



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

“DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE BIORREMIADOR 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”.

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

AUTORA:

Teresa Abigail Lozano Quituzaca

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 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", desarrollado por la señorita Teresa Abigail Lozano Quituzaca, 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, **TERESA ABIGAIL LOZANO QUITUIZACA**, declaro ser autora 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 tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

AUTORA: Teresa Abigail Lozano Quituzaca

FIRMA:



CÉDULA: 1900751908

FECHA: Loja, 12 de diciembre del 2016

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

Yo, **TERESA ABIGAIL LOZANO QUITUIZACA**, declaro ser autora de la Tesis titulada "**DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE BIORREMIADOR 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**", como requisito para optar por el grado de: **INGENIERA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, 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 autorizan en la ciudad de Loja, a los doce días del mes de diciembre del dos mil dieciséis, firma la autora:

FIRMA:  _____

AUTORA: Teresa Abigail Lozano Quituzaca

CÉDULA: 1900751908

DIRECCIÓN: San Roque, calle Mina La Esperanza y Av. Troncal Amazónica.

CORREO ELECTRÓNICO: teresaabigail1992@gmail.com

TELÉFONO: 2121082

DATOS COMPLEMENTARIOS

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Osmani Eduardo López Celi, 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

Dedico este trabajo principalmente a Dios, mi padre celestial, guía y protector, quien me da la oportunidad de vivir, fortalecer mi corazón, iluminar mi mente y darme salud para aprender cada día más.

A mis padres Cesar Lozano y Norma Quituzaca por su apoyo incondicional, por sus consejos, amor y comprensión, quienes han sido la base principal en mi vida, a mis hermanos quienes han sido mi mayor motivación para no rendirme, seguir y poder llegar a alcanzar esta meta propuesta.

A todos mis amigos con quienes he compartido momentos de gratitud, conocimientos y experiencias.

Teresa Lozano

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a Dios quien me ha bendecido con sus dones espirituales.

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, en particular a la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente por permitirme llegar hacia sus enseñanzas y darme la oportunidad de formarme como profesionales para un futuro mejor.

A los docentes catedráticos de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente por impartir en mí, sus valiosos conocimientos, formándome y guiándome durante el transcurso de mi preparación. De manera especial agradezco a mi Director de Tesis Ing. Osmani López del cual admiro su personalidad y reconozco su buena formación, que bajo su voluntad me supo orientar constantemente en mi trabajo de investigación.

El agradecimiento infinito a mis padres por ser el motor de mi vida.

Teresa Lozano

1 TITULO

“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”

2 RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la finca de la familia “Romero Pizuña” ubicada en el barrio San Roque, cantón El Pangui, donde el uso excesivo del glifosato para combatir malezas en cultivos de café y cacao, ha traído como consecuencia efectos en la salud, contaminación del suelo y baja productividad.

Con la finalidad de resolver este problema, se propuso remediar el suelo utilizando el tratamiento 1: bocashi en biopilas, cuya relación fue 64/36 (suelo/bocashi) y el tratamiento 2: biopila, considerado como testigo. Para el tratamiento 1 se elaboró el bocashi con insumos de la zona, el cual posteriormente se adicionó a la biopila, llevando así el registro de las variables de temperatura, pH y humedad, con la finalidad de proporcionar las condiciones adecuadas para el desarrollo de los microorganismos. Este proceso de remediación se realizó en 90 días.

Al finalizar la investigación, el tratamiento 1 presentó una degradación del 90%, mientras que el tratamiento 2 mantuvo la misma concentración. Como conclusión se determinó que la adición del bocashi presentó mayor eficiencia de remediación, aportando al suelo 4,89% de materia orgánica. El costo de remediación para una hectárea se estima en \$54.081 bajo la relación antes descrita, sin embargo, en consideración a la cantidad de abono que un agricultor utiliza en cultivos de cacao, se necesitaría utilizar 800 sacos de abono para remediar 10,94% al año, invirtiendo una cantidad de \$5.600, cuyo proceso de descontaminación del 98,44% se daría en 9 años.

2.1 Summary

The present research work was carried out in the family Romero's farm located San Roque neighborhood- El Pangui city, where there is an excessive use of glyphosate to combat weeds in coffee and cocoa crops, delivering as consequence effects on health, soil pollution and low productivity.

In order to solve this problem, it was proposed to remedy the soil using the treatment 1: bocashi in biopilas, whose relation was 64/36 (soil / bocashi) and the treatment 2: biopila, considered as control. For treatment 1, the bocashi was prepared with supplies from the zone, which was the biopila added later, delivering thus, the registry of temperature, pH and humidity variables, with the purpose to provide adequate conditions for the development of Microorganisms. This remediation process was carried out in 90 days.

At the end of the research, treatment 1 presented a 90% of degradation, while treatment 2 maintained the same concentration. As conclusion it was determined that the bocashi addition showed greater remediation efficiency, contributing to the soil with 4,89% of organic matter. The remediation cost for one hectare is estimated at \$ 54,081 under the relationship described before, however, considering the fertilizer quantity that a farmer uses in cocoa crops, it would be necessary to use 800 fertilizer bags to remedy 10.94% to the year, investing an amount of \$ 5,600, whose decontamination process of 98.44% would be given in 9 years.

3 INTRODUCCIÓN

La contaminación química de los suelos es un problema ambiental con una importante creciente en América Latina, dada la intensificación de la agricultura. La tecnología agrícola ha aumentado la producción en toda la región, pero los costos ambientales son muy altos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO como se citó en el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, 2003). Está comprobado que el uso inhibido de los agroquímicos, ocasionan impactos negativos en los suelos agrícolas, comprometiendo su fertilidad y productividad, en detrimento de la seguridad y soberanía alimentaria de la sociedad ecuatoriana, de las economías campesinas y de la calidad de vida en el sector rural (Suquilanda, 2008). Según Conde, 2011 los residuos de glifosato en el suelo quedan retenidos en los primeros 15 cm, afectando la vida microbiana y los procesos de absorción de nutrientes para el desarrollo y salud de las plantas (Conde, 2011).

En lo que respecta a la salud, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC), dependiente de la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha publicado un estudio en la revista *The Lancet Oncology*, donde se demuestra la probabilidad de que el herbicida glifosato (sustancia activa del Roundup, uno de los herbicidas más vendidos en el mundo), sea causante del cáncer en las personas (Web: VeoVerde, 2015).

Ante lo expuesto anteriormente se requiere enfatizar la sustentabilidad en el área local, para lo cual se ha propuesto realizar la descontaminación del suelo, aplicando bocashi en biopilas, puesto que el bocashi es un abono orgánico que proporciona diferentes nutrientes y aporta una gran cantidad de microorganismos

que brindan al suelo mejores condiciones de sanidad (Restrepo como se citó en Ramos y Terry, 2014). En este trabajo se pudo evidenciar que la técnica aplicada presentó un 90% de degradación del glifosato, aportando al suelo 4,89% de materia orgánica.

Con la finalidad de dar cumplimiento a esta investigación se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Determinar la remediación de suelos contaminados por glifosato mediante el uso de la técnica de biopilas en cultivos asociados de café y cacao en el barrio San Roque, parroquia Pachicutza, cantón El Pangui, provincia Zamora Chinchipe.

Objetivos específicos:

1. Diagnosticar los factores socio económicos y ambientales en suelos contaminados por glifosato en el barrio San Roque.
2. Determinar el porcentaje biorremediador del bocashi mediante la técnica de biopilas en suelos contaminados por glifosato en cultivos asociados de café y cacao en el barrio San Roque.
3. Determinar los costos de biorremediación del bocashi mediante la técnica de biopilas en suelos contaminados por glifosato en cultivos asociados de café y cacao en el barrio San Roque.

4 REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Sostenibilidad del suelo

4.1.1 Aspectos conceptuales del suelo.

Según el portal de suelos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO, 2015) define al suelo:

Medio natural para el crecimiento de las plantas. También se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua.

4.1.2 Importancia del suelo.

Desde el enfoque de la sustentabilidad el suelo debe entenderse como un recurso y ente vivo que regula no solo el crecimiento y desarrollo de las plantas, sino que tiene gran importancia en muchos procesos biológicos de los seres vivos. Es un medio muy frágil que es preciso cuidar para asegurar su sostenibilidad a largo plazo (Fuentes, 2007, p. 36).

Silva y Correa, (2009) mencionan que:

El suelo desempeña una serie de funciones, medioambientales, sociales y económicas, que resultan fundamentalmente para la vida, como es el caso de la materia orgánica que tiene un valor fundamental para su sostenimiento ya que proveen diversas funciones y servicios ambientales importantes para el ser humano (p. 17).

A continuación se presenta la siguiente tabla de servicios ambientales que presenta el recursos suelo:

Tabla 1: *Servicios Ambientales que presenta el suelo*

SERVICIOS AMBIENTALES	DESCRIPCIÓN
Generación de alimentos y producción de biomasa	Los alimentos y otros productos agrícolas, esenciales para la vida humana: vegetación-pastos, cultivos y árboles, etc.
Almacenaje, filtración y transformación	Almacena minerales, materia orgánica, agua. Sirve de filtro natural de las aguas subterráneas, la principal reserva de agua potable, libera dióxido de carbono, metano y otros gases de la atmosfera.
Hábitat y reserva genética	Es el hábitat de una variedad de organismos que viven tanto en el suelo como sobre él. Está es una función ecológica esencial.
Entorno físico y cultura para la humanidad	Sirve de base a las actividades humanas, es un elemento del paisaje y del patrimonio cultural.
Fuente de materia primas	Proporciona materias primas tales como: las arcillas, arenas y minerales, que son empleados en los diversos procesos productivos de las organizaciones.

Fuente: Silva y Correa, (2009)

4.1.3 Características fisicoquímicas y biológicas del suelo.

Arias, (2007) afirma que:

Las propiedades físicas de un suelo pueden ser alterados por el hombre o los animales, mediante la labranza o por el pisoteo del ganado. Estas propiedades permiten el transporte del aire, del calor, del agua y de sustancias solubles en el suelo. (p. 49)

4.1.3.1 Características físicas.

El portal web de Perú ecológico, (2012) describe que:

Textura: La textura depende de la proporción de partículas minerales de diverso tamaño presentes en el suelo. Las partículas minerales se clasifican por tamaño en cuatro grupos:

Fragmentos rocosos: diámetro superior a 2 mm, y son piedras, grava y cascajo.

Arena: diámetro entre 0,05 a 2 mm. Puede ser gruesa, fina y muy fina. Los granos de arena son ásperos al tacto y no forman agregados estables, porque conservan su individualidad.

Limo: diámetro entre 0,002 y 0,5 mm. Al tacto es como la harina o el talco, y tiene alta capacidad de retención de agua.

Arcilla: diámetro inferior a 0,002 mm. Al ser humedecida es plástica y pegajosa; cuando seca forma terrones duros.

Así mismo la FAO, (2015) en su portal menciona que:

Porosidad: es el espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólido. El volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia

orgánica) y 50% de espacio poroso. Se determina por las cavidades o poros que permiten la penetración de agua y aire. En las arenas los dos elementos ingresan con facilidad.

4.1.3.2 *Características químicas.*

El pH de suelo: los líquidos o fluidos tienen en consideración la cantidad de hidrógeno libre existente en una solución, dependiendo de una determinada situación química, teniendo esto en cuenta existe acidez, neutralidad o alcalinidad. La reacción química del suelo se expresa en valores pH, es decir el volumen de iones de hidrógeno no neutralizados que contiene. El valor neutro (sin reacción) es 7; por su parte, un suelo cuyo pH este por encima de 7 tendrá una reacción alcalina, si por el contrario es inferior a 7 será acida (Guijarro, et al, 2002, p 39).

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. (FAO, 2016).

Carbono orgánico del suelo: El Carbono Orgánico del Suelo (COS) mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la Capacidad de Intercambio Catiónico, 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 (FAO, 2015).

Nutrientes para las plantas: La cantidad de nutrientes presente en el suelo determina su potencial para alimentar organismos vivos. Los 16 nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas se suelen clasificar entre macro y micronutrientes dependiendo de su requerimiento para el desarrollo de las plantas. Los macronutrientes se requieren en grandes cantidades e incluyen Carbono(C), Hidrógeno (H), Nitrógeno(N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre(S). Los micronutrientes por otro lado se requieren en pequeñas, su insuficiencia puede dar lugar a carencia y su exceso a toxicidad, se refieren a Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl) (FAO;, 2015).

Según Iñiguez (como se citó en Pinto, 2016) menciona que “para suelos existentes en la parte sur del Ecuador, se estima interpretar cualitativamente cinco niveles. Estos se describen a continuación, y aquellos que estén fuera del rango se los denomina muy bajos o muy altos”.

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

Medio: cuando el suelo presenta un contenido medio de nutrientes disponibles, de tal forma que se requiere aplicar una cantidad media de fertilizantes.

