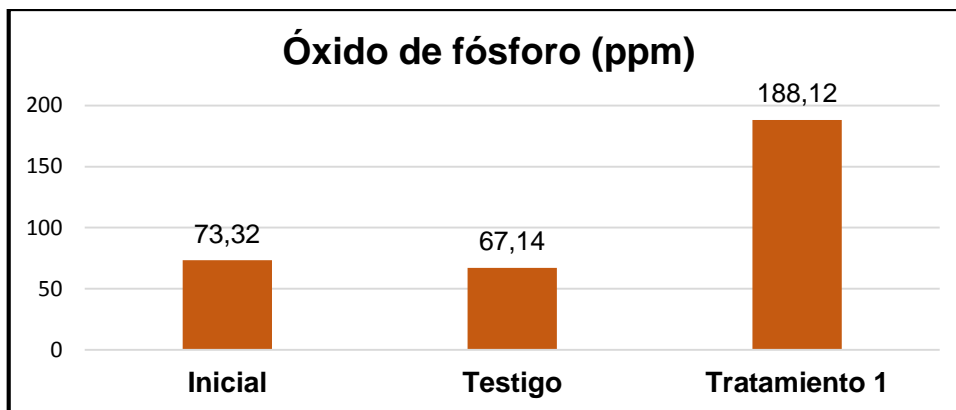


Figura 25. Resultado de Fósforo.

El que presenta mejor resultado en cuanto a niveles de fosforo es el tratamiento 1, seguido por la muestra inicial y por último la testigo que presenta resultados por debajo de la muestra inicial.

6.2.7.5 *Oxido de potasio.*

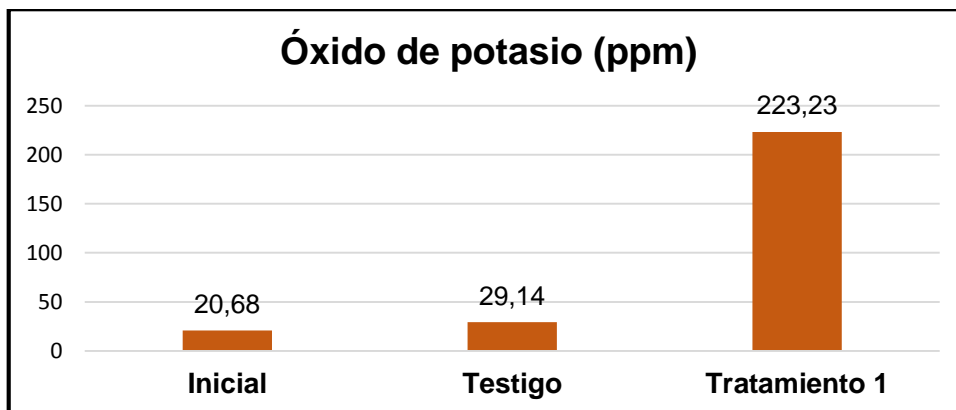


Figura 26. Resultado de potasio.

El que tuvo un mejor resultado en los niveles de potasio es el tratamiento 1, que incluso ha triplicado los valores en comparación con la inicial y la testigo. En este caso el que presento los niveles más bajos fue la inicial.

6.2.7.6 *Potencial de hidrogeno.*

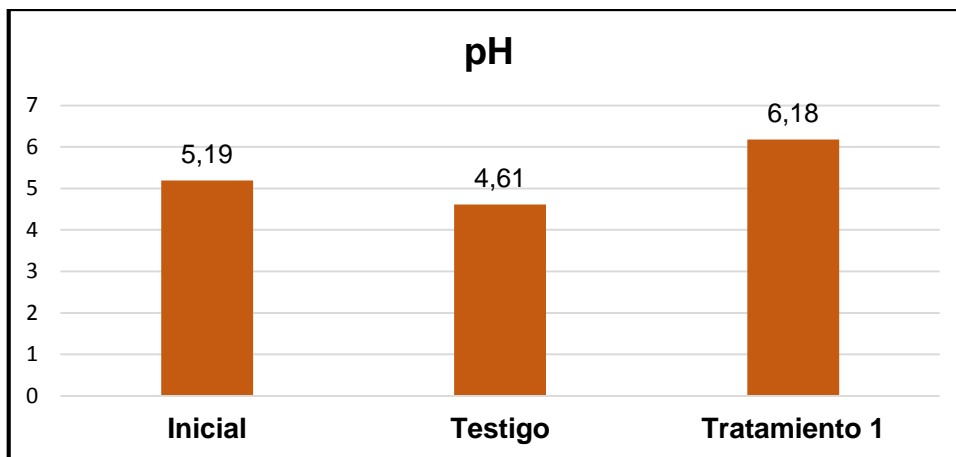


Figura 27. Resultado del Potencial de hidrogeno.

El valor más próximo a neutro en la escala de pH se encuentra el tratamiento 1 en un rango ligeramente ácido, seguido por la muestra inicial. En el rango muy fuertemente ácido se encuentra en la testigo que está por debajo de la inicial.

6.2.7.7 *Textura.*

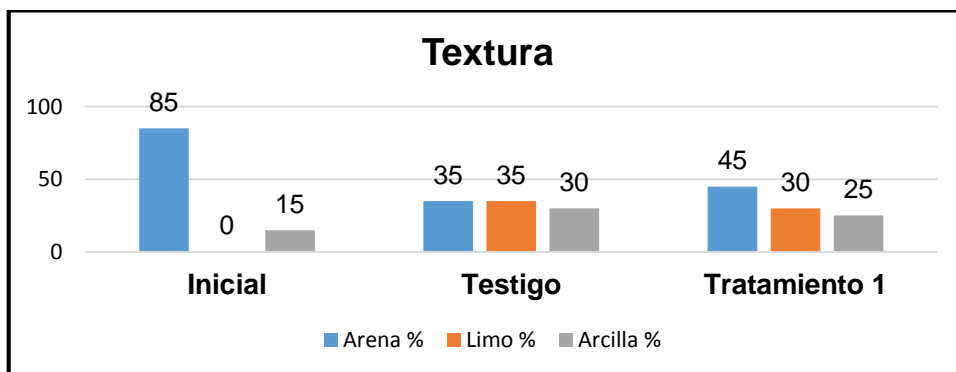


Figura 28. Resultado de textura.

La concentración de arena fue disminuyendo entre la muestra inicial, testigo y el tratamiento 1, en cuanto la arcilla ha aumentado su concentración entre la muestra inicial, testigo y tratamiento 1. Con respecto al limo también se registró un incremento entre la muestra inicial, testigo y tratamiento 1.

6.2.7.8 Glifosato.

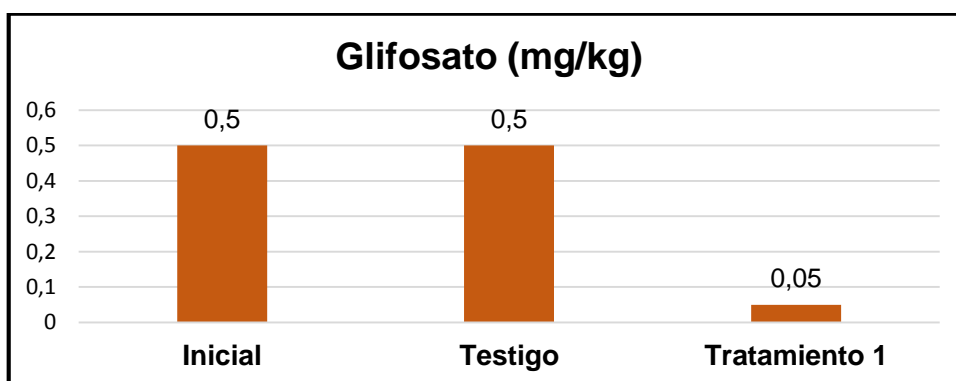


Figura 29. Resultado de Glifosato.

La concentración de glifosato en la muestra inicial y la testigo presentan cantidades iguales, en cambio en el tratamiento 1 presentan una reducción considerable de glifosato en el suelo.

6.3 Tercer objetivo: Determinar el costo de la remediación del bocashi en el suelo contaminado con glifosato, mediante un sistema combinado de aireación y biopilas en el barrio San Ronque.

6.3.1 Costo de la remediación.

A continuación se presenta los insumos obtenidos y costos para la elaboración de 40 Kg de bocashi y para la implementación del sistema de aireación

Cuadro 24. Costo de la remediación.

Insumo	Cantidad	Unidad de Medida	Costo Unitario	Costo Total
Insumos para la elaboración del bocashi				
Estiércol de cuy	11	kg	0,05	0,55
Pulpa de café	8	kg	0,05	0,4
Raquis de banano	13	kg	1,50	0,43
Tierra de bosque	5	kg	1,23	0,14
Carbón molido	2	kg	0,50	1,00
Roca fosfórica (50kg)	2	kg	0,56	0,31
Levadura de pan	0,11	onzas	0,20	0,02
Melaza	0,5	litro	1,07	0,54
Balde plástico	1	-	3,50	3,50
Plástico de invernadero	12	metros	3,40	40,80
Pala	2	-	5,50	11,00
Barreta	1	-	5,00	5,00
Flexómetro	1	-	3,00	3,00
Construcción del sistema de aireación				
Compresor	1	-	130,00	130,00
Tubos a presión de ½ pulgada	12	metro	5,50	11,00
Codos de ½ pulgada	6	-	0,60	3,60
Tes de ½ de pulgada	2	-	1,20	1,20
Clavos de 2 pulgadas	1	libra	0,80	0,80
Tablas	8	-	3,50	28,00

Listones	12	-	1,50	18
Plástico negro	14	metros	30,00	30,00
			TOTAL	289,89

El costo total del tratamiento implementado es de 289,89 dólares americanos, para remediar 3 m² de superficie con 40 kg de abono bocashi, hay que mencionar que además de remediar se garantizó que la materia orgánica aumenta en un 2,92 %, mejorando así la fertilidad del suelo

La mayor inversión que se hizo fue en la implementación del tratamiento que es de 381,85 dolores americanos, por esta razón una limitante para la implementación de este tipo de tratamiento son los gastos que se debe invertir.