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	Unidad 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
P ₂ O ₅	Ppm	10 – 20	20.1 – 30	30.1 – 40
K ₂ O	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

4.1.3.3 Características biológicas.

Las propiedades biológicas están asociadas a la presencia de materia orgánica y de forma de vida animal. Estas características del suelo son muy importantes ya que están constituidos por la micro fauna del suelo, como hongos, bacterias, nemátodos, insectos y lombrices, los cuales mejoran las condiciones del suelo acelerando la descomposición y mineralización de la materia orgánica (Sánchez y Gloria, 2014).

Huallanca (2014) menciona que:

La mayor actividad biológica es realizada por los microorganismos desde la superficie del suelo hasta unos 20 cm de profundidad. Las colonias de microorganismos permanecen adheridas a las partículas de arcilla y humus y a las raíces de las plantas que les suministra de sustancias orgánicas que les sirven de alimento.

A su vez la FAO define las propiedades biológicas del suelo, mencionando:

Ciclo del Nitrógeno: El Ciclo del nitrógeno del suelo se relaciona con la actividad microbiana y fauna del suelo como las lombrices, nemátodos, protozoarios, hongos, bacterias y artrópodos. La biología del suelo juega un papel fundamental en la composición del suelo y sus características.

Los organismos del suelo descomponen la materia orgánica proveniente de restos vegetales y animales liberando a su vez nutrientes para ser asimilados por las plantas. Los nutrientes que se encuentran almacenados dentro de los organismos del suelo impiden su pérdida por lixiviación. Los microorganismos del suelo mantienen la estructura mientras las lombrices remueven el suelo. Las bacterias juegan un papel crucial para el Ciclo del Nitrógeno mediante varios procesos: mineralización, nitrificación, fijación de nitrógeno, desnitrificación.

4.2 El glifosato

El glifosato es un herbicida no selectivo, de post emergencia, ampliamente utilizada para el control de malas hierbas, introducido por Monsanto en la década de los 70, es posiblemente el herbicida más utilizado en todo el planeta. Una vez aplicado el glifosato es fuertemente absorbido por los componentes del suelo, tales como arcillas, óxidos de hierro y ácidos húmicos. (Camino y Aparicio, 2010 p. 10).

El INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador) como se citó en (Cordero y Sanchez, s.f) recomienda que:

El uso del glifosato en áreas agrícolas considerando aplicaciones dirigidas con pantalla en cultivos perennes y totales sobre áreas no cultivadas. La dosis que recomienda aplicar varía de 2 a 4 litros de producto comercial por hectáreas, considerando dosis menores para especies anuales y mayores para especies perennes.

4.2.1 Características del glifosato.

4.2.1.1 Movimiento.

Según Ruiz (como se citó en Rosas, 2012) establece que en un suelo de bosque húmedo tropical secundario de Sucumbios – Ecuador, a los dos días de haber aplicado glifosato fue detectado en el sustrato de 0 a 5 cm, quedando retenido en el primer sustrato y que no fue movilizado por infiltración.

4.2.1.2 Persistencia.

Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (como se citó en Rosas, 2012) reporta que la vida media del glifosato en el suelo puede ser hasta 60 días y que los residuos de campo se encuentran al año siguiente. En vegetales cuando la planta muere el glifosato está presente en los tejidos, disipándose el 50% de los desechos en un tiempo de 8 a 9 días (p. 14).

A su vez, en una investigación realizada por Gaón (como se citó en Rosas, 2012) en árboles de cacao asperjados con glifosato, determinó que, en los tejidos de cultivo el glifosato fue degradado en un tiempo de 180 días bajo condiciones tropicales de la Amazonia (p. 16).

4.2.1.3 Concentración.

El glifosato compite con el fósforo por sitios de adsorción específicos, pero esa competencia se produce solamente cuando los niveles de fósforo son muy elevados en el suelo, lo que no se da en condiciones de campo en la agricultura. Dichos autores detectaron una mayor desorción del glifosato en presencia de elevados niveles de fósforo en el suelo y un mayor pH (Bozzo, 2010, p. 25).

4.2.1.4 Biodegradabilidad.

Según Dong-Mei et al., (como se citó en Bozzo, 2010) menciona que los impactos del glifosato en los organismos parecen ser insignificantes porque el glifosato es rápidamente absorbido a las partículas del suelo donde su actividad es limitada mientras que el glifosato libre es rápidamente degradado por los microorganismos (p. 21).

Los microorganismos exhiben dos estrategias diferentes: catabolismo, el herbicida adsorbido es degradado en moléculas menores generando energía, el metabolismo, el pesticida es transformado por reacciones metabólicas pero no sirve como fuente de energía para los microorganismos; por lo tanto es necesario un sustrato secundario biodegradable como fuente de carbono y energía (Bozzo, 2010, p. 30).

4.2.2 Contaminación del suelo por glifosato.

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador, (2015) en el Acuerdo Ministerial N° 028 sustenta que “un suelo contaminado es todo aquel cuyas características físicas, químicas y biológicas naturales, han sido alterados debido a actividades

antropogénicas y representa un riesgo para la salud humana o el ambiente” (p. 112)

4.2.3 Impactos del glifosato.

Según Huber, científico del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) citado por Sirinathsinghji, (2013) en la pagina web Eco portal.net manifiesta que:

Los tres componentes principales de un sistema agrícola son: el medio biótico incluyendo organismos benéficos, por ejemplo, la fijación de nitrógeno, los microbios y mineralizadores; el medio abiótico, como nutrientes, humedad, pH, y la defensa contra los patógenos que dañan las cosechas.

4.2.3.1 En el sistema suelo – planta.

Riley, Cotter, Contiero, y Watts, (2011) afirman que:

El glifosato ingresa al suelo a través de las raíces de las plantas que han sido rociadas o de la vegetación muerta. Es importante destacar que el glifosato afecta a la rizosfera contrayendo impactos en sus funciones, estos incluyen:

- Reducción en la absorción de micronutrientes esenciales para los cultivos.
- Reducción en la fijación de nitrógeno, resultando en una disminución de los rendimientos.
- Incremento en la vulnerabilidad hacia enfermedades de plantas (p. 6).

Tabla 3: *Controversias de Monsanto y hallazgos de Investigadores independientes en el medio natural¹*

Aseveraciones de Monsanto	Hallazgos de Investigadores Independientes
El Roundup es ambientalmente seguro	En el medio ambiente agrícola, el glifosato es tóxico para organismos benéficos del suelo y artrópodos predadores, e incrementa la susceptibilidad a enfermedades de los cultivos. El uso de glifosato en forestación y agricultura genera efectos indirectos perjudiciales en pájaros y pequeños mamíferos al dañar su provisión alimenticia y su hábitat. Dosis sub-letales de glifosato provenientes de la deriva, dañan las comunidades de plantas silvestres y pueden afectar algunas especies situadas hasta 20 metros del fumigador.
El Roundup es rápidamente inactivo en el suelo y el agua.	El glifosato es muy persistente en el suelo y los sedimentos. Residuos de glifosato fueron hallados en lechuga, zanahoria y cebada cuando fueron plantados un año después de la aplicación de glifosato.

Fuente: Gallo e Iñiguez, (2010)

4.2.3.2 *En la salud de las personas.*

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2015), máximo Organismo Internacional en materia sanitaria, confirmó que:

¹ Monsanto. - Monsanto Company es una multinacional estadounidense cotizada en bolsa productora de agroquímicos y biotecnología destinados a la agricultura

Existen “pruebas” de que el herbicida puede producir cáncer en humanos y en animales de laboratorio. También causó daño del ADN y en los cromosomas en las células humanas, alerta el trabajo científico y detalla que se detectó glifosato en agua, alimentos, y en sangre y orina de humanos. El glifosato se utiliza de manera masiva en soja y maíz transgénicos (entre otros cultivos) y desde hace más de diez años es denunciado por organizaciones sociales, campesinas, médicos y científicos independientes de las empresas.

Los efectos crónicos vinculados al glifosato y sus productos derivados pueden ser clasificados como reproductivas, cancerígenas, neurológicos (Paganelli, Otoño, Axelrad como se citó en Riley, et al, 2011, pp. 13 -17)

Rilley, et. Al (2011) sustenta que “Algunos de los efectos agudos más comúnmente informados por las exposiciones ocupacionales y las de transeúntes, a herbicidas a base de glifosato son aquellos de la piel, ojos, respiratorios, gastrointestinales y cardiacos” (p. 17).

4.3 Biorremediación de suelos

Según la oficina de Evacuaciones de Tecnologías del Congreso de los Estados Unidos como se citó en (Di Paola y Vicien, 2010) la biorremediacion es el acto de incorporar, a sitios contaminados, organismos que permitan la aceleracion del proceso natural de degradacion de sustancias tóxicas lo cual permite transformar dichos compuestos en otros quimicamente distintos e inocuos (p. 6).

4.3.1 Qué es la biorremediación.

El término biorremediación se utiliza para describir una variedad de sistemas que utilizan organismos vivos (plantas, hongos, bacterias, etc.) para degradar, transformar o remover compuestos orgánicos tóxicos a productos metabólicos

inocuos o menos tóxicos. Esta estrategia biológica depende de las actividades catabólicas de los organismos, y por consiguiente de la utilización de los contaminantes como fuente de alimento y la biodegradación (Volke y Velasco, 2003).

4.3.2 Tipos de biorremediación.

La biorremediación puede emplear organismos del sitio contaminado (autóctonos) o de otros sitios (exógenos), puede realizarse in situ o ex situ, en condiciones aeróbicas o anaeróbicas (Volke y Velasco, 2002, p. 30).

4.3.2.1 Biorremediación In situ.

Son las aplicaciones en las que el suelo contaminado es tratado, o bien, los contaminantes son removidos del suelo contaminado, sin necesidad de excavar el sitio. Es decir, se realizan en el mismo sitio en donde se encuentra la contaminación (Instituto Nacional de Ecología INECC, s.f).

Buscan estimular y crear un ambiente favorable para el crecimiento microbiano a partir de los contaminantes. Este objetivo generalmente puede lograrse con el suministro de aire u oxígeno (Bioventeo) y/o humedad, además del control de temperatura y pH. (Volke y Velasco, 2002, p. 30)

4.3.2.2 Biorremediación Ex situ.

La realización de este tipo de tecnologías, requiere de excavación, dragado o cualquier otro proceso para remover el suelo contaminado antes de su tratamiento que puede realizarse en el mismo sitio o fuera de él. (Instituto Nacional de Ecología INECC, s.f)

Biorremediación ex situ, incluyen: procesos de biodegradación en fase de lodos, en donde el suelo se mezcla con agua (para formar un lodo), microorganismos y nutrientes, y de biodegradación de fase sólida, en donde los suelos se colocan en una celda de tratamiento (composteo) o sobre membranas impermeables (Biolabranza), en donde se agrega agua y nutrientes. (Volke y Velasco, 2002, p. 35)

4.3.3 Biorremediación con biopilas.

Consiste en extraer el sustrato contaminado y disponerlo en pilas o montones. Es una técnica que usa los mismos principios y características del compostaje, pudiendo distinguirse dos tipos de pilas según estén sometidas a ventilación pasiva o forzada (biopilas estáticas), o si son volteadas periódicamente (biopilas dinámicas o alargadas) (Chica et al., 2015, p. 202).

Los suelos contaminados son apilados en montones o pilas y se estimula la actividad microbiana; se controlan los parámetros: humedad, la temperatura, nutrientes o el pH (Volke y Velasco, 2002, p. 38).

4.3.3.1 Tipos de biopilas.

Según Eweis, Ergas, Chang y Schroeder como se citó en (Velasco y Volke, 2007) en su portal Instituto Nacional de Ecología (INECC) sostienen que:

Las biopilas se diseñan como sistemas cerrados, ya que éstas permiten mantener la temperatura y evitan la saturación de agua debido a lluvias, además de disminuir la evaporación de agua y de compuestos orgánicos volátiles.

Biopilas alargadas: es el proceso de composteo más económico y sencillo. El material a compostar se apila sobre una plataforma en montones alargados, la aireación se realiza mediante el mezclado manual o mecánico de la composta. El mezclado de la composta proporciona una mayor distribución y facilita la biodegradación de los contaminantes, ya que permite la homogeneización de los nutrientes, agua, aire, contaminantes y microorganismos.

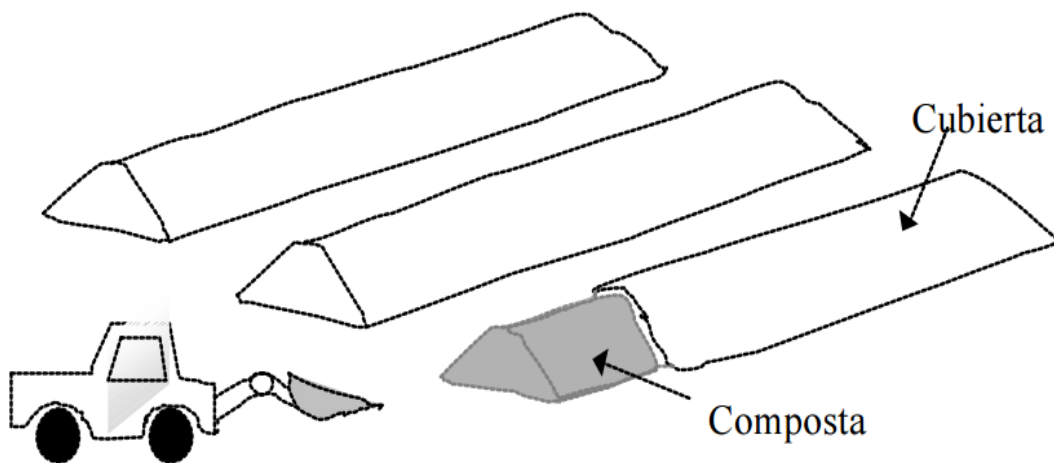


Figura 1. Representación esquemática de un sistema de biopilas alargadas.

Fuente: (Velasco y Volke, 2007)

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA, como se sustenta en Velasco y Volke, (2007) menciona que 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; o a su vez una vez al mes (Sellers, como se citó en Velasco y Volke, 2007).

Biopilas estáticas: no 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. En las biopilas estáticas, normalmente se emplea un sistema de extracción de aire, ya que ello permite la captura de los vapores de cierta fracción de compuestos orgánicos volátiles que llegan a ser removidos del suelo contaminado durante el proceso de aireación (Velasco y Volke, 2007).

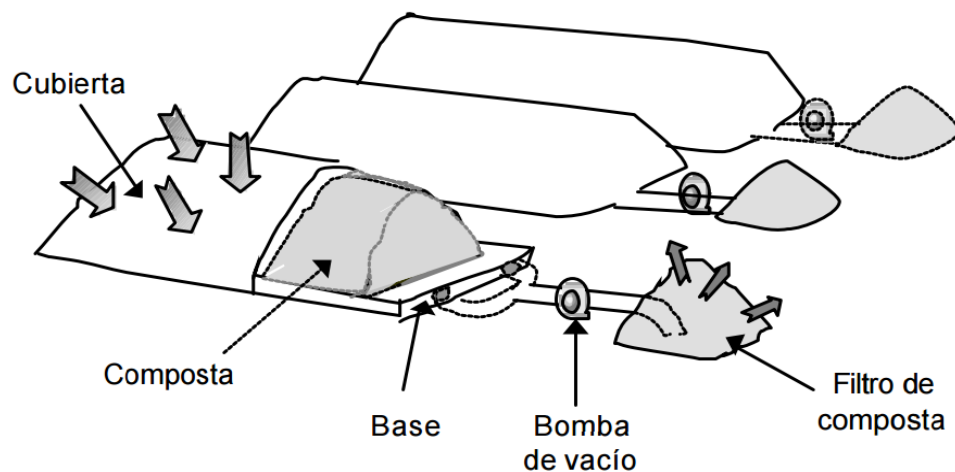


Figura 2.- Representación esquemática de un sistema de biopilas estática.

Fuente: (Velasco y Volke, 2007).

4.3.3.2 Aplicaciones y limitaciones de las biopilas.

Aplicación: Ortiz, Sanz, Dorado, y Villar, (2006), establece que “el composteo se ha utilizado para remediar compuestos de petróleo, compuestos orgánicos volátiles halogenados y no halogenados, pesticidas” (p. 51).

Roldan e Iturbe, (2002) mencionan que algunas de las ventajas de las biopilas son:

- El diseño y construcción son relativamente fáciles, el saneamiento del suelo se lleva a cabo en un período entre 3 y 6 meses, dependiendo de las condiciones climáticas

- La concentración del contaminante y del tipo del suelo.
- El suelo saneado mediante biopilas no requieren ser confinados después.
- Las biopilas ofrecen un costo más competitivo con respecto a otras técnicas de saneamiento de suelos (p. 4).

Limitaciones: Según Van Deuren, Wang, y Ledbetter (como se cito en Volke y Velasco, 2007) establen que algunas limitaciones del proceso son:

- Necesidad de contar con un espacio adecuado para montar los sistemas.
- Una disminución en la actividad microbiana provoca una disminución en la degradación y aumenta el período del tratamiento.
- Necesidad de excavar el suelo contaminado lo que puede provocar la liberación de COV.
- Incremento volumétrico del material a tratar por la adición de los agentes de volumen. Sin embargo, este problema queda solucionado con el tiempo de tratamiento.
- No pueden tratarse metales pesados (p. 38)

4.3.3.3 Factores a considerar en el diseño de una biopilas.

Velasco y Volke, (2007) en la página web del Instituto Nacional de Ecología cita que “las condiciones óptimas y el éxito de un proceso de composteo dependen de diversos parámetros como: las características del suelo, las condiciones climáticas y las características de los contaminantes”. Algunos de los factores a considerar son:

Tabla 4: Factores de consideración en el diseño de una biopilas

Parametro	Rango optimo
Humedad	40 – 85%; 50 – 80% de la capacidad de campo
Ph	6 a 8; con un óptimo de 7
Temperatura	25 – 35° C
Aireación	Presencia de cantidad necesaria de oxígeno, de lo contrario los microorganismos aeróbicos son constituidos por los anaeróbicos.
Homogeneidad	Cuanto mas homogénio sea el tamaño de las particulas de los materiales que se utilizan en el abono, mejor sera la calidad del producto. Tiempo: 8 a 10 días

Fuente: Velasco y Volke, 2007

4.3.4 El bocashi como sustrato para biorremediar suelos.

4.3.4.1 Bocashi.

Suquilanda, (2016) define al bocashi como:

Un abono orgánico que resulta de la fermentacion aeróbica o anaeróbica de desechos de carácter vegetal y animal, abono que para enriquecerlo se puede agregar elementos de origen mineral como: cal, roca fosfórica,

sulpoma, zeolita y microorganismos eficientes (EMAS) que ayudan acelerar el proceso fermentativo. Además, es muy seguro y eficiente ya que contiene los elementos necesarios para la nutrición de las plantas, debido a que posee una alta carga de microorganismos benéficos.

Cuando este abono es aplicado al suelo, la materia orgánica es utilizada como alimento para los microorganismos eficaces y benéficos, los mismos que continúan descomponiendo y mejorando la vida del suelo (Cordova, 2015, p. 62). El suministro deliberado de microorganismos benéficos asegura la fermentación rápida, asu vez la mayor actividad de estos microorganismos eliminan los microorgansimos patógenos, gracias a una combinación de fermentación alcohólica con temperaturas entre 40-55° C (Quintana Valencia, 2012, p. 37).

4.3.4.2 Principales aportes de los ingredientes utilizados en la fabricación del bocashi.

Restrepo, (2009) en su manual práctico de agricultura orgánica y panes de piedra menciona que:

El carbón: Mejora las características físicas del suelo, como su estructura lo que facilita mejor distribución de las raíces, la aireación y la absorción de humedad y calor (energía). Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra.

Los estiércoles: es la principal fuente de nitrógeno, mejora las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos nutrientes, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro.

Melaza, miel de caña o de panela: es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos. Favorece la multiplicación de la

actividad microbiológica, es rica en potasio, calcio, fósforo y magnesio; y contiene micronutrientes, principalmente boro, zinc, manganeso y hierro.

Tierra de bosque o tierra negra: dependiendo de su origen, puede aportar variados tipos de arcillas, microorganismos inoculadores y otros elementos minerales indispensables al desarrollo normal de los vegetales.

Cal agrícola: su función principal es regular la acidez que se presenta durante todo el proceso de la fermentación, cuando se está elaborando el abono orgánico. (pp. 22-26)

4.3.4.3 *Ventajas del bocashi para suelos degradados.*

Según Girón, et al (como se citó en Cordova, 2015) mencionan que:

El biofertilizante bocashi es uno de los abonos orgánicos más completos, porque con él se incorporan al suelo macro y micronutrientes básicos para las plantas.

Los beneficios del abono fermentado son: mejorar la fertilidad de los suelos, ya que conserva su humedad y mejorar la penetración de los nutrientes, es benéfico para la salud de los seres humanos y de los animales, pues no es tóxico, protege el ambiente, la fauna, la flora y la biodiversidad favoreciendo el establecimiento y la reproducción de microorganismos benéficos y, ayuda a la formación de la estructura de agregados del suelo (p. 63).

4.4 Marco legal referente a la remediación del suelo agrícola

Dentro del marco legal nacional como la Constitución de la República del Ecuador y los Acuerdos Internacionales, en referencia a la contaminación y remediación del recurso suelo se considera lo siguiente:

4.4.1 Constitución de la República del Ecuador 2008.

En la Constitución Política del Ecuador, (2008) se menciona que:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

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

Literal 4: Recuperar y conservar la naturaleza y 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. 281.- La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente.

En este mismo artículo en el literal 3 y 13 menciona:

3. Fortalecer la diversidad y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria.

13. Prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo su salud o que a ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos.

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 a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el

desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria (pp. 24-181).

4.4.2 Tratados internacionales.

En esta sección se detalla los principales tratados internacionales en el marco del manejo de plaguicidas, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, s. f), el cual se citan los siguientes:

4.4.2.1 Convenio de Estocolmo sobre reducción y eliminación de contaminantes orgánicos persistentes COPs (2005).

El objetivo del convenio es proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes. Estable medida para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de producción y utilización intencionales y no intencionales, y las derivadas de existencias y desechos.

4.4.2.2 Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo, aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional (2000).

El objetivo del convenio es promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las partes, en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños, y contribuir a su utilización ambiental racional.

4.4.2.3 *Convenio sobre la seguridad y la salud en la agricultura (2003).*

Prevenir los accidentes y los daños para la salud que sean consecuencia del trabajo, guarden relación con la actividad laboral o sobrevengan durante el trabajo, mediante la eliminación, reducción al mínimo o control de los riesgos inherentes al medio ambiente de trabajo en la agricultura.

4.4.3 Acuerdo ministerial N° 028.

El Ministerio del Ambiente del Ecuador, (2015) en el Acuerdo Ministerial N° 028 en sus literales menciona:

- 4.1 Normas de aplicación general

Para la prevención y control de la contaminación del suelo se establece los siguientes criterios:

Utilizar sistemas de agricultura que no degraden, contamine o desequilibren el ecosistema del área geográfica en que se desenvuelvan; esto incluye el uso racional y técnico de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas. En aquellos suelos que presentan contaminación, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para para recuperarlos, restaurarlos o restablecer las condiciones iniciales existentes anteriormente a la ejecución de un determinado proyecto (p. 113).

- 4.5. Criterios de calidad del suelo y criterios de remediación

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 resultados pueden ser el resultado de la evolución natural de área, a partir de sus características geológicas, sin influencia de actividades antropogénicas. Los criterios de calidad del suelo constan en la tabla 5 (p. 115).

Tabla 5: *Criterios de calidad de suelo*

SUSTANCIA	UNIDADES (CONCENTRACIÓN EN PESO SECO)	SUELO
Parámetros Generales		
Conductividad	uS/m	200
pH		6 a 8
Relación de Adsorción de Sodio (Índice SAR)		4*

Fuente: Ministerio del Ambiente. Acuerdo Ministerial N° 028. 2015. Ec. Tabla 1

- 4.4.5 Criterios de Remediación o restauración del suelo.

Los criterios de Remediación o Restauración se establecen de acuerdo al uso del suelo, tienen el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes en un suelo luego de un proceso de remediación, y son presentados en la tabla 6 (p. 117).