Cuadro 25. Costo para la remediación de una Ha.

Descripción	Valor USD	Días	Horas, viajes, personas y costales.	Costo Total
Abono	7		2933,4 qq	20533,8
Volquetas	30	10	58,668 viajes	1760,04
Retroexcavadora	35	5	40 horas	1400
Mano de obra	18	20	10 personas	3600
			Total	27293,84

Para la remediación de suelos para una hectárea el costo total es de 27293,84 dólares, considerando los costó del abono, maquinaria pesada y la mano de obra, por otra parte además de remediar permitirá al suelo mejorar su fertilidad, en cuanto a materia orgánica, nitrógeno, potasio y fosforo que son nutrientes indispensable para el desarrollo adecuado de la plantas, garantizando una mayor producción agrícola.

El costo de la remediación en un hectárea se lo puede reducir si se lo realiza en un periodo de tiempo de 4 años, aplicando 800 saco/ha de abono en el suelo, de acuerdo con la aplicación que realiza un agricultor en una hectárea, remediando así en un 24,5 %; en los años siguientes agregando 800 sacos más de abono al suelo, el porcentaje de remediación será mayor con una tasa de crecimiento de 24,6 %, dando en el último año un porcentaje de remediación del 98,2 %, por lo tanto la inversión económica en los 4 años es de 22.400,00 USD, como se muestra a continuación:

Cuadro 26. *Costo de remediación durante 4 años.*

Años	Sacos/Ha	% de remediación	Costo
1	800	24,5	5600,00
2	1600	49,1	5600,00
3	2400	73,6	5600,00
4	3200	98,2	5600,00
		TOTAL	22400,00

A continuación se presenta un cuadro, donde se diferencian los costos del presente estudio con otros estudios para una hectárea, utilizando el mismo abono bocashi para remediar igualmente suelos contaminados por glifosato, estableciendo el porcentaje de remediación, como también la relación bocashi/suelo y la cantidad de cada uno de los nutrientes como la materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio:

Cuadro 27. Comparación de costos entre técnicas de remediación.

TEMA	COSTO (m ²)	COSTO (ha)	% DE REMEDIACION	RELACION BOCASHI/SUELO (%)	NUTRIENTES
Determinación del porcentaje de remediación del bocashi para suelos contaminados por glifosato, mediante un sistema combinado de aireación y biopilas en cultivo asociados de café y cacao en el barrio san roque, parroquia Pachicutza, cantón el Panguí, provincia de Zamora Chinchipe (estudio actual)	\$290,33 3m ²	\$27.293,84	90%	71/29	MO= 8,13% N=4.219 mg/kg P= 82,1 mg/kg K= 4,75 meq/100gr
Determinación del porcentaje de remediación del bocashi para suelos contaminados por glifosato, mediante la técnica de Biolabranza en cultivo asociados de café y cacao en el barrio san roque, parroquia Pachicutza, cantón el Panguí, provincia de Zamora Chinchipe (Llivichuzca, 2016)	\$465,44 4,5 m ²	\$42,222	90%	67/33	MO: 8,10% N:4.888 mg/kg P: 57,9 mg/kg K=3,71 meq/100gr
Determinación del porcentaje de remediación del bocashi para suelos contaminados por glifosato, mediante la técnica de Biopilas en cultivo asociados de café y cacao en el barrio san roque, parroquia Pachicutza, cantón el Panguí, provincia de Zamora Chinchipe (Abigail, 2016)	\$455,02 2,4 m ²	\$54.081,00	90%	64/36	MO= 10,1% N= 6.225 mg/kg P= 102 mg/kg K= 5,15 meq/100gr

7 DISCUSIÓN

7.1 Resultado final del estudio.

7.1.1 Textura

La textura en la muestra inicial presentó un suelo franco arenoso. Luego de la aplicación del ensayo, se determinó un suelo franco en el tratamiento 1, mientras que en la testigo presento un suelo franco arcilloso, existiendo variaciones de textura entre ellas, esta variación pudo ser por las condiciones climáticas que se presentaron durante el tiempo de remediación como lo menciona Mena, Josse y Medina, (2000), que articula que las condiciones climáticas tienen marcadas consecuencias sobre la evolución de los suelos. Es así que la temperatura promedio baja y/o las condiciones de humedad definen la evolución de los suelos. Además la textura influye en la fertilidad de un suelo como lo rectifica la FAO, (2016), que establece que la textura es un propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades.

Otro estudio realizado utilizando el mismo abono bocashi aplicando la misma técnica de biopilas ex sito se encontraron cambios considerables en la textura del suelo como es Abigail, (2016), en la cual obtuvo en su muestra inicial un suelo franco arenoso, pero en su tratamiento final presento un suelo franco, coincidiendo con los resultados del presente estudio, mientras que otro estudio aplicando el mismo abono bocashi con la técnica de biolabranza in situ, como es el caso de Llivichuzca, (2016), obtuvo como resultado en su muestra inicial un suelo franco arenoso y en su tratamiento final igual que su muestra inicial, coincidiendo con el

presente estudio solo en la muestra inicial, en cambio en el tratamiento existe una diferencia de textura con el presente estudio, este cambio pudo ser por la exposición directa del tratamiento al aire libre, provocando que el clima condicione su textura, manteniéndolo en un suelo franco arenoso, como lo establece Mena, Josse y Medina, (2000)

7.1.2 Humedad.

La humedad en el análisis inicial se determinó un porcentaje de 24 %. Luego de la aplicación del ensayo, se determinó un porcentaje de 60 % en el tratamiento 1, mejorando en un 36 %, mientras que la testigo presento un resultado de 44,2% aumentando solo un 20,2 % con relación a la muestra inicial, significando que el tratamiento mostró una humedad óptima para los microorganismos, mejorando el proceso de remediación del glifosato, como lo respalda Roldán Martin y Iturbe Arguelles, (2002), rectificando que los microorganismos requieren humedad para trasportar los nutrientes y llevar acabo los procesos metabólicos. Lo que significaría una ayuda para la biodegradación del contaminante. El incremento de humedad o retención del agua es por la agregación de agua al tratamiento por parte del investigador y por la cantidad de materia orgánica presente en el tratamiento, ya que la materia orgánica influye en la retención de agua como lo rectifica la FAO, (s. f); que menciona que la humedad depende del tipo de suelo y su manejo. Los suelos altamente degradados con baja porosidad y bajo contenido de materia orgánica no tienen la capacidad para almacenar mucha agua y, por lo tanto, no tienen mucha disponibilidad de agua para el crecimiento de cultivo., otra razón, es por la textura del suelo en el tratamiento, presentado un suelo franco, es decir, que la arcilla, limo y arena se encontraron en un porcentaje equilibrado, permitiendo

una mejor retención de humedad, así lo establece Ibáñez, (2006) cuanto mayor es el tamaño de las partículas más rápido es la infiltración y menor es el agua retenido por los suelos, los suelos arenosos son más permeables y retienen menos agua que los arcillosos.

Comparando con el estudio de Abigail, (2016), obtuvo un porcentaje de mejoramiento de 27,6% de humedad entre su análisis inicial y tratamiento. En el estudio de Llivicuzca, (2016), presentó un porcentaje de mejoramiento de 21,8 % de humedad entre su análisis inicial y tratamiento, estos resultados son relativamente menores al presente estudio, esto pudo ser por la agregación de agua al tratamiento durante el ensayo, permitiendo así el aumento de humedad en el suelo.

7.1.3 Potencial de hidrogeno (pH).

En el análisis inicial se determinó un pH de 5,19, mientras que en el tratamiento 1 se determinó un pH de 6,18, mejorando el pH en un 0,99; en cambio la testigo presento un resultado de 4,61, disminuyendo su pH en un 0,58. Por lo tanto el tratamiento 1 presentó un pH óptimo para el desarrollo adecuado de los microorganismos, mejorando el proceso de remediación, así los sustenta Posada, (2012) que articula que el pH es importante para el desarrollo de los organismos degradadores. En consecuencia, cuanto mayor sea la diversidad de microorganismos existentes, potencialmente mayor será el rango de tolerancia. No existen unas condiciones preestablecidas que sean óptimas en todos los casos; en general, el pH óptimo para las bacterias heterótrofas es neutro (pH 6-8), mientras que es más ácido para los hongos (pH 4-5). Así mismo menciona Cando, (2011)

que en los procesos de biorremediación, el crecimiento de muchos microorganismos está dentro de un rango de pH de 6 a 8, condiciones altamente alcalinas o básicas generalmente inhiben la actividad microbiana, ratificando lo de Cando, (2011), USDA, (2011) menciona que los microorganismos del suelo proliferan con valores de pH medios y altos (>7).

Comparando con el estudio de Abigail, (2016), en la cual obtuvo como resultado en su análisis inicial y su tratamiento, un mejoramiento de pH de 0,92, comparado con el presente estudio son prácticamente iguales, mientras que el estudio de Llivichuzca, (2016), presenta un mejoramiento de pH de 1,38, siendo mayor que el presente estudio, el motivo de esta diferencia puede ser por el contenido de fósforo presente en el suelo por la aplicación de la roca fosfórica en el abono, ya que el fósforo tiende a aumentar el pH, como lo rectifica la FAO, (2007) mencionando que las rocas fosfóricas reactivas que contienen carbonatos libres (calcita y dolomita) han demostrado que pueden reducir la saturación de aluminio de los suelos ácidos aumentando el pH del suelo y, por lo tanto, disminuyen la toxicidad de aluminio para las plantas.