Tabla 6: Criterios de Remediación (Valores Máximos Permitidos)

		USO DEL SUELO			
SUSTANCIAS	UNIDADES	Residencial	Comercial	Industrial	Agrícola
		Parámetros generales			
Conductividad	uS/mm	200	400	400	200
Ph	-	6 a 8	6 a 8	6 a 8	6 a 8
Pesticidas organoclorados					
DDT	mg/Kg	0,1	0,1	0,1	0,1
Endosulfan II	mg/Kg	0,1	0,1	0,1	0,1

Fuente: Ministerio del Ambiente. Acuerdo Ministerial N° 028. 2015 Ec. Tabla 2

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Materiales de campo

- Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
- Fichas de campo
- Cámara
- Pala
- Azadón
- Barreta
- Machete
- Flexómetro
- Plástico

5.1.2 Materiales de oficina

- Computadora portátil
- Hoja de custodia
- Etiquetas
- Libreta de apuntes
- Esfero

5.1.3 Materiales de laboratorio

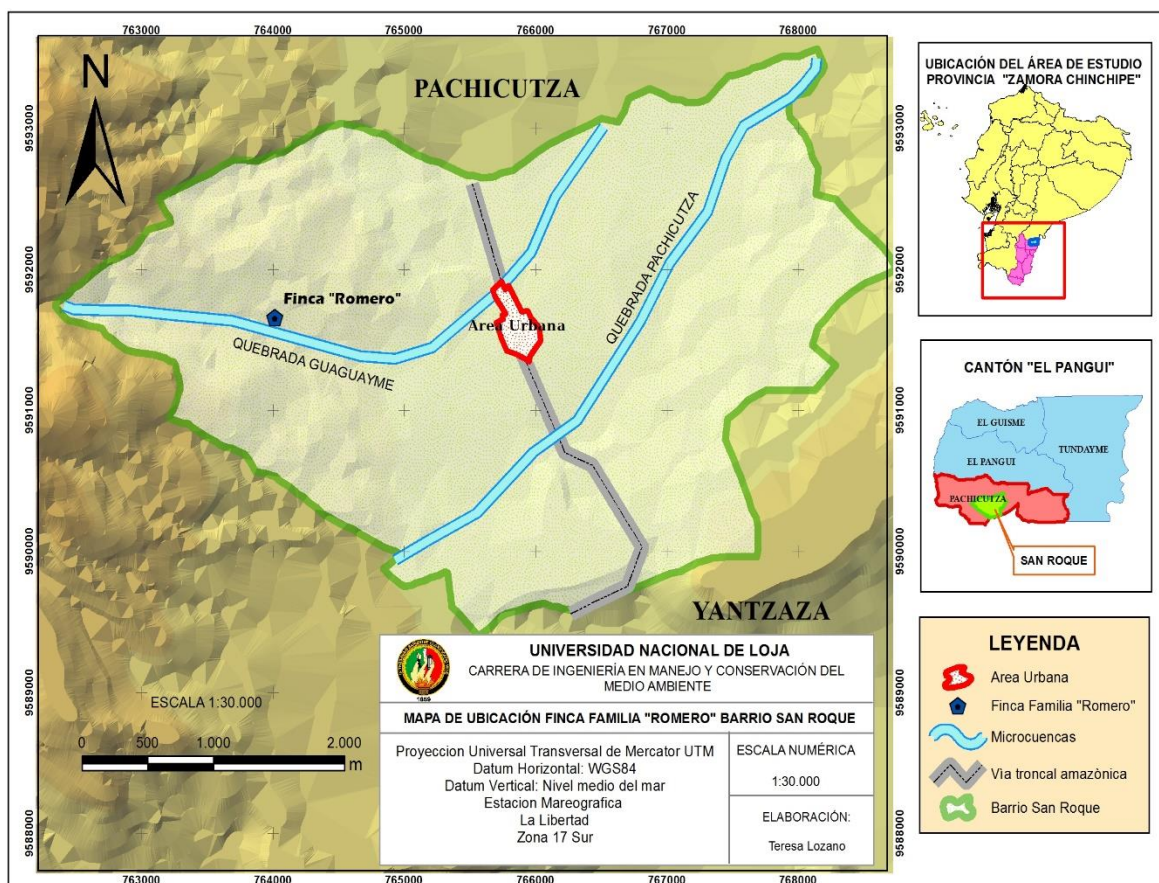
- Fundas ziploc
- Guantes quirúrgicos

5.2 Área de estudio

5.2.1 Ubicación política.

La presente investigación se llevó a cabo en la finca productora de cacao y café de propiedad de la señora Teresa Romero ubicada en el barrio San Roque a una distancia de 2 km del perímetro urbano. Políticamente se encuentra ubicado en la parroquia Pachicutza cantón El Pangui provincia de Zamora Chinchipe, Zona 7, en la Troncal Amazónica, en la región Sur de la Amazonia Ecuatoriana.

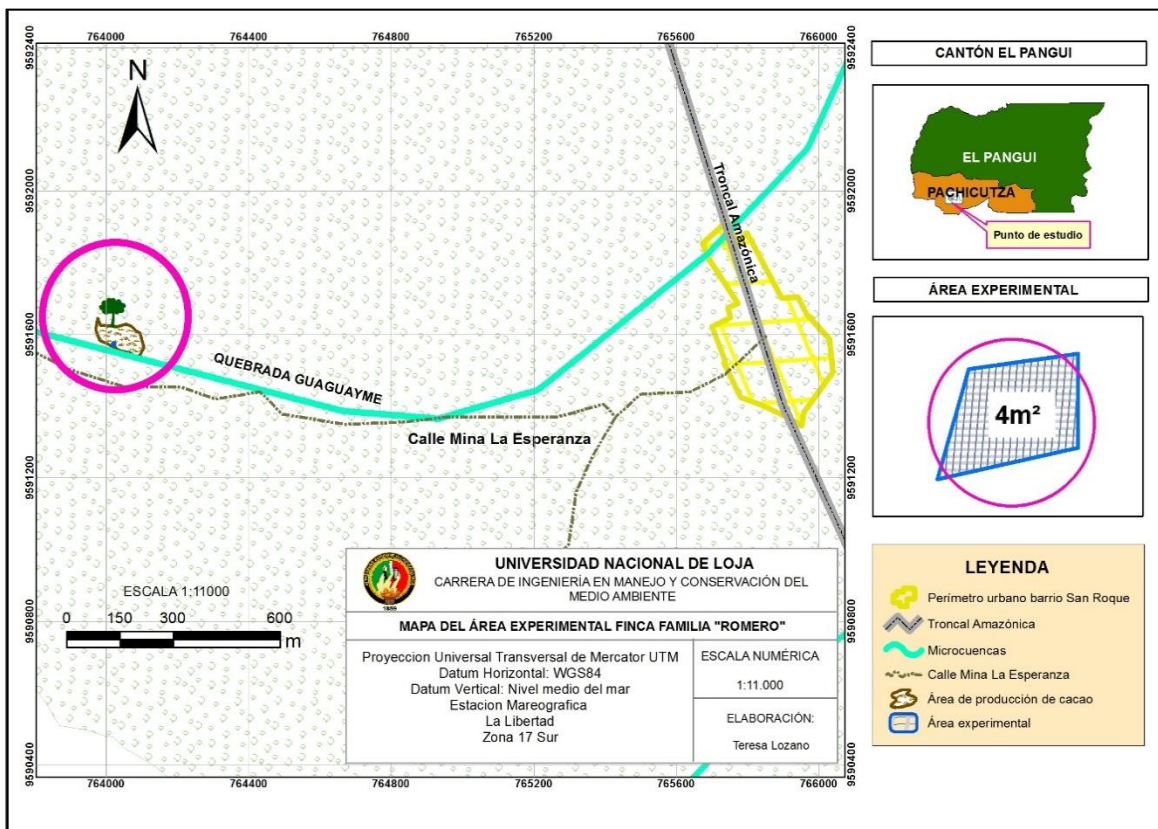
El barrio San Roque limita al norte y este con el cantón El Pangui, al sur y oeste con el cantón Yantzaza.



Mapa 1. Ubicación del barrio San Roque

5.2.2 Ubicación geográfica.

El área donde se realizó la investigación se encuentra ubicada en las coordenadas UTM: 764018; 9591660, a una altura de 1153 msnm.



Mapa 2. Ubicación geográfica del área de estudio

5.2.3 Aspectos biofísicos y climáticos.

El 43.57% del territorio de la parroquia Pachicutza, pertenece al Bioclima Húmedo Sub Tropical, principalmente en la parte central de la parroquia, en donde se distingue el barrio San Roque. La característica principal de este tipo de Bioclima, es que presenta lluvias moderadas en la mayor parte del año, cuyo rango de precipitación media anual es de 1750 a 2000mm, esta isoyeta cubre

gran parte de la parroquia Pachicutza (GAD Parroquial de Pachicutza, 2012-2021, p 47 - 49).

Según información cartográfica del Instituto para el Ecodesarrollo Regional Amazónico de Ecuador (ECORAE), la parroquia Rural de Pachicutza, posee un solo nivel e 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 51).

5.2.3.1 Hidrología.

El barrio San Roque está conformado por la microcuenca hidrográfica Guaguayme, que abastece de servicio de agua para consumo al barrio y desemboca en la cuenca del río Zamora.

5.3 Operacionalización de hipótesis

El presente trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo que consistió en la recolección y análisis de datos para probar la hipótesis; mediante diseño experimental de cuatro unidades de estudio, distribuidas en dos tratamientos y su debida repetición.

5.3.1 Hipótesis de investigación.

La biorremediación del suelo contaminado por glifosato dependerá del porcentaje biorremediador del bocashi aplicado a través de la técnica de biopilas.

5.3.1.1 Variables.

Dependiente: La biorremediación del suelo contaminado por glifosato.

Indicador de la variable: Biopilas tipo alargadas.

Independiente: Porcentaje biorremediador del bocashi aplicado a través de la técnica de biopilas.

Indicadores de la variable: análisis de parámetros (MO, N, P, K) y glifosato en el suelo.

5.3.1.2 Tratamientos.

T1: Suelo contaminado + bocashi en biopilas

T2: Suelo contaminado en biopilas (Testigo).

5.4 Metodología para el primer objetivo

Diagnosticar los factores socioeconómicos y ambientales en suelos contaminados por glifosato en el barrio San Roque.

Para recopilar información sobre los factores socioeconómicos y ambientales de los suelos agrícolas del barrio San Roque se realizaron las siguientes actividades:

5.4.1 Caracterización socioeconómica de la zona de estudio.

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 un resultado de 14 fincas.

5.4.1.1 Aplicación de encuestas.

Se aplicó la encuesta socioeconómica a 14 propietarios de fincas con la finalidad de obtener información acerca de: principal actividad económica, tenencia de tierra, superficie de producción, principales cultivos de producción, uso de insumos, problemas comunes en los cultivos, entre otros (Ver anexo 1).



Fotografía 1. *Aplicación de encuestas*

5.4.1.2 Sistematización de encuestas.

El procesamiento de la información colectada se realizó en el programa de Microsoft office Excel en el cual se obtuvo gráficos estadísticos haciendo el respectivo análisis.

5.4.2 Caracterización ambiental en el suelo contaminado.

Para la caracterización inicial del suelo, se realizó los siguientes procesos:

5.4.2.1 Selección del área de estudio.

La identificación del área de estudio se delimitó con respecto a la topografía del terreno, siguiendo como guía la metodología planteado por el Ministerio del Ambiente del Perú (MAP, 2014) para muestreo de suelos, quien sostiene que:

Para áreas de contaminación de forma irregular menores a 1000 m² y hasta 5000 m².

El número de muestras y distribución, fue de una muestra por cada 20 metros lineales en las paredes del perímetro del área y 4 en el fondo según la superficie (p.15).

5.4.2.1.1 Limpieza del área.

Antes de delimitar el área identificado se hizo la limpieza eliminando restos de maleza, rastrojos y piedras; actividades que facilitaron la excavación del suelo.



Fotografía 2. Área identificada y retiro de cobertura vegetal

5.4.2.1.2 Extracción del suelo.

Con la ayuda de herramientas como barreta y lampón se excavo el suelo a una profundidad de 15 cm posteriormente se recogió 0,15 m³ de suelo se llenó en sacos y se trasladado a un lugar específico, en el cual se desarrolló esta investigación.



Fotografía 3. *Limpieza del área 4m².*

5.4.2.2 Preparación de las muestras y contaminación artificial del suelo.

Con la finalidad de tener concentraciones del contaminante de la muestra de estudio, se procedió a aplicar directamente glifosato de manera controlada y en concentraciones seguras según la dosis establecida por la empresa colombiana Arysta LifeScience expuesto en la página web AgSe S.A, Agricultura y servicios (2001) para uso y aplicación del glifosato (Ver anexo 2).

Antes de realizar la contaminación del suelo se constató que este seco y suelto (con partículas pequeñas) características que garantizaron su contaminación homogénea.

Se colocó en 270 kg de suelo previamente impermeabilizado en plástico, una mezcla de 2,5 cc de glifosato en una bomba (de 20 litros) con 3 litros de agua bajo

medidas de seguridad adecuadas, mediante aspersión manual se fumigó el suelo utilizando una boquilla tipo regadera.



Fotografía 4. *Suelo seco y suelto* **Fotografía 5.** *Fumigación del suelo*

5.4.2.3 Protocolo para la recolección de muestras.

Después de hacer la fumigación se dejó pasar un tiempo de 15 minutos, posteriormente se hizo la recolección de muestras.

5.4.2.3.1 Recolección de la muestra (suelo contaminado).

Con la utilización de una pala plástica pequeña se tomó 4 submuestras de suelo contaminado de 1 kg c/u en fundas de cierre hermético ziploc. Seguidamente sobre un plástico se mezcló las 4 submuestras utilizando los respectivos implementos de seguridad como guantes quirúrgicos y mascarillas.

Mediante el proceso del cuarteo se obtuvo una muestra compuesta representativa de 1 Kg, de la misma manera se colocó en una funda ziploc manteniendo su debida seguridad.



Fotografía 6. *Recolección de muestras.* **Fotografía 7.** *Proceso de cuarteo*

5.4.2.3.2 *Etiquetado de la muestra.*

La muestra compuesta fue etiquetada con sus respectivos datos:

- Fecha de la toma de muestra
- Código de la muestra
- Datos GPS (Coordenadas UTM)
- Cantidad en kilogramos
- Responsable
- Método de muestreo

5.4.2.3.3 Llenado de las fichas de campo.

Se realizó el llenado de las fichas de campo y cadena de custodia, con la finalidad de registrar información levantada en el campo y contar con la identificación precisa de la muestra (Ver anexo 3).

5.4.2.3.4 Envío de la muestra al laboratorio.

La muestra representativa se conservó en condiciones normales y se enviaron inmediatamente al laboratorio AGQ Labs (Qualitytierra Servicios Ambientales S. A) ubicado en la ciudad de Guayaquil, por medio de la compañía de servicio Servientrega.

Para determinar el nivel de afectación del suelo y la concentración del contaminante, se analizó los siguientes parámetros físico-químicos:

- pH
- Humedad
- Materia orgánica
- Textura
- Nitrógeno
- Fósforo
- Potasio
- Glifosato.

5.4.2.4 Análisis de resultados de laboratorio.

La devolución de los resultados de laboratorio se efectuó después de 20 días laborables, se procedió a comparar, analizar e interpretar los mismos con la tabla

1. Criterios de calidad del suelo del Acuerdo Ministerial N° 028 y con la tabla de información de los principales nutrimentos del suelo para el sur del Ecuador, planteado por Iñiguez, (2010).

Esta caracterización inicial fue comparada con los resultados finales de suelo después de efectuarse su biorremediación.

5.5 Metodología para el segundo objetivo

Determinar el porcentaje biorremediador del bocashi mediante la técnica de biopilas en suelos contaminados por glifosato en cultivos de café y cacao en el barrio San Roque.

5.5.1 Diseño experimental.

El ensayo experimental se ejecutó en la finca de la familia Romero, durante un tiempo de 6 meses, cuyo período de biorremediación fue 3 meses.

Se emplearon dos tratamientos, el primer tratamiento consistió en la adición del bocashi al suelo contaminado en biopilas, el segundo tratamiento sin bocashi solo suelo contaminado en biopilas, considerado como testigo. Estos tratamientos fueron distribuidos en dos repeticiones.

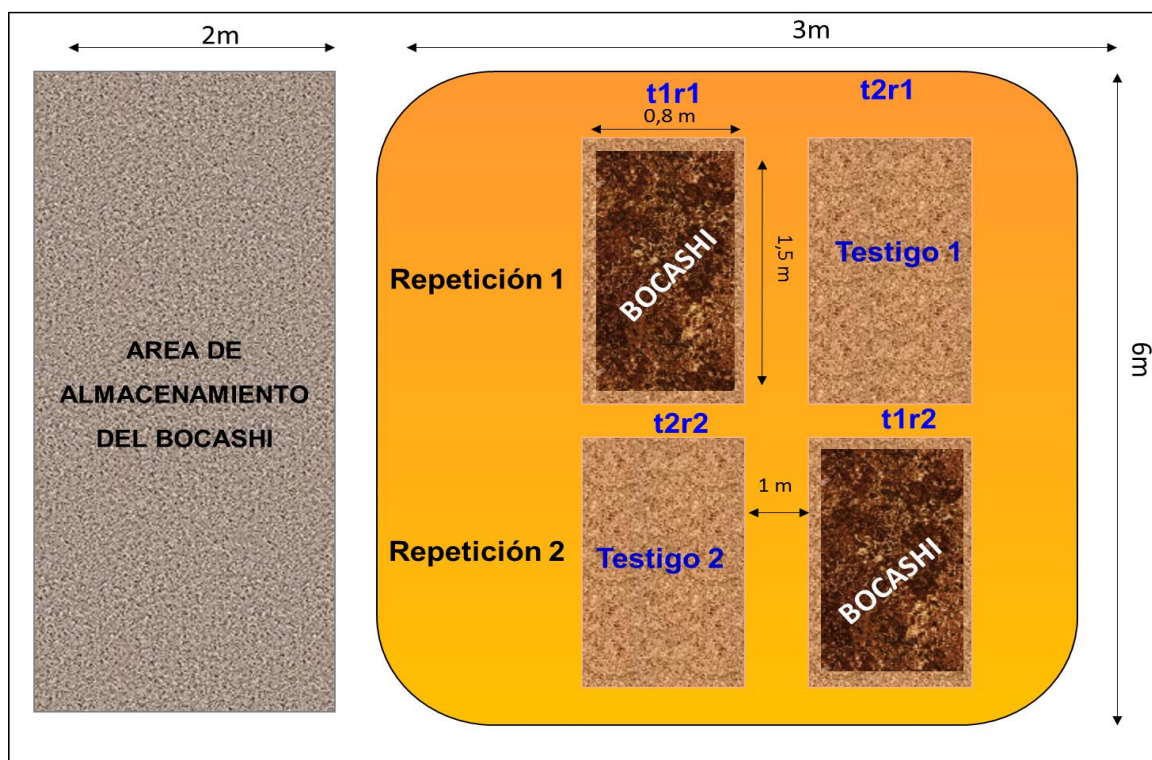
5.5.1.1 Unidad experimental.

Las biopilas o unidades experimentales se implementaron ex situ, cada una mantuvo una dimensión de 0,8 m de ancho x 1,5 m de longitud, distanciadas entre ellas a 1 m.

Cuadro 1. *Diseño de estudio que se implemento*

Unidades experimentales = 4	Área de cada parcela=1,2 m ²
Tratamientos=2	Área útil del ensayo=18 m ²
Número de repeticiones=2	Área total=30 m ²

Ubicación aleatoria de las unidades experimentales en el ensayo experimental.

**Figura 3.** *Diseño de las unidades experimentales*

5.5.2 Ejecución de tratamientos.

5.5.2.1 Tratamiento 1: Elaboración del sustrato

El bocashi fue elaborado en la finca de la familia Romero, sitio donde se realizó el ensayo experimental de biorremediación.

Los materiales empleados para la elaboración del bocashi fueron productos secundarios obtenidos de procesos productivos cercanos al sitio, para cual se utilizó los siguientes insumos y herramientas.

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

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	APORTE
15 kg	Tierra virgen (de bosque o tierra negra)	Homogeneidad física al abono, contiene minerales
15 kg	Raquis de banano (picado)	Fuente materia rica en carbono
19 kg	Estiércol de cuyes	Principal fuente de nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, etc.
20 Kg	Pulpa de café	Fuente materia rica en carbono
3 kg	Carbón molido	Fuente de materia mineral, mejora las características físicas del suelo
3 kg	Roca fosfórica	Fuente de materia mineral

Continúa cuadro anterior

0,1 litros	Melaza	Principal fuente de energía para la fermentación.
0,2 onzas	Levadura de pan	Acelera la reproducción de los microorganismos inóculos.
3 L	Agua de acuerdo a la prueba del puño	Homogeniza todos los ingredientes.
Herramientas		
2	Palas	
1	Machete	
1	Balde de plástico	

Fuente: *Suquilanda, 2016*

5.5.2.1.1 Preparación del bocashi.

Los materiales como la tierra, estiércol de cuy y pulpa de café, fueron recolectados en áreas productivas del barrio San Roque, mientras que el raquis de banano fue recolectado en la feria libre de la ciudad de Zamora. Los materiales que se compró fueron el carbón, roca fosfórica, melaza y levadura.

Una vez obtenido los materiales se procedió a picar el raquis de banano y a triturar el carbón.



Fotografía 8. *Picado de raquis de banano*

Antes de la elaboración del abono se construyó una cubierta plástica, con la finalidad de proteger el abono de los rayos solares y de las aguas lluvias.

Se procedió a elaborar el bocashi utilizando la metodología de Suquilanda, (2016).

Paso 1: Apilación de ingredientes

Se apiló uniformemente los materiales orgánicos y minerales: raquis de banano, tierra vegetal, estiércol de cuy, carbén molido, pulpa de café y roca fosfórica.

Paso 2: Activación de microorganismos (levaduras)

En un recipiente plástico de 20 litros se adicionó y mezcló el agua, la melaza y la levadura.

Paso 3: Humedecimiento de la masa

Se agregó el agua a toda la masa hasta que se obtuvo la humedad adecuada, para ello se hizo la prueba del puño.

Se extendió la mezcla formando un montón de 1 m de ancho * 2 m de longitud * una altura de 0,8 m. Finalmente se cubrió con un plástico negro todo el sustrato y se dejó reposar hasta el día siguiente. Desde primer día se hizo el proceso de revolvimiento.



Fotografía 9. Mezcla de ingredientes y humedecimiento del compuesto.

5.5.2.1.2 Monitoreo del sustrato.

Los tres primeros días se volti6 la mezcla dos veces diarias (una vez en la ma1ana y otra en la tarde) con esto se consigui6 airear la mezcla y bajar su temperatura, a partir del cuarto d6a se revolvi6 una solo vez, hasta cubrir los 20 d6as establecidos.

Es necesario evitar temperaturas mayores de 50° C ya que, si la temperatura sube (60°C), podrían morir los microorganismos.

Se realizó el registro de datos y seguimiento de la temperatura, pH y humedad.



Fotografía 10. *Medición de Temperatura, pH y humedad*

5.5.2.1.3 Caracterización del sustrato.

La caracterización del bocashi consistió en el estudio y análisis de sus variables para ello se realizó el siguiente proceso:

Antes de cosechar el bocashi se mezcló uniformemente todo el sustrato.

Se tomó una muestra de 1 kg y se envió al laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) extensión Gualaceo, para su

análisis respectivo, del cual se determinó su aporte nutricional bajo los siguientes parámetros: pH, Materia orgánica, Humedad, N, P, K, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B.

5.5.2.1.4 Almacenamiento del sustrato

Pasado el tiempo establecido se hizo la cosecha del bocashi, se guardó en sacos y se almacenó en un lugar protegido, para su posterior aplicación en las unidades experimentales.



Fotografía 11. *Cosecha y almacenamiento del bocashi*

5.5.2.2 Tratamiento 2: Testigo.

Este tratamiento se desarrolló sin ningún tipo de sustrato, en condiciones naturales, el cual fue identificado como tratamiento testigo.

5.5.3 Ensayo experimental de biorremediación.

Para la biorremediación del suelo contaminado con glifosato se aplicó la técnica de biopilas, empleando el sustrato bocashi.

5.5.3.1 Elaboración de las biopilas y aplicación de sus respectivos tratamientos.

La biopilas que se implementó fue de tipo alargada cuyas dimensiones fueron de 0,8 m de ancho * 1,5 m de longitud y 0,80 m de alto. Para su construcción se realizó lo siguiente:

5.5.3.1.1 Selección del sitio óptimo para tratamientos.

Para el tratamiento del suelo se seleccionó un sitio accesible, seguro, libre de inundaciones y con una pendiente baja, cerca del área residencial, tomando en cuenta el espacio adecuado y suficiente donde se almacenó el suelo, se mezcló y preparó para la biopilas.

5.5.3.1.2 Preparación de la base.

La base de las biopilas se construyó con el objetivo de proporcionar una cimentación estable que soporte la biopila y sirva como una barrera contra la migración del contaminante en el suelo subyacente.

Para ello primeramente se limpió toda el área de tratamiento quitando la cubierta vegetal, palos y piedras o materiales que pudieron obstaculizar o dañar la sub base, se compactó y niveló el suelo y a los lados se hizo zanjas que sirvieron como canales para la conducción del agua fuera del tratamiento.



Fotografía 12. *Preparación de la sub base*

Sobre la sub base de cada unidad experimental se colocó una capa de plástico, extendido 70 cm más allá del ancho de la biopila hasta cubrir las zanjas o canales.



Fotografía 13. *Colocación del plástico en la sub base*

5.5.3.1.3 Colocación del suelo contaminado.

Una vez preparada la base se procedió a colocar el suelo contaminado en las cuatro unidades experimentales. Las biopilas del tratamiento 1 estuvieron conformadas 65 kg de suelo y 36 kg de abono cada una (relación 36/64), utilizando en menor cantidad el bocashi.

5.5.3.2 Adición del bocashi.

Se incorporó el sustrato bocashi formando una pila alargada, seguidamente se cubrió con un plástico negro cada biopila.

Se hizo las respectivas repeticiones y tratamientos. El tiempo de evaluación fue de 3 meses (90 días).

5.5.3.3 Monitoreo y control de variables (biopilas).

Durante el proceso de biorremediación se realizó dos monitoreos al mes, se hizo la medición del pH, humedad y temperatura utilizando el instrumento multifuncional de estudio de suelos, a su vez se hizo el registro de datos en una ficha de campo.

Humedad requerida: Se determinó el contenido de humedad del ensayo.

Al iniciar el tratamiento se adicionó agua debido al bajo contenido de humedad que presento la biopila.

Temperatura: Se hizo la medición de temperatura de cada biopila, se mezcló y removió el suelo con la finalidad de permitir la aireación y estimular la actividad microbiana.

pH: se midió el pH de cada pila determinando el nivel de acidez o alcalinidad.

El control de los factores antes escritos se consideró envase a literatura planteada por Velasco y Volke, (2007) quienes mencionan que las biopilas deben mantenerse en los siguientes rangos:

Humedad: 40 – 85% o 50 – 80%,

pH = 6 a 8 con un óptimo de 7

Temperatura 25 – 35° C.

5.5.3.4 Verificación presencia de microorganismos.

A partir del primer mes del proceso de biorremediación se realizó un monitoreo cada 15 días, constatando la presencia de macroorganismos como

lombrices, ciempiés y milpiés en cada tratamiento, identificaciones que fueron registrados en una matriz.