7.1.4 Materia orgánica.

En cuanto a lo que respecta a materia orgánica, en el análisis inicial se determinó un porcentaje del 5,1 %. Luego de la aplicación del ensayo, se determinó un porcentaje del 8,17 % en el tratamiento 1, mejorando en un 2,92%; mientras que la testigo presentó un resultado de 4,27 %, disminuyendo su porcentaje de MO en un 0,94 %. El aumento de materia orgánica en el tratamiento 1 se debe a los insumos utilizados en la elaboración del abono bocashi como es la pulpa de café,

así lo rectifica (Paschool citado por Restrepo, 2009), que menciona que la pulpa de café presenta una composición de 90,46% de materia orgánica, nitrógeno 2,30%, fósforo 0,42% y potasio 1,26%, también se debe por el rquis de banano ya que son materiales ricos en carbono (Restrepo Rivera, 2009). La disminución de la materia orgánica en la testigo puede deberse a la escasez de microorganismos descomponedores de la materia orgánica, así lo menciona la Comunidad Europea, (2009), la disminución de los microorganismos pudo ser por la presencia de glifosato en el suelo, como lo rectifica (Krzysko-Lupicka et al, como se citó en Bozzo, 2010) que indica que el glifosato en los microorganismos inhibe la población de bacterias y disminuye la cantidad de bacterias.

Por otro lado la presencia de organismos como las lombrices y los cien pies durante el monitoreo y seguimiento en el tratamiento 1 se encontraron rangos entre 3 - 5 individuos cada 15 días en dos kilogramos de suelo, la presencia de estos invertebrados es de suma importancia, ya que son indicadores de la materia orgánica en el suelo, porque utilizan la materia orgánica como alimento, así lo rectifica la FAO, (s, f) que establece que los organismos del suelo (biota), incluyendo los microorganismos, usan los residuos de las plantas y los animales y los derivados de la materia orgánica como alimentos, además los microorganismos, tales como las bacterias, y los invertebrados grandes como las lombrices de tierra y los insectos, ayudan a descomponer los residuos mediante su ingestión y mezcla con el mineral madre del suelo; en el proceso reciclan energía y nutrientes de las plantas.

Comparando con el estudio de Abigail, (2016), en la cual obtuvo como resultado un porcentaje de mejoramiento de MO de 4,89 %, comparado con el

estudio es mayor, mientras que en el estudio de Llivichuzca, (2016), la materia orgánica mejoró en un 2,89 % que es relativamente menor al presente estudio; en el caso de Abigail, el cual presentó un porcentaje de mejoramiento más alto que el presente estudio, es por la cantidad de abono aplicado a su tratamiento, cuya relación es de 64 % de suelo contaminado y 36 % de abono bocashi, siendo mayor que el presente estudio cuya relación fue de 71 % de suelo contaminado y solo 29 % de abono bocashi aplicado al tratamiento 1, por esta razón el porqué del aumento de materia orgánica en su tratamiento, mientras que en la comparación con Llivichuzca presenta resultados casi iguales en el porcentaje de mejoramiento de MO con el estudio, es por el porcentaje de aplicación del abono en su tratamiento que es de 33 %, siendo casi igual el porcentaje de aplicación del estudio.

7.1.5 Nitrógeno.

Con respecto al nitrógeno en el análisis inicial se determinó una concentración de 4219 ppm. Después del ensayo el tratamiento 1 presentó una concentración de 3867 ppm, mejorando en un 352 ppm de nitrógeno; en cambio la testigo presentó una concentración de 2890 ppm; que es inferior a la muestra inicial, con una disminución de 977 ppm. El aumento de nitrógeno en el tratamiento 1 es debido al estiércol de cuy y pulpa de café que se agregó en el bocashi, según (Paschool como se citó en Restrepo, 2009), ya que es la principal fuente de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro (Suquilanda, 2016), como también lo rectifica (SEPAR citado por la FAO, s.f), el estiércol de cuy presenta mayor composición química que el estiércol vacuno, cuyo aporte es N 0,60%, P 0,03 (bajo contenido); K 0,18%; Ca 0,55%; Mg 0,18%.

Comparando con los resultados del estudio de Abigail, (2016), presentó un mejoramiento de nitrógeno de 2358 ppm entre su análisis inicial y tratamiento, en comparación con los resultados del presente estudio es muy alto; en el estudio de Llivichuzca, (2016) muestra un mejoramiento de nitrógeno de 1021 ppm, que es igualmente superior al presente estudio, el motivo de la diferencia de los resultados con el estudio, es también por el porcentaje de aplicación del abono bocachi a los tratamientos, ya que mayor concentración de abono al suelo, mayor será la concentración de nitrógeno.

7.1.6 Fosforo.

El fosforo en el análisis inicial se determinó una concentración de 73,32 ppm. Luego de la aplicación del ensayo, en el tratamiento 1 se determinó una concentración de 188,12 ppm, mejorando en un 114,8 ppm; mientras que la testigo presento un resultado de 67,14 ppm, disminuyendo su concentración de fosforo en un 6,18 ppm, el aumento de fosforo se debe por los insumos aplicados para la elaboración del abono bocashi especialmente el estiércol de cuy y la roca fosfórica (Restrepo, 2007) o como también lo establece Munera y Meza, (s. f) que menciona que los contenidos altos de fosforo se puede presentar por dos orígenes: provenientes de la síntesis microbial y residuos orgánicos que en general, llegan al suelo con un contenido de fósforo variable entre 0,05% y 0,5%, así también comprobaron que la transformación de los fosfatos de un compuesto a otro está controlada principalmente por el pH. A medida que los suelos se tornan ácidos, las actividades del hierro y el aluminio aumentan y los fosfatos de Calcio relativamente solubles, se convierten en compuestos de hierro y aluminio menos solubles, es decir, que los factores que determinan la presencia de fosforo es el pH.

Comparando con los resultados del estudio de Abigail, (2016), presentó un mejoramiento de fósforo de 160,4 ppm entre su análisis inicial y tratamiento, en comparación con los resultados del presente estudio es muy alto; en el estudio de Llivichuzca, (2016) muestra un mejoramiento de fósforo de 59,35 ppm, que es inferior al presente estudio; en el caso de Abigail, el cual presentó un mejoramiento de fósforo más alto que el presente estudio, esto también se debe por la cantidad de abono bocashi aplicado en su estudio, de acuerdo a su relación, por esta razón el porqué del aumento de fósforo en su tratamiento, mientras que en el estudio de Llivichuzca presenta un resultado de mejoramiento de fósforo inferior al presente estudio, el motivo de esta diferencia pudo ser por la baja síntesis microbiana, ya que por medio de la actividad de los microorganismos permiten la disponibilidad de fósforo en el suelo, aumentando o reduciendo su concentración, así lo establece Munera y Meza, (s. f).

7.1.7 Potasio.

El potasio en el análisis inicial presentó un resultado de 20,68 ppm, culminado el ensayo experimental en el tratamiento 1 se determinó una concentración de 223,23 ppm, mejorando en un 202,55 ppm; mientras que en el testigo presentó un resultado de 29,14 ppm, mejorando también en un 8,46 ppm, el aumento de potasio en el tratamiento 1 es por la agregación de maleza, como lo rectifica Suquilanda, (2016) que articula que la melaza es la principal fuente de energía para la fermentación de los ingredientes que se emplean en la fabricación del bocashi, favorece la multiplicación de la actividad microbiana. Es rica en nutrientes tales como potasio, calcio, magnesio, conteniendo además oligoelementos como el boro. Además ayuda a los microorganismos a catalizar diferentes reacciones

químicas, así lo sustenta (Ríos citado por Ñustez, 2012) que menciona que el Potasio (K) es requerido por una gran cantidad de microorganismo para catalizar diferentes reacciones bacterianas, interviene en procesos químicos dentro de las células y contribuye a mantener el agua en las células.

Comparando con los resultados del estudio de Abigail, (2016), presentó un mejoramiento de potasio de 221,34 ppm entre su análisis inicial y tratamiento, en comparación con los resultados del presente estudio es relativamente alto; en el estudio de Llivichuzca, (2016) muestra un mejoramiento de potasio de 153,67 ppm, que es inferior al presente estudio; en el caso de Abigail, el cual presentó un mejoramiento de potasio más alto que el presente estudio, esto también se debe por la cantidad de abono bocashi aplicado en su estudio, de acuerdo a su relación, por esta razón el porqué del aumento de potasio en su tratamiento, mientras que en el estudio de Llivichuzca presenta un resultado de mejoramiento de potasio inferior al presente estudio, el motivo de esta diferencia pudo también ser por la baja síntesis microbiana, provocando un déficit en la concentración de potasio en el suelo.

7.1.8 Glifosato.

En lo que respecta al glifosato, en el análisis inicial se determinó una concentración de 0,5 mg/kg en el suelo. Luego de la aplicación del ensayo, se determinó una concentración de 0,05 mg/kg en el tratamiento 1, dando un porcentaje de remediación del 90%; mientras que en la testigo presentó un resultado de 0,5 mg/kg, siendo igual al análisis inicial, dando un porcentaje de remediación del 0 %, la razón del porcentaje de remediación en el tratamiento 1 es por la

actividad microbiológica presentes en el abono bocashi y por el suministro de aire inyectado en el sustrato, ya que el abono es una fuente de alimento y hábitat para la supervivencia de los microorganismos, así lo sustenta la FAO, (2011), que recalca que por medio de la inoculación y reproducción de microorganismos nativos presentes en los suelos locales y levaduras, los materiales se transforman gradualmente en nutrientes de excelente calidad disponibles para la tierra, las plantas y la propia retroalimentación de la actividad biológica. Uribe, (2003) menciona que en los análisis microbiológicos del Bocashi incluyen la estimación de microorganismos (hongos, actinomicetos y bacterias totales), de los cuales el más importante para la degradación del glifosato son las bacterias, así lo rectifica el estudio realizados por Martínez, Bernal, Agudelo y Bernier (2012) que mostraron que *P. fluorescens* y consorcios bacterianos, *P. fluorescens* + *P. aeruginosa* y *B. gladioli* + *P. fluorescens* + *F. oryzihabitans*, presentaron la mayor capacidad de degradación ($P = 0.004$) con diferencias en el porcentaje de tolerancia al herbicidas, además comprobaron que los microorganismos utilizan el glifosato como única fuente de carbono y actuaron sinérgicamente para resistir hasta un 30 % del herbicida resultando promisorio su uso en programas de biorremediación. El sistema de aireación ayudo oxigenar al tratamiento promoviendo la actividad de los microorganismos como lo sustenta USEPA, (1995) el Bioventeo (inyección de aire) aumenta la actividad bacteriana indígena y simula lo natural en la biodegradación in situ, como también sirve para proporcionar suficiente oxígeno para sostener la actividad microbiana.