5.5.4 Recolección de muestras finales.

Después de concluido el tiempo de implementación del ensayo (3 meses) se tomó una submuestra en cada unidad experimental, formando una muestra compuesta por cada tratamiento. Así mismo, de forma inmediata fueron enviadas al laboratorio AGQ Labs (Qualitytierra Servicios Ambientales S. A).

5.5.5 Análisis e interpretación de resultados.

Se procedió a comparar los resultados (iniciales) obtenidos del suelo contaminado antes de la biorremediación con los resultados (finales) del análisis del suelo después del proceso de biorremediación y estos a su vez con la tabla de información de los principales nutrimentos del suelo para el sur del Ecuador, planteado por Iñiguez, (2010).

5.5.6 Determinación del porcentaje biorremediador del glifosato en biopilas.

Una vez que se obtuvo los resultados finales, se realizó el cálculo del porcentaje de biorremediación de biopilas y un análisis estadístico con el fin de conocer la eficiencia de cada tratamiento.

5.5.6.1 Cálculo del porcentaje de biorremediación.

Para obtener el porcentaje de biorremediación del suelo se aplicó la siguiente formula:

$$\% \text{ remediación} = \frac{(\text{Concentración inicial} - \text{concentración final})}{(\text{Concentración inicial})} * 100$$

5.5.7 Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico de las unidades experimentales construidas se utilizó el método estadístico no paramétrico “Chi-Cuadrado”, aplicado a los resultados de los análisis de laboratorio.

Este método se efectuó según la sustentación de Tinoco, (2008) quien menciona que: “para analizar la relación de dependencia o independencia entre dos variables cualitativas se utiliza la prueba del chi cuadrado de independencia. Esta prueba permite determinar si existe una relación entre dos variables” (p. 74).

Para lo cual se aplicó la siguiente formula:

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

Donde:

X^2 = Chi cuadrado

fo = frecuencia observada

fe = frecuencia esperada

Estos valores fueron pasados al programa estadístico “Chi-Cuadrado del cual se obtuvo resultados finales y se hizo el respectivo análisis rechazando o aceptando la hipótesis planteada.

5.6 Metodología para el tercer objetivo

Determinar los costos de biorremediación del bocashi aplicado mediante la técnica de biopilas en suelos contaminados por glifosato en cultivos de café y cacao en el barrio San Roque.

5.6.1 Determinación de costos de biorremediación para el ensayo implementado.

Para cumplir con este objetivo se determinó el costo de remediación de los tratamientos, considerando los siguientes factores:

- Materiales y herramientas a utilizar
- Mano de obra.
- Insumos para elaboración de bocashi

Estos factores fueron analizados mediante cálculos matemáticos en el software de Microsoft Excel.

5.6.2 Determinación de costos para una hectárea de terreno

En base a los costos de remediación obtenidos del ensayo experimental se proyectó los costos de remediación para una hectárea de terreno, reemplazando las herramientas por maquinaria pesada debido a la extensión del terreno y a la cantidad de sustrato a utilizar.

6 RESULTADOS

6.1 Resultados del primer objetivo

Diagnosticar los factores socioeconómicos y ambientales en suelos contaminados por glifosato en el barrio San Roque.

6.1.1 Caracterización socioeconómica del área de estudio.

Una vez aplicado las encuestas se obtuvo los siguientes resultados:

- Aspectos demográficos

Cuadro 3. *Aspectos demográficos*

Nº de fincas	Nº de habitantes
Finca 1	8
Finca 2	1
Finca 3	6
Finca 4	3
Finca 5	1
Finca 6	4
Finca 7	8
Finca 8	2
Finca 9	4
Finca 10	2
Finca 11	3
Finca 12	7
Finca 13	7
Finca 14	1
TOTAL	57
PROMEDIO	4

Según el estudio realizado en 14 fincas del barrio San Roque se determinó que existen 57 habitantes, el cual da un promedio de 4 habitantes por familia.

- **Servicios básicos**

Cuadro 4. *Servicios básicos*

Servicios básicos	Número	%
Agua	14	100%
Luz	14	100%
Alcantarillado	11	79%



Figura 4.- *Servicios básicos*

El 100% de las viviendas encuestadas poseen los servicios básicos de agua y luz, mientras que el 79% no contienen servicio de alcantarillado.

- **Superficie destinada a la producción**

Cuadro 5. *Superficie de fincas por cantidad de producción*

Nº DE FINCAS	SUPERFICIE	
	TOTAL (ha)	PRODUCCION (ha)
Finca 1	1,0	1,0
Finca 2	3,0	1,5
Finca 3	42,0	3,0
Finca 4	3,5	2,5
Finca 5	12,0	6,5
Finca 6	1,0	1,0

Continúa cuadro anterior

Finca 7	6,0	2,5
Finca 8	5,0	4,0
Finca 9	3,5	2,0
Finca 10	1,0	0,5
Finca 11	3,0	3,0
Finca 12	4,0	4,0
Finca 13	0,0042	0,0042
Finca 14	33,5	6
TOTAL	118,50	36,00
PROMEDIO	8,46	2,57

Estas fincas abarcan una superficie total de 118,50 hectáreas de los cuales 36 ha son destinadas a actividades agropecuarias, las áreas restantes son para otros fines. Deduciendo que el promedio de superficie que presenta cada finca es de 8,46 ha de los cuales 2,57 ha son para actividades agropecuarias.

- Tenencia de tierra

Cuadro 6. Tenencia de tierra

Tenencia de tierra	Número de familias	%
Propia	11	79%
Arrendada	0	0%
Poseción	0	0%
Prestada	3	21%
TOTAL	14	100%

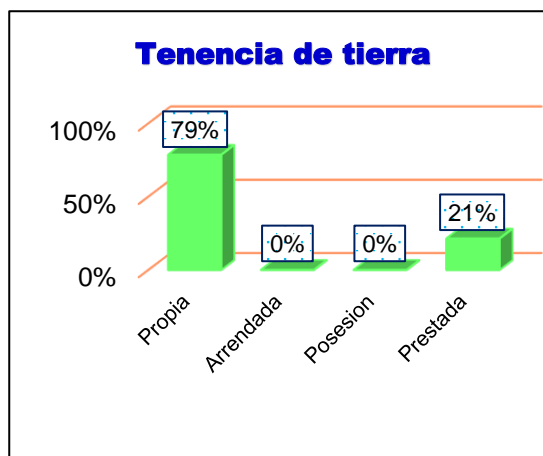


Figura 5.- Tenencia de tierra

El 79% de las fincas poseen tenencia de tierra propia, mientras que el 21% son prestadas, terrenos en las cuales realizan actividades agrícolas.

- **Tamaño de parcelas**

Cuadro 7. *Tamaño de las parcelas*

Tamaño de la parcela	Número de familias	%
Mediana (Entre 25 a 75 ha)	2	14%
Pequeña (Menor a 25 ha)	12	86%
TOTAL	14	100%

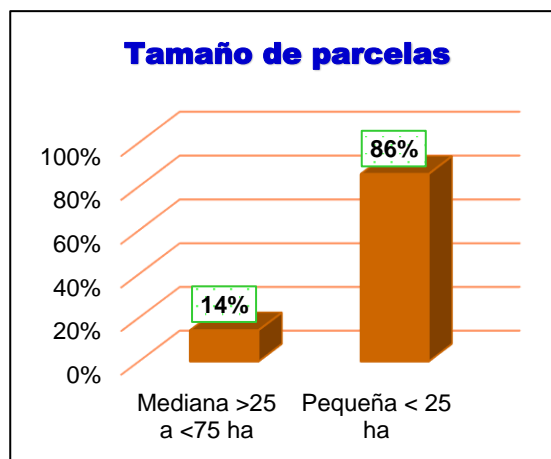


Figura 6.- *Tamaño de las parcelas*

El 86% de las familias encuestados poseen fincas menores a 25 ha y el 14% restante contienen fincas mayores a 25 ha. Por lo tanto se deduce que la mayoría de las familias tienen fincas de áreas pequeñas menores a 25 ha.

- **Principal actividad económica**

Cuadro 8. *Principal actividad económica*

Principal actividad	Número	%
Agricultura	14	70%
Pecuaria	3	15%
Psicultura	3	15%
Turística	0	0%
TOTAL	20	100%

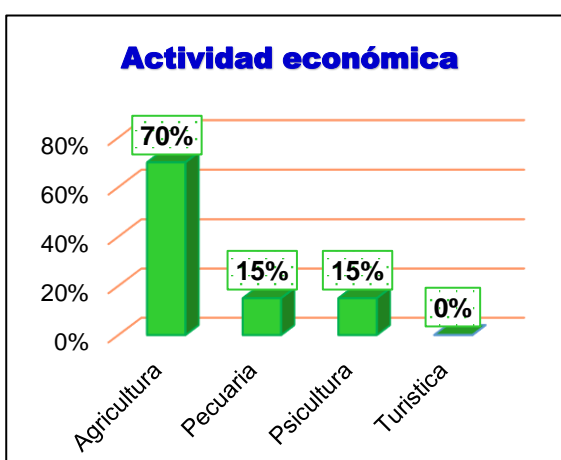


Figura 7.- *Principal actividad económica*

El 70% de las familias encuestadas realizan actividades agrícolas, el 15% actividades pecuarias y el 15% restante realiza actividades piscícolas. En conclusión se puede mencionar que la principal actividad económica de las familias es la agricultura.

- **Principal cultivo de producción**

Cuadro 9. Principales cultivos de producción

Cultivos	Nombre Científico	Número	%
Cacao	<i>Theobroma cacao L</i>	12	27%
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	12	27%
Café	<i>Coffea arabica L</i>	6	13%
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>	7	16%
Guineo	<i>Musa acuminata</i>	1	2%
Maíz	<i>Zea mays</i>	1	2%
Fréjol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	1	2%
Guanábana	<i>Annona muricata</i>	1	2%
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	1	2%
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	1	2%
Jamaica	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	1	2%
Caña	<i>Saccharum officinarum</i>	1	2%
TOTAL		45	100%

Los cultivos de preferencia de acuerdo a las encuestas aplicadas se observan en el siguiente figura.

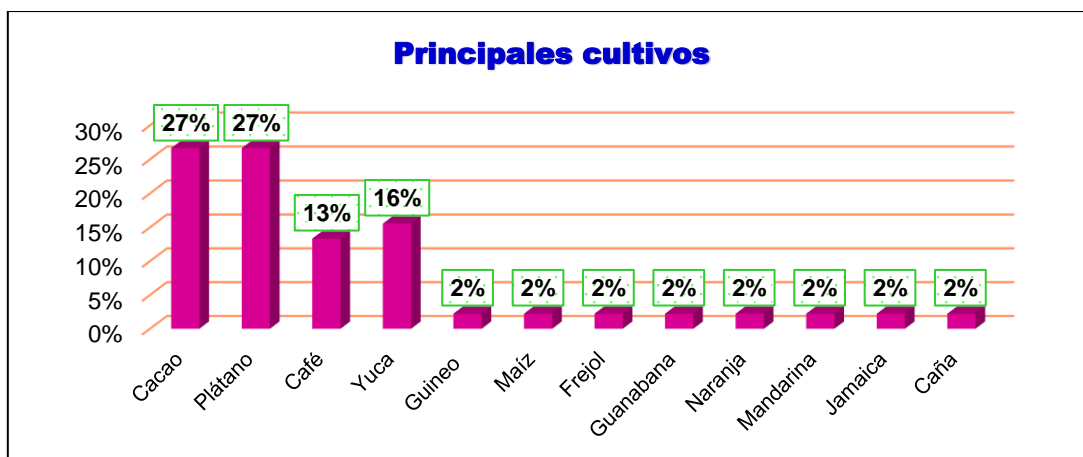


Figura 8. Principales cultivos de producción

Se puede observar que el 27% de las familias mencionaron que los principales cultivos de producción son el cacao y el plátano, seguido de yuca con el 16%, café con el 13% y en menor cantidad con tan solo el 2% los cultivos de guineo, maíz, fréjol, caña, jamaica y frutas. Dado este análisis se concluye que los cultivos de mayor preferencia son el cacao, plátano, yuca y café.

- Productividad de las fincas

Cuadro 10. Productividad de las fincas

CULTIVOS	PRODUCTIVIDAD		
	TOTAL	PROMEDIO	UNIDAD
Café	72,0	12,00	qq/año
Yuca	47,0	5,88	qq/año
Cacao	37,0	2,50	qq/año
Plátano	147,0	12,00	unidades/año
Guineo	20,0	-	unidades/año
Maíz	11,0	-	qq/año
Fréjol	3,0	-	qq/año
Caña	109,0	-	kg/año
Jamaica	108,9	-	Kg/mes

Continúa cuadro anterior

Mandarina	-	-	-
Guanábana	-	-	-
Naranja	-	-	-

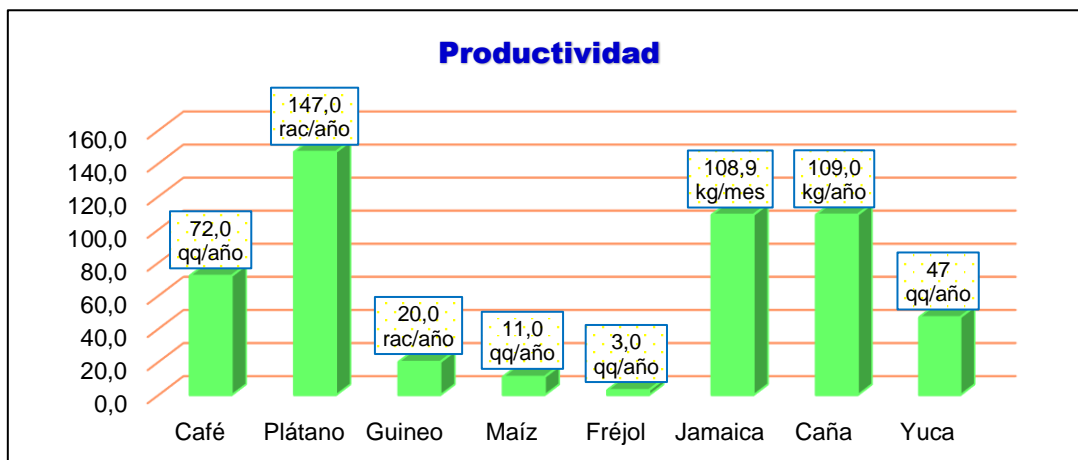


Figura 9.- Productividad de las fincas

Los cultivos de mayor productividad son el café, con una producción de 72 quintales/año, la yuca con 47 quintales/año y el cacao con 47 quintales/año. Asimismo se destaca la productividad del plátano con 147 unidades/año y el guineo con 20 unidades/año. A su vez en pequeñas cantidades se encuentra el maíz con 11 qq/año, el fréjol con 3 qq/año; la jamaica presenta una cantidad de 108,9 kg/mes y la caña 109 kg/año. Estos últimos productos son realizados por una sola familia.

Así mismo, se obtiene un promedio de productividad de 12 qq/año de café por familia, 6qq/año de yuca, 3 qq/año de cacao y 12 racimos/año de plátano por familia.

- **Destino de los productos**

Cuadro 11. *Destino de los productos*

Destino	Número	%
Venta	25	60%
Consumo	17	40%
TOTAL	42	100%

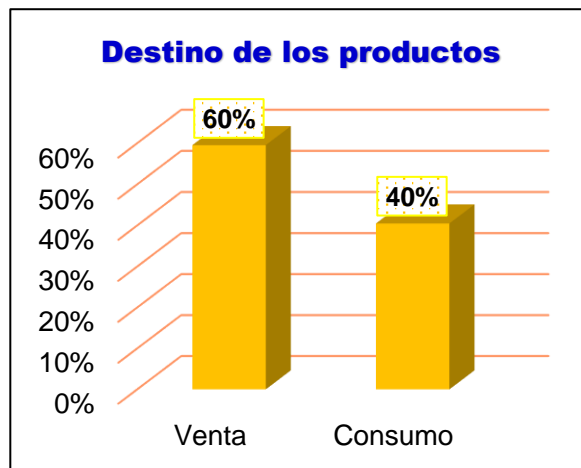


Figura 10.- *Destino de los productos*

El 60% de los productos son destinados a la venta mientras que el 40% son para consumo familiar. Los productos que son destinados para la venta son: café, cacao, plátano, maíz y jamaica sin embargo los cultivos para consumo familiar son la yuca, frejol y caña. A su vez las familias dedicadas a la producción de caña realizan actividades de procesamiento obteniendo panela en bloque y granulada, así mismo destinada a la venta. Todos estos productos son vendidos en las ciudades de El Pangui, Yantzaza y Zamora o en las ferias libres de las mismas.

- **Acceso a crédito**

Cuadro 12. *Acceso a crédito*

Crédito	Cantidad de familias	%
Si	3	21%
No	11	79%
TOTAL	14	100%

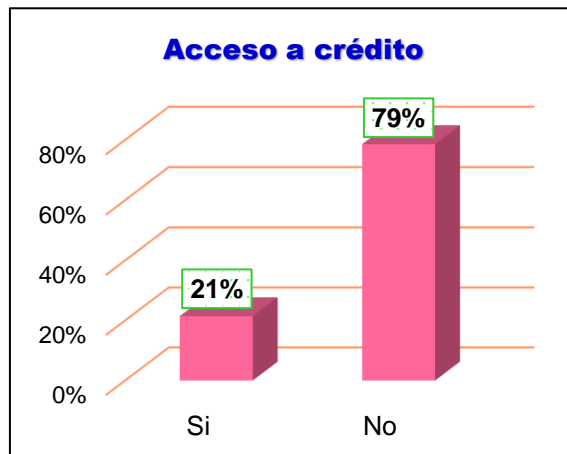


Figura 11.- *Acceso a crédito*

El 79% de las familias expresaron que no tienen acceso a ningún tipo de crédito y solamente el 21% han accedido a créditos los cuales han sido otorgados por el Banco del Ecuador (BanEcuador).

- **Acompañamiento técnico en las familias agricultoras**

Cuadro 13. *Acompañamiento técnico*

Capacitación	Cantidad de familias	%
Si	8	57%
No	6	43%
TOTAL	14	100%

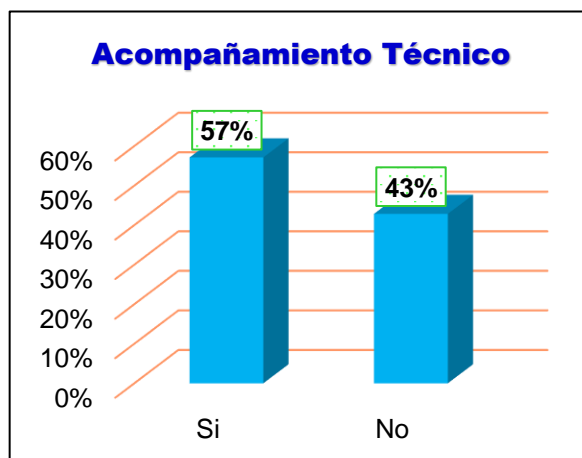


Figura 12. *Acompañamiento técnico*

El 57% de las familias han recibido asistencia técnica por parte de entidades públicas como el Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuacultura y Pesca (MAGAP), GAD Provincial de Zamora Chinchipe y el GAD Parroquial de Pachicutza, mientras que el 43% no han recibido acompañamiento técnico.

- **Mano de obra utilizada durante la producción**

Cuadro 14. *Mano de obra utilizada*

Mano de Obra	Número	%
Asalariado	5	28%
Familiar	13	72%
TOTAL	18	100%

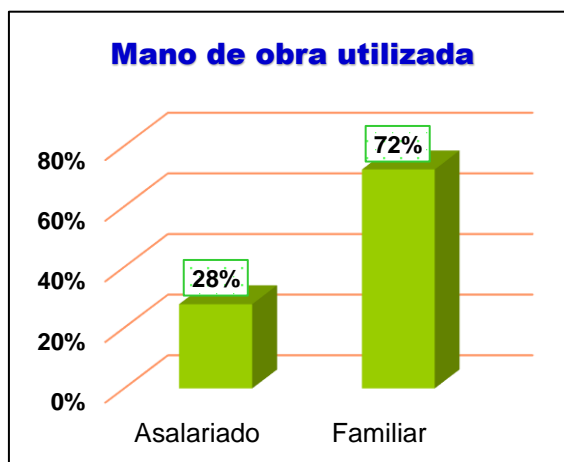


Figura 13.- *Mano de obra utilizada*

El 72% de las familias encuestadas manifestaron que la mano de obra utilizada para actividades productivas es familiar y el 28% utiliza mano de obra asalariado. Sin embargo, la mano de obra familiar utilizada es de forma permanente mientras que la asalariada es ocasional.

- Formas de organización

Cuadro 15. *Forma de organización*

Organización	Cantidad de familias	%
Si	4	29%
No	10	71%
TOTAL	14	100%

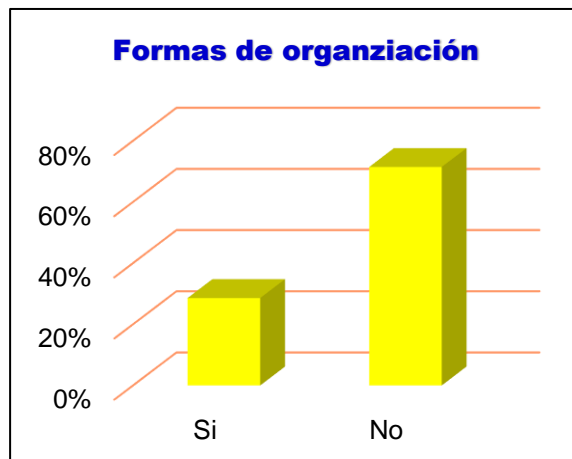


Figura 14.- *Forma de organización*

El 71% de las familias encuestadas no pertenecen a ningún tipo de organización, mientras que el 29% sí pertenece a alguna organización, de carácter pública, lo que representa una oportunidad para acceder a cualquier ayuda.

- Rotación de cultivos

Cuadro 16. *Rotación de cultivos*

Período de rotación	Si	No
Permanente	14%	0
Ocasional	36%	0
TOTAL	50%	50%

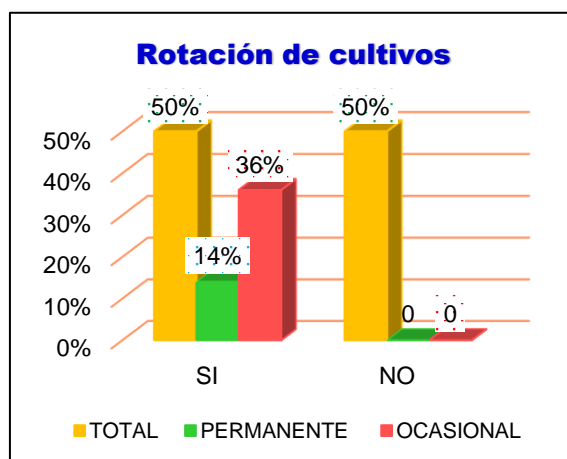


Figura 15.- *Rotación de cultivos*

El 50% de los agricultores realizan rotación de cultivos en sus fincas, de esta cantidad el 14% lo hacen de forma permante y el 36% de forma ocasional, el otro 50% no practica rotación de cultivos, realizando actividades de monocultivo.

- Asociación de cultivos

Cuadro 17. Asociación de cultivos

Asociación de cultivos	Si	No
Permanente	36%	43%
Ocasional	21%	0
TOTAL	57%	43%
	100%	

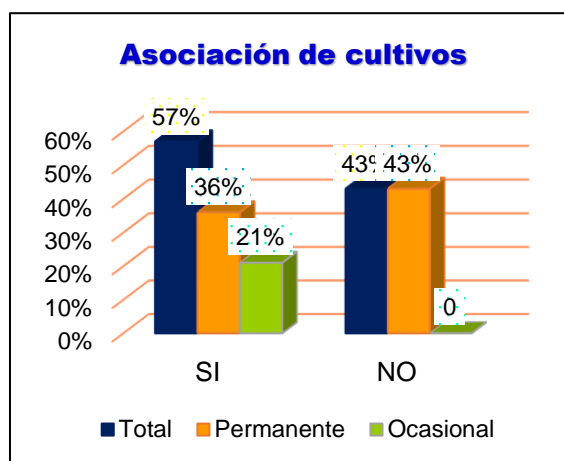


Figura 16. Asociación de cultivos

El 57% de los agricultores tienen en sus parcelas cultivos asociados como plátano, maíz y el fréjol, de otro forma cacao, yuca, plátano y frutales; mientras que el 43% de los agricultores no asocia sus cultivos.

Las principales herramientas manuales de uso son machete, tijera podadora serrucho, lampa, pala, barreta y bomba de fumigar, de igual forma la maquinarias utilizada son la motoguadaña y la desbrozadora.