Comparando con el estudio de Abigail, (2016) y Llivichuzca, (2016), presentaron igual porcentaje de descontaminación, es decir un 90% de remoción

del glifosato en sus tratamientos utilizando el abono bocashi, pero con técnicas diferentes, como es el caso de Abigail que utilizo la técnica de biopilas siendo casi igual al presente trabajo, mientras que el estudio de Llivichuzca utilizando la técnica de biolabranza.

El costo de remediación para una hectárea en el presente estudio es de 27.293,84 USD, en comparación con los costos obtenidos por Abigail, (2016), para una hectárea el costo total es de 54.081,00 USD, mientras Llivichuzca, (2016), su costo de remediación para una hectárea es de 42.222,00 USD. Los costos de estos estudios son superiores a los costos del presente estudio, por lo tanto se concluye que con la aplicación del abono orgánico bocashi al suelo mejorar su fertilidad y remedia suelos contaminados con glifosato, pero su costo de remediación en superficies grandes es muy elevado, por esta razón se recomienda realizarlo en un periodo de tiempo de 4 años, minimizando de esta manera los costos de remediación a 22.400,00 USD. Por cuanto si se aplica 2933 quintales de abono al suelo en una ha, de acuerdo al cálculo realizado en el presente estudio, el porcentaje de remediación serán 90%, por lo tanto con la aplicación de solo 800 sacos/ha durante los 4 años, el porcentaje de remediación en el primer año será de 24,5 %, mientras que en los tres años siguientes aplicando 800 sacos más por cada año, el porcentaje de remediación irá aumentando en un 24,6 %, dando así en el último año un porcentaje de remediación de 98,2 %, acercándose al porcentaje si se aplicara 2933 quintales en una hectárea.

8 CONCLUSIONES

- La aplicación del abono orgánico bocashi en el suelo aumenta significativamente su fertilidad, mejorando la materia orgánica en un 2,92 %, el nitrógeno 352 ppm, fósforo 114,8 ppm y potasio 202,55 ppm, con la aplicación de 40 kg de abono en una superficie de 3 m².
- El suelo de esta zona en la fase de diagnóstico muestra que son medianamente fértiles, es decir, su nivel de degradación es mínima, por los valores de los diferentes elementos analizados, en especial el contenido de materia orgánica que presentó un porcentaje de 5,21 % lo que significa un estado moderado para la agricultura.
- La aplicación del abono orgánico bocashi, mediante la técnica de biopilas y un sistema de aireación es un tratamiento efectivo para remediar suelo contaminados por glifosato, de acuerdo a los resultados del presente estudio, en la cual se estableció una remoción del 90% de glifosato en el suelo con una concentración de 0,5 mg/kg de glifosato, durante un periodo de 3 meses.
- Para remediar una hectárea la cantidad de abono orgánico que se debe aplicar es de 2.933,4 qq, aumentando la materia orgánica en un 3 o 4% aproximadamente, dando un costo total de inversión de 27.293,84 USD, incluyendo la maquinaria pesada, la mano de obra y la compra del abono, pero el costo se lo puede reducir si se lo realiza en periodos de tiempo más largos como en 4 años, bajando de esta manera el costo a 22.400,00 USD.

9 RECOMENDACIONES

- Las instituciones encargadas en fomentar la soberanía alimentaria en la provincia de Zamora Chinchipe, se recomienda que tomen en cuenta al bocashi como una forma de mejorar la fertilidad de los suelos, en sus planes o proyectos que estén destinados al manejo agroecológico del suelo, ya que este tipo de abono aportan significativamente nutrientes y materia orgánica al suelo que son indispensables para el desarrollo agrícola.
- Para tratar suelos contaminadas con glifosato, el abono bocashi sería una alternativa eficaz para remediar, pero se recomienda aplicar en grandes cantidades de abono para tener buenos resultados.
- Se investigue un poca más las propiedades biológicas del bocashi a nivel microbiológico, ya que puede ser un alternativa para degradar compuestos orgánicos resistentes en el suelo.
- Realizar estudios con la aplicación del abono bocashi para degradar suelos contaminados por hidrocarburos.
- El abono bocashi puede ser un alternativa para remediar suelos contaminados por metales pesados como el plomo.

10 BIBLIOGRAFIA

Abigail, T., (2016). *Determinación del porcentaje biorremediador del bocashi en suelos contaminados por glifosato mediante la técnica de biopilas en cultivos asociados de café y cacao en el barrio San Roque, cantón El Pangui, provincia Zamora Chinchipe*. Universidad Nacional de Loja, Sede-Zamora. Zamora. Ecuador.

Asamblea constituyente del Ecuador. (2008). *Constitucion de la Republica del Ecuador*. Montecrisis.

Asociacion Argentina de Ecología, (2012). Efectos del herbicida glifosato sobre la estructura y el funcionamiento de comunidades microbianas de dos suelos de plantaciones de olivo. Argentina. P. 39-41.

Bozzo. (2010). Persistencia del glifosato y efecto de sucesivas aplicaciones en el cultivo de soja en agricultura continua en siembra directa sobre parametros biologos del suelo. Montevideo.

Campillo, R. y Sadzawka, A. (s. f). La acidificación de los suelos, orígenes y mecanismos involucrados. Colombia. Pp. 44-45. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR33853.pdf>. Fecha de consulta 18-10-2016.

Comunidad Europea, (2009). *Proceso de degradacion del suelo*. Agricultura sostenible y conservacion de los suelos.parr. 1. Disponible en: <http://agriflife.jrc.ec.europa.eu/documents/ESFactSheet-03.pdf>.

Cando, M., (2012). *Determinacion y analisis de un proceso de biorremediación de seulos contaminados por hidrocarburos*. Universida Politécnica Salesiana. Cuenca. Ecuador. pp. 13-14.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). (2009). *Evaluación de la Información Científica vinculada al glifosato en su incidencia sobre la salud humana y el ambiente*. Buenas Aires. Argentina.

Consejo Supremo de Gobierno. Decreto No. 374, (1976). *Ley y Control de Contaminación Ambiental. Capítulo VII de la Prevención y Control de la Contaminación de los Suelos*. Ecuador.

Ecologistas en Acción. (11 de mayo, de 2015). *Que es el glifosato*. Obtenido de Campaña "Los herbicidas nos enferman: <https://nomasvenenosencanarias.wordpress.com/que-es-el-glifosato/> (parr. 4).

Restrepo Rivera, J. (2009). *Manual practico de agricultura orgánica y panes de piedra*. Cali. Recuperado el 25 de Mayo de 2016, de <http://www.agricolturaorganica.org/wp-content/uploads/uploads-pubblicazioni/Manual-Practico-de-Agricultura-Organica-y-Panes-de-Piedra.pdf>

Fassbender, H. y Bornemiza, E., (1987). *Química de los con énfasis en suelos de América Latina*. IICA, San José, Costa Rica.

Gaceta Ecologica. (2003). *El composteo: una alternativa tecnológica para la biorremediación de suelos en México*. Mexico.

Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquia Rural de Pachicutza. (2012-2021).

PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARROQUIAL RURAL DE PACHICUTZA. Ecuador.

Hernández, P., (2012). Determinación de la calidad microbiológica del abono orgánico bocashi durante el proceso de fabricación y almacenamiento. Trabajo de investigación como requisito parcial para optar por el título de licenciada en microbiología y química clínica y grado profesional de doctora en microbiología y química clínica. Facultad de microbiología. Universidad de Costa Rica. pp 45.

Ibáñez, J. (05 de Julio de 2006). Madrid, Un Universo invisible bajo nuestros pies. Obtenido de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/07/05/33887>

Iñiguez, I 2010. *Fertilidad, fertilizantes y fertilización del suelo.* Primera edición. Editorial universitaria, 2007. Unl. Loja, Ecuador

Iturbe, 2010. *¿Qué es la biorremediación?* Universidad Nacional Autónoma de México. Primera edición. México Distrito Federal, México

Jaramillo, 2002. *Introducción a la Ciencia del Suelo.* Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

Loya, D. (2013). *Tecnologías para la restauración de suelos contaminados por hidrocarburos.* Universidad Veracruzana, Tuxpan, México.

Llivichuzca, G. (2016). *Determinación del porcentaje de remediación del bocashi para suelos contaminados por glifosato, mediante la técnica de Biolabranza en cultivo asociados de café y cacao en el barrio san roque, parroquia Pachicutza,*

cantón el Pangui, provincia de Zamora Chinchipe. Universidad Nacional del Loja, Sede-Zamora. Zamora. Ecuador.

Maroto Arroyo, M. E., & Rogel Quesada, J. M. (s.f.). *APLICACIÓN DE SISTEMAS DE BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS Y AGUAS CONTAMINADAS POR HIDROCARBUROS.*(p. 300).

Martin, 2011. *Impacto del uso de plaguicidas asociados al cultivo de soja transgénica sobre especies no blanco de la flora riparia y acuática.* Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.

Martínez, Bernal, Agudelo y Bernier, 2012. *Tolerancia y degradación del glifosato por bacterias aisladas de suelos con aplicaciones frecuentes de roundup sl®.* Departamento de Química, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Recuperado el 23 de Mayo del 2016, en: https://www.researchgate.net/publication/259466442_TOLERANCIA_Y_DEGRADACION_DEL_GLIFOSATO_POR_BACTERIAS_AISLADAS_DE_SUELOS_CON_APLICACIONES_FRECUENTES_DE_ROUNDUP_SLR

MENA, P.,C. JOSSE & G. MEDINA (Eds.). 2000. Los Suelos del Páramo. Serie Páramo 5. GTP/Abya Yala. Quito. p. 10.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Acuerdo Ministerial 028.* Quito.

Munera, G. y Meza D., (s. f). *El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal.* Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. Recuperado el 20 de Noviembre de 2016, de

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5248/el%20fosforo%20elemento.pdf?sequence=1>

Ñustez, D. (2012). *Biorremediación para la degradación de hidrocarburos totales presentes en los sedimentos de una estación de servicio de combustible*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Propiedades del suelo. Portal de la FAO*.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *ELABORACION Y USO DEL BOCASH*. Salvador

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR*. Santiago de Chile.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f). Recuperado el 05 de Noviembre de 2016, de <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s07.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f). *Materia orgánica y actividad biológica*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2016, de: http://www.fao.org/ag/Ca/Training_Materials/CD27Spanish/ba/organic_matter.pdf.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2007). *Utilización de la roca fosfórica para una agricultura sostenible*. Roma. Recuperado el 03 de Diciembre de 2016, de <http://www.fao.org/3/a-y5053s.pdf>

Pascual, R y Vanegas, S. (s. f). La materia orgánica del suelo. Papel de los Microorganismos. Disponible en: <http://www.ugr.es/~cjl/MO%20en%20suelos.pdf>. Fecha de consultada 18-10-2016.

Paredes, M. C., (2013). Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en:<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas.pdf>. pp. 6-7.

Pazmiño, J., (2014). *Evaluación de tres métodos de fertilización orgánica para el mejoramiento de la producción en el cultivo de col (Brassicaoleracea) en la granja del colegio Técnico Agropecuario Chunchi*. Universidad Técnica de Ambato. Ambato. Ecuador. p. 22.

Perdomo, C y Barbazán, M. (s. f). Nitrógeno. Facultad de Agronomía Universidad de la Republica. Uruguay. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>. Fecha de consulta 18-10-2016.

Pineda, E., Alvarado, E., & Canales, F. (1994). *Metodología de la Investigación. Manual para el desarrollo de personal de salud* (Segunda ed.). Washington, Estados Unidos. Recuperado el 23 de Mayo de 2016

Plan de Manejo Ambiental Erradicación de Cultivos Ilícitos. 2000. *Identificación del herbicida glifosato propiedades y toxicidad*.

Posada, R., (2012). *Proceso de biorremediación*. Universidad nacional de Abierta y a Distancia-UNAD. Bogotá. Colombia. pp. 19-20. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358025/Modulo_FINAL_358025.pdf

Restrepo, J. (2007). El A,B,C de la agricultura orgánica y harina de rocas. Recuperado el 05 de Noviembre de 2016.

Roldán Martín, A., & Iturbe Arguelles, R. (2002). Saneamiento de Suelos Contaminados con Hidrocarburos mediante Biopilas. Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado el 24 de Mayo de 2016, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/029.pdf>

Ruiz, A. (2012). *Efecto y persistencia del glifosato sobre parámetros*. Consultado 10 May 2015. Obtenido de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1986/1/03%20RNR%20154%20TESIS.pdf>

Salazar, M. 2010. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. Consultado 08 de Jul 2015. Obtenido de HERBICIDA GLIFOSATO: USOS, TOXICIDAD Y REGULACIÓN:<http://www.biotecnica.uson.mx/revistas/articulos/16-BIO-11-DPA-04.pdf>.

Sánchez, E., (2009). *Evaluación de la fertilización química y orgánica en el cultivo de lechuga variedad (Verpia) en la comunidad de Florencia – Tabacundo, provincia de Pichincha*. Universidad Técnica del Norte. Ibarra. Ecuador. p. 86.

Sánchez, J., (2007). *Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas. Conceptos básicos*. FERTITEC S.A. Lima, Perú. pp 19

Suquilanda, M. (2016). *Abonos orgánicos y biofertilizantes*. MAGAP. Quito. Ed. Publiasesores.

Toledo Morán, B. K. (2009). *“Aplicación de Procesos Biológicos como medida Remediación para recuperar suelos Limo-Arcillosos contaminados con Gasolina”*. Guayaquil.

TEJADA, M. 2009. *Evolution of soil biological properties after addition of glyphosate, diflufenican and glyphosate + diflufenican herbicides*. Chemosphere. p 365-373. Consultado 06 de Jul 2015. https://books.google.com.ec/books?id=smlY_aYjk2YC&pg=PA253&lpg=PA253&dq=TEJADA,+M.+2009.+Evolution+of+soil+biological+properties+after+addition+of+glyphosate,+diflufenican+and+glyphosate+%2B+diflufenican+herbicides.+Chemosphere.&source=bl&ots=MZJnIU3Qry&sig=G2m6UvltiXcZXYXMby7ncSa8jpQ&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjP29bJ2fPMAhUKNiYKHRTZCD8Q6AEIKjAB#v=onepage&q=TEJADA%2C%20M.%202009.%20Evolution%20of%20soil%20biological%20properties%20after%20addition%20of%20glyphosate%2C%20diflufenican%20and%20glyphosate%20%2B%20diflufenican%20herbicides.%20Chemosphere.&f=false.

Torres y Zuluaga. (2009). *“Biorremediación de suelos contaminados por Hidrocarburos”*. Medellín.

Tilman, D., (1999). *Global Environmental Impact of Agricultura Expansion: the deen fofr sustainable and efficient practices*. Academy of USA.

Undurraga, P., (s.f). *Conceptos de Fertilidad Fosfatada en suelos volcanicos*. Centro de investigacion Remehue, Instituto de investigaciones Agropecuarias INIA.

Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR25013.pdf>.

[Fecha de consulta 19/10/2016. p. 4.](#)

United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2009. Irregation Guide. Soils Chapter Two. Reference Subjects – Engineering. North Dakota, USA. pp. 5.

United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2011. *Soil Quality Concepts. Indicators Texture*, pp8. Disponible en: <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/national/home/>.

Uribe, L. (2003). Calidad microbiológica e inocuidad de abonos orgánicos. En: Ed. Meléndez, G. Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura, San José, Costa Rica : CIA-UCR. 2003. pp. 165-184

USEPA. *Soil Vapor extraction (SVE) enhancement technology resource guide: air sparging, bioventing, fracturing, thermal enhancements*. EPA 542-B-95-003 (1995).

Vargas, C. (2012). *Caracterizacion fisico-quimica de suelos en plantaciones de (Pinus radiata) en acosa, parroquia Lasso, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

11 ANEXOS

Anexo 1. Entrevista al propietario del terreno.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA: Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

Sede-Zamora

Ficha de Caracterización del lugar a muestrear

DATOS GENERALES			
Provincia:		Parroquia:	
Cantón:		Sector:	
UBICACIÓN GEOGRAFICA			
Coordenadas:			Altitud
			Área:
Temperatura:		Clima:	
DATOS DE LA COMUNIDAD			
Habitantes:		Servicios Básicos	Luz
Instituciones Educativas:			Agua Potable
Salud:			Alcantarillado

DATOS DE LA FINCA									
Principales actividades socioeconómicas	Agricultura		Uso agroquímicos	de	¿Cuales?	Tiempo de uso	Permanente	Ocasional	
	Ganadería		Fungicidas						
	Psicultura		Herbicidas						
	Comercio		Plaguicidas						
	Otras:			Fertilizantes					
				Otros					
Principales cultivos	ha	Cant. Prod	Realiza rotación de cultivos?		Realiza asociación de cultivos				
1. 2. 3. 4.			Si		Si				
			No		No				
			Permanente		Permanente				
			Ocasional		Ocasional				
Implementos que utiliza para la producción		Problemas más comunes de los cultivos							
Maquinaria		1.	3.						
Equipos		2.	4.						
Herramientas manual		Problemas comunes de salud en la familia							
Otras									

Anexo 2. Ficha técnica Glifosol



Arysta LifeScience

GlifoSol®

FICHA TÉCNICA

GLIFOSOL® SL

REGISTRO VENTA ICA N° 2337

TITULAR DEL REGISTRO:

ARYSTA LIFESCIENCE COLOMBIA S.A



DESCRIPCIÓN

GLIFOSOL® SL es un herbicida no selectivo de acción sistémica, de amplio espectro, adecuado para el control post emergente de las malezas anuales y perennes en áreas agrícolas, industriales, caminos, vías férreas, etc. No actúa sobre las semillas que existan por debajo del suelo y tampoco es absorbido por raíces. No es de acción residual prolongada y no actúa como un herbicida esterilizante del suelo.

Ingrediente Activo:	Glifosato
Concentración:	480 g/L
Nombre químico:	isopropilaminio N-(fosfonometil) glicinato
Tipo de Formulación:	Concentrado Soluble SL
Grupo químico:	Glicinas
Clasificación HRAC:	G
Clasificación WSSA:	9
Número de Identificación UN:	2783
Categoría Toxicológica:	IV – Ligeramente Tóxico
Franja Toxicológica:	Verde
Cultivo Registrados:	Café, arroz, caña de azúcar, banano, potreros, áreas no agrícolas.
Malezas a controlar:	Paja de perro (<i>Chloris radiata</i>), Zacate (<i>Paspalum macrophyllum</i>); Siempre viva (<i>Drymaria cordata</i>), Hierba de pollo (<i>Commelina diffusa</i>), Gitana amarilla (<i>Plantago rugelii</i>), Corazón herido (<i>Polygonum nepalense</i>), Hierba mala (<i>Sigesbeckia jarullensis</i>).
Presentaciones:	1 Litro, 4 Litros, 20 Litros y 200 Litros.

VERSIÓN N° 1 - FEBRERO



RECOMENDACIONES DE USO

Cultivo	Dosis
Café	Aplicar GLIFOSOL® SL en dosis de 4L/Ha. y un volumen de aplicación de 200L/Ha, obteniendo una acción eficaz y prolongada en el cultivo de Café; las malezas controladas son: Paja de Perro (<i>Chloris radiata</i>), Zacate (<i>Paspalum macrophyllum</i>), Siempre viva (<i>Drymaria cordata</i>), Hierba de pollo (<i>Commelina difusa</i>), Gitana Amarilla (<i>Plantago rugelii</i>), Corazón herido (<i>Polygonum nepalense</i>), <i>Sigesbeckia jorullensis</i> .
Arroz	Aplicar GLIFOSOL® SL en el Control de malezas o quemas en dosis de 4.0 L/Ha y un volumen de aplicación de 200 L/Ha, obteniendo una acción eficaz en el control de las siguientes malezas Monocotiledóneas: Liendre puero (<i>Echinochloa colona</i>), Falsa caminadora (<i>Ischaemum rugosum</i>), Arroz rojo (<i>Oryza sativa</i>) y Palo de agua (<i>Ludwigia spp</i> y para el control de malezas Dicotiledóneas <i>Fimbristylis miliacea</i>
Caña de Azúcar	Aplicar de 1,0 a 1,2 litros/ha como madurante en cañas de 10 a 12 meses de edad. Coseche 40 a 60 días después de la aplicación.
Banano	Aplicar GLIFOSOL® SL 4,0 litros / Ha, para el control de Coquito (<i>Cyperus rotundus</i>), Guardarrojo (<i>Digitaria sanguinalis</i>), Pasto Para (<i>Brachiaria spp.</i>), Liendre de Puero (<i>Echinochloa colonum</i>), Pata de Gallina (<i>Eleusine indica</i>), Paja Peluda (<i>Paspalum fasciculatum</i>).
Potreros	Aplicar GLIFOSOL® SL en el Control de malezas o quemas en dosis de 4.0 L/Ha y un volumen de aplicación de 200 L/Ha, obteniendo una acción eficaz en el control de las siguientes malezas Monocotiledóneas: Grama de olor (<i>Anthoxanthum odoratum</i>), Pasto Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>) y Falsa poa <i>Holcus lanatus</i> y para el control de malezas Dicotiledóneas Acedera – Vinagrera (<i>Rumex acetosella</i>) y Lengua de vaca (<i>Rumex crispus</i>).
Áreas no agrícolas	Aplicar de 2,0 a 4,0 litros/ha. para el control de Yerba Agria (<i>Paspalum conjugatum</i>), Botoncillo (<i>Eclipta alba</i>), Abrojo o Botoncillo (<i>Alternanthera sp.</i>), Verbena (<i>Verbena litoralis</i>), Masequia o Chipaca (<i>Bidens pilosa</i>), Botoncillo (<i>Melanthera nivea</i>), Yerba Socialista (<i>Emilia sonchifolia</i>), Botoncillo (<i>Borreria laevis</i>), Manrubio (<i>Ageratum conyzoides</i>). Para aplicaciones localizadas en especies perennes, utilice soluciones de GLIFOSOL® SL del 1,0 al 2,0 por ciento (uno a dos litros de GLIFOSOL® SL en 100 litros de agua).

VERSIÓN N° 1 - FEBRERO

Anexo 3. Etiqueta para la muestra de suelos.

DATOS DE LA MUESTRA	

FECHA :	CÓDIGO:
_____	_____
COORDENADAS UTM:	CANTIDAD:
_____	_____
RESPONSABLE :	

Anexo 4. Ficha técnica para el seguimiento y control.

INDICADOR	METODO	15 días		30 días		45 días		60 días	
		T1 R1	T1 R2	T1 R1	T1 R2	T1 R1	T1 R2	T1 R1	T1 R2
		Fecha:		Fecha:		Fecha:		Fecha:	
Lombrices	Numero de lombrices en de dos kg de suelo								
Cien pies	Numero de cien pies de dos kg de suelo								
Temperatura	Grados centígrados								
PH	Numero								
Humedad	Clasificación								

Observaciones.....



.....

Anexo 5. Tabla de valores de Chi-cuadrado crítico.

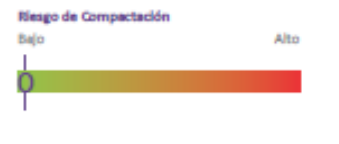
p	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995
$v=1$	0,00004	0,0002	0,001	0,004	0,016	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	1,610	9,236	11,070	12,833	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	2,833	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	3,490	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	4,168	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,538	3,247	3,940	4,865	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	5,578	17,275	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	6,304	18,549	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	7,042	19,812	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	7,790	21,064	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	8,547	22,307	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	9,312	23,542	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	10,085	24,769	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	10,865	25,989	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	11,651	27,204	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	12,443	28,412	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	13,240	29,615	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	14,041	30,813	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	14,848	32,007	35,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	15,659	33,196	36,415	39,364	42,980	45,559
25	10,520	11,524	13,120	14,611	16,473	34,382	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	17,292	35,563	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	18,114	36,741	40,113	43,195	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	18,939	37,916	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	19,768	39,087	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	20,599	40,256	43,773	46,979	50,892	53,672
40	20,707	22,164	24,433	26,509	29,051	51,805	55,758	59,342	63,691	66,766
50	27,991	29,707	32,357	34,764	37,689	63,167	67,505	71,420	76,154	79,490

v = número de grados de libertad

Anexo 6. Resultado de la muestra inicial.

AGQ [®] Labs & Technological Services		INFORME DE ENSAYO - SUELO		  ACCREDITED Soil Laboratory TL-001	
Nº de Referencia:	5-16/27951	Registrada en:	AGQ Ecuador	Fecha Recepción:	04/06/2016
Análisis:	5-1277-PE	Centro Análisis:	AGQ Perú	Fecha Fin:	28/06/2016
Tipo Muestra:	SUELO AGRICOLA	Fecha/Hora Muestreo:	02/06/2016	Contrato:	PRE-EC16-002 08
Muestreado por:	Cliente	Fecha Inicio:	13/06/2016	Cliente SP:	---
Descripción:	FINCA ROMERO	Domicilio:	EL PANGUI		
Cliente:	TERESA ABIGAILLOZANO QUITUZACA				

FERTILIDAD FÍSICA

* Granulometría	Franco-Arenosa	
* Arcilla	15,0 %	
* Limo	0,00 %	
* Arena	85,0 %	

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método
Humedad	24,0	%						PNT PE-080

PROPIEDADES QUÍMICAS

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método
* Nitrógeno Dumas	3,867	mg/kg		1,000		1,500		PNT PEC-034



FERTILIDAD NUTRICIONAL

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método
* Fósforo Disponible	32,0	mg/kg		20,0		40,0		PNT PEC-004
* Materia Orgánica Coldab	5,21	%		1,20		2,00		PNT PEC-013
pH (Extracto 1/1)	5,19							Extrac. Acuosos PEC-001

COMPLEJO DE CAMBIO

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método
* Potasio Cambio	0,44	meq/100 g		0,50		0,80		PNT Ac NH4 PEC-009


RELACIONES CATIONICAS

% Cationes de Cambio	
● K C(100%/1,00%)	
Ideal	
Real	


NOTA
 Nota: L.C.: Límite de Cuantificación. SP: sólo parental. Los Resultados de este Informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este Informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. N/L: No Legislado.

OBSERVACIONES:
 MUESTRA DE SUELO AGRICOLA TOMADA DE LA FINCA DE LA FAMILIA ROMERO


FECHA EMISIÓN: 28/06/2016



Yoel Iñigo COP 826
 Resp. Lab. Inorgánico


INFORME DE ENSAYO				
				
Nº de Referencia: S-16/28649 Descripción: FINCA DE LA FAMILIA ROMERO		Tipo Muestra: SUELOS Fecha Fin: 06/07/2016		
RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Gifosato	< 0,50	-	mg/kg	
<p>Note: Los resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. NA: Ensayo subcontratado y no acreditado</p>				
Labs & Technological Services AGQ, S.L. Ctra A-435 Km 24,3 41220 Burguillos, Sevilla, España				2/3
T: (+34) 955 738 908 F: (+34) 955 738 912		agq@agq.com.es		www.agqlabs.com

Anexo 7. Resultado del análisis químico y físico del abono bocashi.



INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
km 12 1/2 via El Descanso - BULLCAY - Gualaceo www@iniap.gob.ec
Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



Ministerio de
Agricultura, Ganadería,
Acuicultura y Pesca

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : TERESA LOZANO QUITUISACA
Dirección :
Ciudad : EL PANGUI
Teléfono : N/E Correo-e : N/E
Técnico : ING. TERESA ABIGAIL LOZANO

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre :
Provincia : ZAMORA CHINCHIPE
Parroquia : EL PANGUI
Ubicación : SAN ROQUE
Latitud : Longitud:

DATOS DE LA MUESTRA


Fecha Muestreo : 30/06/2016
Fecha Ingreso : 04/07/2016
Fecha Emisión : 22/07/2016
Cultivo Actual : CACAO

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100mL			ppm				meq/100mL			
			N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Σ Bases	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K	
3974	M1	8.2 MeAl	45.89 A	822.71 A	12.20 A	16.28 A	4.50 A	13.9 A	2.0 M	84.0 A	73.0 A	32.98	3.62 M	0.37 B	1.70 B	

Interpretación		
N, P, K, Ca, Mg, S		pH
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	MAC = Muy Acido Ac = Acido MeAc = Med. Acido LAc = Lgt. Acido PN = Franc. Negro	N = Neutro LAI = Lgt. Alcalino MeAl = Med. Alcalino Al = Alcalino RC = Requiere Cal
B = Bajo M = Medio A = Alto		

Determinación	Metodología	Extractante
N, P	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 1.5
pH	Potenciométrica	Suelto: agua (1:2.5)
S	Turbidimetría	Fosfato de Ca
B	Colorimetría	Monobásico


Niveles Medios de Referencia					
N	20 - 40	Mg	1.0 - 3	Fe	20 - 40
P	10 - 20	S	10 - 20	Mn	5 - 10
K	0.2 - 0.4	Zn	4.0 - 8.0	B	0.5 - 1.0
Ca	4 - 8	Cu	1.0 - 10.0	Cl	-


Responsable Laboratorio

N/E : No entrega.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, los datos deberán ser apropiadamente citados.

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
Laboratorista

Fecha de Impresión: 22/07/2016 Página 1 de 2



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 km 12 1/2 via El Descanso - BULLCAY - Gualaquío - www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 21711161



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre : TERESA LOZANO QUITUISACA				Nombre : ZAMORA CHINCHIPE				Fecha Muestreo : 30/06/2016			
Dirección : EL PANGUI				Provincia : ZAMORA CHINCHIPE				Fecha Ingreso : 04/07/2016			
Ciudad : N/E				Parroquia : EL PANGUI				Fecha Emisión : 22/07/2016			
Teléfono : N/E				Ubicación : SAN ROQUE				Cultivo Actual : CACAO			
Técnico : ING. TERESA ABIGAIL LOZANO				Latitud :				Longitud :			

N° Laborat.	Identificación	Textura (%)			Clase Textural	cm ³ /cm ³				cm/h gr/cm ³		meq/100mL			dS/m	%	M.S.	H.
		Arena	Limo	Arcilla		C.C.	Sat.	P.M.	A.D.	C.H.	D.A.	Al+H	Al	Na				
3974	M1	62	14	24	Franco-Arcillo-Arenoso	0.24	0.46	0.15	0.09	0.45	1.37				10.95MS	32.93	A	

Interpretación		
Al+H, Al, Na	C.E.	M.O.
Ad = Adecuado	NS = No Salino	B = Bajo
LT = Ligero, Tóxico	LS = Lig. Salino	M = Medio
T = Tóxico	S = Salino	A = Alto
	MS = Muy Salino	

Abreviaturas	
C.C.	Capacidad de Campo
Sat.	Saturación
P.M.	Punto de Marchitez
A.D.	Agua Disponible
C.H.	Conductividad Hidráulica

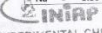
Abreviaturas	
C.E.	Conductividad Eléctrica
M.O.	Materia Orgánica
D.A.	Densidad Aparente
Nt	Nitrógeno Total
CN	Relación Carbono: Nitrógeno
M.S.	Materia Seca
H.	Humedad

Determinación	Metodología	Extractante
M.O.	Análisis elemental (TOC)	No Aplica
Na	Extracto de pasta saturada	Agua
C.E.	Extracto de pasta saturada	Agua
Nt	Semimicro Kjeldahl	No Aplica


Niveles de Referencia		
Lig. Yódico		Lig. Salino
Al + H	0.51 - 1.50	C.E. 2.00 - 4.00
Al	0.31 - 1.00	Medio
Na	0.50 - 1.00	M.O. 3.10 - 5.00

Responsable Laboratorio

N/E: No Entrega
 Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, los datos deberán ser apropiadamente citados.



 ESTACION EXPERIMENTAL CHUQUIP
 Laboratorio de Suelos y Aguas
Laboratorista
 Fecha de Impresión: 22/07/2016 Página 2 de 2

Anexo 8. Resultado del análisis final de las testigos.



AGQ
Laboratory Services

INFORME DE ENSAYO - SUELO





ACCREDITED
Laboratory
TL-90

Nº de Referencia: S-16/38298	Registrada en: AGQ Ecuador	Fecha Recepción: 15/09/2016
Análisis: S-1277-PE	Centro Análisis: AGQ Perú	Fecha Fin: 04/10/2016
Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA	Fecha/Hora: 14/09/2016	Contrato: PRE-EC16-002 08
	Muestreo: 26/09/2016	

Muestreado por: Cliente	Cliente 3º: ---	
Descripción: CODIGO: BSRT01	Domicilio: EL PANGUI	
Cliente: TERESA ABIGAILLOZANO QUITUZACA		


FERTILIDAD FÍSICA

<ul style="list-style-type: none"> * Granulometría Franco-Arcillosa * Arcilla 30,0 % * Limo 35,0 % * Arena 35,0 % 	<p>Riesgo de Compactación</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Bajo Alto </div> 
---	---

PROPIEDADES FÍSICAS - GRANULOMETRÍA

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	
Humedad	44,2	%						PNT	PE-980

FERTILIDAD

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	
* Fósforo Disponible	29,3	mg/kg						Olsen	PEC-004
* Materia Orgánica Oxidab.	4,27	%							PEC-013
* Nitrógeno Total	2,890	mg/kg							PEC-034
pH (Extracto 1/1)	4,61							Extrac. Acuosa	PEC-001

COMPLEJO DE CAMBIO

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	
* Potasio Cambio	0,62	meq/100 g						Ac. NHA	PEC-009

RELACIONES CATIÓNICAS


<p>NOTA</p> <p>Nota: L.C.: Límite de Cuantificación. SP: sólo parental. Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. N/L: No Legible.</p> <p>OBSERVACIONES:</p> <p>Muestra de suelo agrícola fecha: 14/09/2016. Código: BSRT01</p>	<p style="text-align: center;">% Cationes de Cambio</p> <p style="text-align: center;">● K C(100%/100%)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Ideal</p> <div style="width: 100px; height: 10px; background-color: #4a86e8; margin: 5px;"></div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Real</p> <div style="width: 100px; height: 10px; background-color: #4a86e8; margin: 5px;"></div> </div> </div> <p style="text-align: center;">FECHA EMISIÓN: 04/10/2016</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  <p>Yoel Iffigo CQP 826 Resp. Lab. Inorgánico</p> </div>
---	---

Anexo 9. Resultado del análisis final del tratamiento con su repetición.



AGQ
Labs & Technological Services

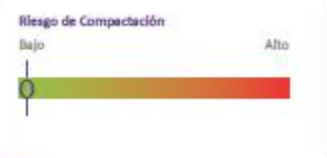
INFORME DE ENSAYO - SUELO




ACCREDITED
Testing Laboratory
TL-981

Nº de Referencia: S-16/38299	Registrada en: AGQ Ecuador	Fecha Recepción: 15/09/2016
Análisis: S-1277-PE	Centro Análisis: AGQ Perú	Fecha Fin: 04/10/2016
Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA	Fecha/Hora: 14/09/2016	Contrato: PRE-EC16-002 08
	Muestra: ---	
	Fecha Inicio: 26/09/2016	
Muestreado por: Cliente	Cliente SP: ---	
Descripción: CODIGO: BSRR02	Domicilio: EL PANGUI	
Cliente: TERESA ABIGALLOZANO QUITUZACA		

FERTILIDAD FÍSICA

* Granulometría	Franca	
* Arcilla	25,0 %	
* Limo	30,0 %	
* Arena	45,0 %	

PROPIEDADES FÍSICAS - GRANULOMETRÍA

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método
Humedad	60,0	%						PNT PE-980

FERTILIDAD

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método
* Fósforo Disponible	82,1	mg/kg	20,0			40,0		Olsen PEC-004
* Materia Orgánica Oxidab.	8,13	%	1,20			2,00		PEC-013
* Nitrógeno Total	4,219	mg/kg	1,000			1,500		PEC-034
pH (Extracto 1/1)	6,18							Extrac. Acuosa PEC-001

COMPLEJO DE CAMBIO

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método
* Potasio Cambio	4,75	meq/100 g		0,50		0,80		Ac NH4 PEC-009

RELACIONES CATIONICAS

% Cationes de Cambio

● K (100%/100%)

Ideal

Real

NOTA
Nota: L.C.: Límite de Cuantificación. SP: sólo parental. Los resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. N/L: No Legislado.


OBSERVACIONES:
Muestra de suelo agrícola fecha: 14/09/2016 Código: BSRR02

FECHA EMISIÓN: 04/10/2016




Yoel Ifigo COP 826
Resp. Lab. Inorgánico

Anexo 10. Análisis químico final del glifosato en las testigos.

INFORME DE ENSAYO				
				
Nº de Referencia: 5-16/38304 Descripción: CODIGO: 85/RTD1		Tipo Muestra: SUELOS Fecha Fin: 07/10/2016		
RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Glifosato	< 0,50	-	mg/kg	
<p>Note: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando este ha sido realizado por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado</p>				
Labs & Technological Services AGQ, S.L. Ctra A-433 Km 24,3 41220 Burguillos, Sevilla, España				2/3
		T: (+34) 955 738 908 F: (+34) 955 738 912	agq@agq.com.es	www.agqlabs.com

Anexo 11. Análisis químico final de glifosato en el tratamiento con su repetición.

INFORME DE ENSAYO				
				
Anula y sustituye a la versión anterior : 5-16/38305				
Nº de Referencia: 5-16/38305-M1 Descripción: CODIGO: 85RR01		Tipo Muestra: SUELOS Fecha Fin: 07/10/2016		
RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Glifosato	< 0,05	-	mg/kg	
<p>Nota: Los resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado</p>				
Labs & Technological Services AGQ, S.L. Ctra A-433 Km 24,3 41220 Burguillos, Sevilla, España				2/3
T: (+34) 955 738 908		F: (+34) 955 738 912		agq@agqlabs.com www.agqlabs.com

INDICE GENERAL

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
1 TITULO	1
2 RESUMEN	2
2.1 Summary	3
3 INTRODUCCIÓN	4
4 REVISION DE LITERATURA	7
4.1 Sustentabilidad del suelo.....	7
4.1.1 Concepto de suelo.....	7
4.1.2 Características físicas, químicas y biológicas del suelo.....	7
4.1.3 Principales factores que alteran la calidad del suelo agrícola.....	14
4.2 Concepto del glifosato	15
4.2.1 Características físico químicas del glifosato.	15
4.2.2 Movilidad del glifosato en el suelo.	17
4.2.3 La toxicidad del glifosato.....	17
4.2.4 Persistencia del glifosato	18
4.2.5 Solubilidad del glifosato.	19
4.2.6 Sorción del glifosato.....	19

4.2.7 Volatilización del glifosato.....	20
4.2.8 Biodegradabilidad del glifosato	20
4.3 Tratamientos físicos y biológicos para la remediación de suelos agrícolas	21
4.3.1 Inyección de aire (Bioventeo), como tratamientos físico para tratar suelos contaminados.....	21
4.3.2 Biorremediación de suelos agrícolas.....	22
4.3.3 Abono orgánico bocashi.	25
4.3.4 Biopilas.....	29
4.4 Estudios realizados para la remediación de suelos con bocashi	31
4.4.1 Tolerancia y degradación del glifosato por bacterias aisladas de suelos con aplicaciones frecuentes de roundup sl.	31
4.5 Marco legal	32
4.5.1 Constitución de la República del Ecuador 2008.	32
4.5.2 Ley de la Prevención y Contaminación Ambiental.....	33
4.5.3 Ley orgánica Acuerdo ministerial 028.....	35
5 MATERIALES Y METODOS.....	37
5.1 Materiales	37
5.1.1 Materiales de Campo.....	37
5.1.2 Materiales de Oficina.....	38
5.2 Métodos	38
5.2.1 Ubicación política y geográfica de la zona de estudio.	38

5.3 Aspectos biofísicos y climáticos.....	39
5.3.1 Clima.....	39
5.3.2 Precipitación media anual.....	40
5.3.3 Isotermas.....	40
5.3.4 Hidrología.....	40
5.4 Planteamiento de hipótesis	40
5.4.1 Hipótesis nula de la investigación.....	40
5.4.2 Hipótesis Alternativa.....	41
5.4.3 Prueba del Chi Cuadrado.....	41
5.5 Operacionalización de las variables	41
5.5.1 Variable independiente.....	42
5.5.2 Variable dependiente.....	42
5.6 Metodología para el primer objetivo	42
5.6.1 Características de la zona de estudio.....	42
5.6.2 Aplicación de las encuestas.....	43
5.6.3 Protocolo de muestreo.....	44
5.7 Metodología para el segundo objetivo.....	49
5.7.1 Diseño del experimento.....	49
5.7.2 Construcción del experimento.....	50
5.7.3 Tratamiento 1.....	51
5.8 Metodología del tercer objetivo	59

6	RESULTADOS	61
6.1	Resultado del primer objetivo: Diagnosticar los factores socioeconómicos y ambientales en suelos contaminados por glifosato en cultivos asociados de café y cacao en el barrio San Ronque.....	61
6.1.1	Diagnóstico de las fincas.	61
6.1.2	Mapa del área de estudio.	73
6.1.3	Resultado del diagnóstico inicial del suelo.....	74
6.2	Resultado del segundo objetivo: Determinar el porcentaje remediador del bocashi en el suelo contaminado con glifosato, mediante un sistema de aireación en el barrio San Ronque, parroquia Pachicutza, cantón El Pangui, provincia Zamora Chinchipe.....	76
6.2.1	Elaboración del bocashi.....	76
6.2.2	Resultado de la construcción del sistema de aireación.	79
6.2.3	Resultado del análisis del bocashi elaborado.	80
6.2.4	Monitoreo y seguimiento de los tratamientos.....	83
6.2.5	Verificación de la hipótesis.	87
6.2.6	Determinación del porcentaje de la remediación.	90
6.2.7	Resultados de las muestras finales del tratamiento con su repetición y las testigos.....	90
6.3	Tercer objetivo: Determinar el costo de la remediación del bocashi en el suelo contaminado con glifosato, mediante un sistema combinado de aireación y biopilas en el barrio San Ronque.....	94
6.3.1	Costo de la remediación.	94
7	DISCUSIÓN.....	99

7.1 Resultado final del estudio.	99
7.1.1 Textura.....	99
7.1.2 Humedad.	100
7.1.3 Potencial de hidrogeno (pH).	101
7.1.4 Materia orgánica.	102
7.1.5 Nitrógeno.	104
7.1.6 Fosforo.....	105
7.1.7 Potasio.....	106
7.1.8 Glifosato.....	107
8 CONCLUSIONES	110
9 RECOMENDACIONES	111
10 BIBLIOGRAFIA	112
11 ANEXOS	121

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Clase de textura del suelo.....	8
Tabla 2. Interpretación de los principales nutrimentos del suelo para el Sur del Ecuador.....	11
Tabla 3. Propiedades físicas - químicas del glifosato.	16
Tabla 4. Criterios de calidad del suelo.	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos.....	49
Cuadro 2. Materiales y herramientas para la elaboración del bocashi.	51
Cuadro 3. Costo de producción para el uso del sistema combinado de la técnica de compost y bocashi con un sistema de aireación.	60
Cuadro 4. Resultado de tenencia de tierra.	62
Cuadro 5. Tamaño de la parcela.	63
Cuadro 6. Resultado de las principales actividades económicas.	63
Cuadro 7. Resultado del número de personas que cuentan con un crédito.	64
Cuadro 8. Resultado de afiliación a una organización	65
Cuadro 9. Resultado de acompañamiento técnico.	66
Cuadro 10. Resultado de la mano de obra.....	66
Cuadro 11. Resultado de la productividad.....	67
Cuadro 12. Uso de agroquímicos.	69
Cuadro 13. Principales agroquímicos y el porcentaje del más utilizado.	70
Cuadro 14. Resultado de la rotación de cultivos.	70
Cuadro 15. Rotación de cultivos permanente y ocasional.....	71
Cuadro 16. Resultado de asociación de cultivos.....	72
Cuadro 17. Asociación de cultivos permanente y ocasional.....	72
Cuadro 18. Resultado de la muestra inicial.	74
Cuadro 19. Resultado de la muestra del bocashi.	80

Cuadro 20. Registros del monitoreo y seguimiento del tratamiento con su repetición.	85
Cuadro 21. Resultado final del tratamiento, testigo y comparación con la inicial	86
Cuadro 22. Cálculo de la Frecuencia Observada.....	87
Cuadro 23. Cálculo de la frecuencia esperada.....	87
Cuadro 24. Costo de la remediación.	95
Cuadro 25. Costo para la remediación de una Ha.	96
Cuadro 26. Costo de remediación durante 4 años.	97
Cuadro 27. Comparación de costos entre técnicas de remediación.	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Método de cuarteo.	46
Figura 2. Distribución de los tratamientos y sus repeticiones.....	50
Figura 3. Distribución de capas de una biopila.....	53
Figura 4. Sistema de Aireación.	58
Figura 5. Porcentaje de los servicios básicos.....	61
Figura 6. Porcentaje de tenencia de tierra.....	62
Figura 7. Resultado del tamaño de las parcelas.	63
Figura 8. Porcentaje de las principales actividades económicas.....	64
Figura 9. Porcentaje de las personas que cuentan con un crédito.....	64
Figura 10. Porcentaje de las personas que pertenecen a una organización.	65
Figura 11. Porcentaje de asistencia técnica por una institución pública.....	66

Figura 12. Porcentaje de la mano de obra.	67
Figura 13. Productividad, venta y consumo.....	68
Figura 14. Porcentaje del uso de Agroquímicos.....	69
Figura 15. Porcentaje de rotación de cultivos.....	71
Figura 16. Porcentaje de rotación de cultivos permanente y ocasional.....	71
Figura 17. Porcentaje de asociación de cultivos.	72
Figura 18. Porcentaje de la asociación de cultivos permanente y ocasional.....	72
Figura 19. Control de temperatura del bocashi.	77
Figura 20. Control de pH del bocashi.	77
Figura 21. Control de humedad del bocashi.....	78
Figura 22. Resultado de Materia orgánica.....	90
Figura 23. Resultado de la humedad.....	91
Figura 24. Resultado de Nitrógeno.....	91
Figura 25. Resultado de Fósforo.	92
Figura 26. Resultado de potasio.....	92
Figura 27. Resultado del Potencial de hidrogeno.....	93
Figura 28. Resultado de textura.	93
Figura 29. Resultado de Glifosato.	94

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Recolección del suelo para su contaminación.....	45
Fotografía 2. Recolección de la muestra.....	47

Fotografía 3. <i>Elaboración del bocashi</i>	55
Fotografía 4. <i>Muestra de abono</i>	56
Fotografía 5. Sistema de aireación en funcionamiento.	79

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación geográfica del área del estudio.	39
Mapa 2. Mapa del área de estudio.....	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Entrevista al propietario del terreno.....	121
Anexo 2. Ficha técnica Glifosol	123
Anexo 3. Etiqueta para la muestra de suelos.....	124
Anexo 4. Ficha técnica para el seguimiento y control.....	125
Anexo 5. Tabla de valores de Chi-cuadrado crítico	126
Anexo 6. Resultado de la muestra inicial.....	127
Anexo 7. Resultado del análisis químico y físico del abono bocashi.	129
Anexo 8. Resultado del análisis final de las testigos.	131
Anexo 9. Resultado del análisis final del tratamiento con su repetición.	132
Anexo 10. Análisis químico final del glifosato en las testigos.....	133
Anexo 11. Análisis químico final de glifosato en el tratamiento con su repetición.....	134