- **Uso de agroquímicos**

Cuadro 18. *Uso de agroquímicos en los cultivos*

Agroquímicos	Productos	%	Aplicación (veces/año)	Cultivos de aplicación
Herbicidas	Killer	84%	1	Maíz
	Roundaup, glifosato, glifocor		1	Cacao, Maíz, plátano, yuca
	Alto cien		1	Todos los cultivos
	Gramoxone		2	Cacao y café
Plaguicidas	Dióxido de Cloro	8%	1	Café
Fertilizante	Urea	8%	1	Cacao
TOTAL		100%		

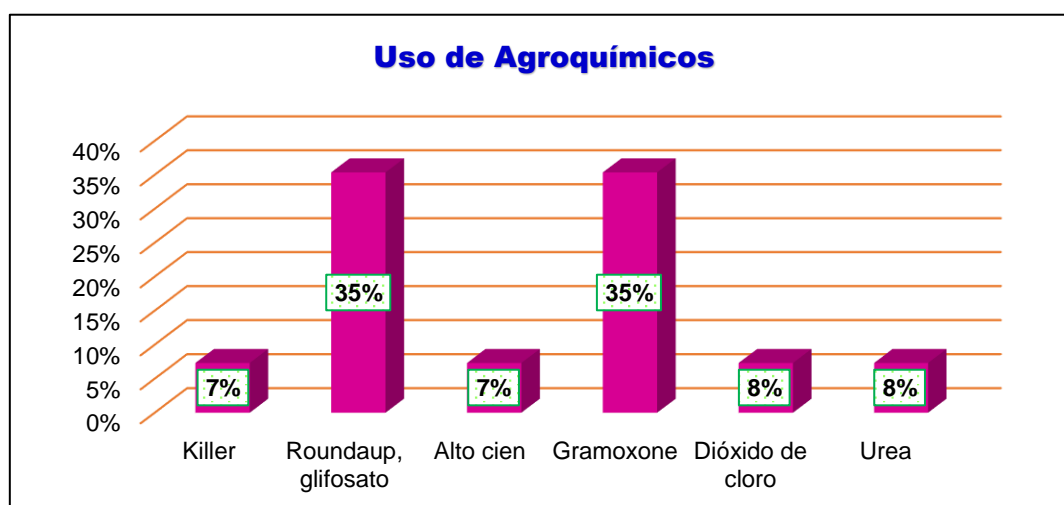


Figura 17.- *Uso de agroquímicos en los cultivos*

Los problemas mas comunes que presentan los cultivos son:

- En el café: roya, ojo de pollo, nemátodos.
- En el cacao: monillia, escoba de bruja, ciratoco.
- En el maíz: gusano cogollero, mata palos.

Para controlar estas plagas el 84% de los agricultores encuestados emplean en sus cultivos herbicidas como killer, glifosato, roundaup, alto cien y gramoxone; el 8% fertilizantes como urea, y el 8% restante utiliza plaguicidas, según sus criterios es la única forma de prevenir y eliminar las plagas en sus cultivos. Dado este análisis se concluye que los agroquímicos más utilizados son el glifosato, roundaup y gramoxone, los mismos que son aplicados por lo menos una vez al año en cultivos de cacao, café, plátano, yuca y maíz.

- **Problemas de salud al aplicar agroquímicos**

Cuadro 19. *Problemas en la salud*

Problemas en la salud	Cantidad de familias	%
Si	13	93%
No	1	7%
TOTAL	14	100%

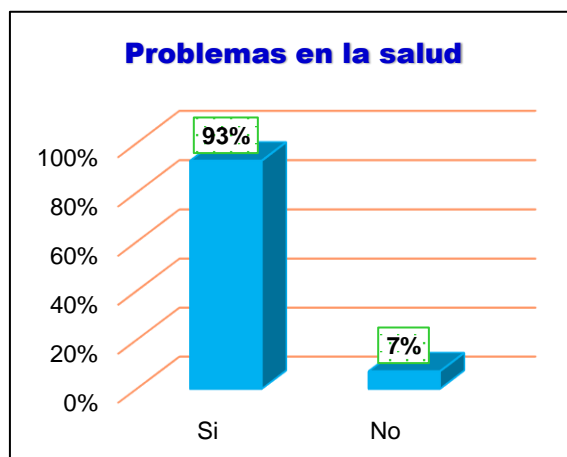


Figura 18. *Problemas de salud*

El 7% de los agricultores manifestó que presentó problemas de intoxicación después de aplicar gramoxone en cultivos de maíz, lo que causó afectaciones en sus órganos (riñón e hígado) según análisis médicos realizados, mientras que el 93% no ha presentado ningún problema en su salud.

- Uso y elaboración de abonos orgánicos

Cuadro 20. *Uso de abonos orgánicos*

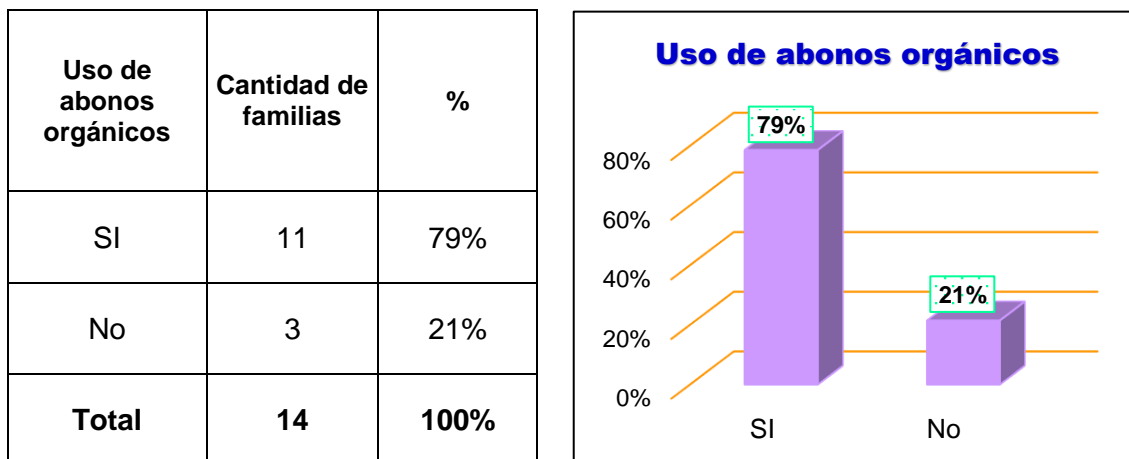


Figura 19.- *Uso de abonos orgánicos*

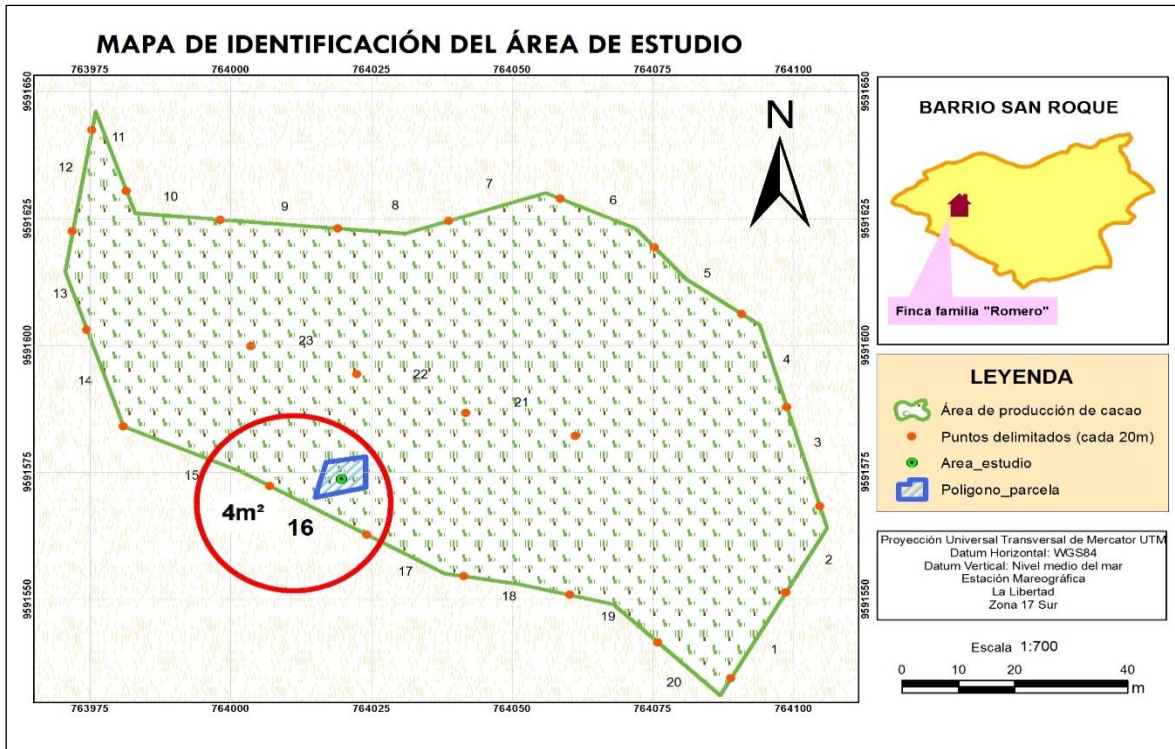
Se puede constatar que el 79% de los agricultores utilizan abonos orgánicos en sus áreas productivas mientras que el 21% no utiliza.

Los abonos orgánicos que utilizan son: compost, gallinaza, biol, estiércol y humus de lombrís.

6.1.2 Caracterización ambiental del suelo contaminado.

6.1.2.1 Ubicación e identificación de puntos.

En base a la aplicación del glifosato que el propietario ha venido realizando en la producción de cacao, se georreferenció toda el área con el dispositivo GPS, creando una base de datos en el software ArcGis, en el cual se identificó 22 puntos posterior a esto mediante sorteo (muestreo simple al azar) resultó seleccionado el punto N° 16, cuya área delimitada fue de 1 m².



Mapa 3. Georreferenciación e identificación del área de estudio

6.1.3 Resultado del análisis inicial del suelo

Los resultados emitidos por AGQ Labs & Technological Services (Laboratorio y servicios tecnológicos) de la muestra inicial de suelo son:

Cuadro 21. Comparaciones de resultados de la caracterización del suelo contaminado con glifosato.

RESULTADO DE ANALISIS EN LABORATORIO			Acuerdo Ministerial 028 pH	RANGOS DE INTERPRETACION (Iñiguez, 2010)					ANÁLISIS
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO		NUTRIMIENTO	UNIDAD	Bajo Mínimo	Medio Optimo	Alto Máximo	
Textura	Granulometría	Franco-Arenosa		-	-	-	-	-	Franco-Arenoso
	Arcilla	15,0%		-	-	-	-	-	
	Limo	0,00%		-	-	-	-	-	
	Arena	85,0%		-	-	-	-	-	
Ph	-	5,19	6 – 8	-	-	-	-	-	Fuertemente ácido
Humedad	%	24,0		-	-	-	-	-	
MO	%	5,21		MO	%	2-4	4.4-6	6.1-8	Medio
N	ppm	3.867		N	Ppm	20-40	40.1-60	60.1-80	Alto
P2O5	ppm	73,32		P2O5	Ppm	10-20	20.1-30	30.1-40	Alto
K2O	Ppm	20,68		K2O	Ppm	50-100	100.1-150	150.1-200	Bajo
Glifosato	mg/Kg	<0,5							

pH: Potencial de Hidrogeno; MO: Materia orgánica; N: Nitrógeno; P2O5: Fosforo; K2O: Potasio.

6.1.3.1 Textura.

Según análisis de laboratorio la textura del suelo en su mayoría es de tipo arcillosa, que presenta una granulometría franco-arenosa. Es por ello que se deduce que este suelo presenta bajo riesgo de compactación.

6.1.3.2 Potencial de hidrogeno (pH).

El potencial de hidrógeno de suelo es de 5,19 valor inferior a lo establecido en la tabla 1. Criterios de calidad del suelo del Acuerdo Ministerial 028. Dado este resultado se determina que es un suelo fuertemente ácido (USDA, 2011).

6.1.3.3 Humedad.

La humedad que presento el suelo de análisis es de 24,0%, lo que significa que presenta un contenido de humedad bajo.

6.1.3.4 Materia orgánica (M.O).

En relación a los datos publicados por Iñiguez, (2010) la materia orgánica de la muestra de suelo se encuentra dentro del rango medio, con un valor de 5,21% de materia orgánica.

6.1.3.5 Nitrógeno.

El nitrógeno, según análisis de laboratorio es de 3.867 ppm, lo cual se determino como un nivel muy alto, según rangos determinados por Iñiguez, (2010).

6.1.3.6 Fósforo.

El valor obtenido de fósforo es de 32 ppm, encontrándose dentro del rango alto, según la interpretación de Iñiguez, (2010).

6.1.3.7 Potasio.

El parámetro potasio se encuentra dentro del rango muy bajo, según Iñiguez, (2010) ya que presentó un valor de 17,16 ppm.

6.1.3.8 Glifosato.

El resultado de glifosato que presenta el suelo, según análisis de laboratorio es de 0,5 mg/kg.

Según la página web de SLT Sobre la Tierra, (2016) describe que:

La verdad es que no hay un acuerdo a nivel global sobre cuál es el nivel aceptable de glifosato en agua o en suelo. Para Estados Unidos es 700 partes por millón (ppm), mientras que para Europa es 0,1 ppm, o sea: 7000 veces menos. La Argentina fijó el valor en 300 ppm, algo similar al de Canadá, donde es 280 ppm.

Al considerar esta literatura el resultado de glifosato de nuestro ensayo 0,5 mg/kg (ppm) es mayor al nivel aceptable de glifosato en Europa cuya cantidad es 0,1 ppm. Sin embargo, este resultado estaría por debajo del nivel aceptable de glifosato para Argentina.

6.2 Resultados para el segundo objetivo

Determinar el porcentaje biorremediador del bocashi mediante la técnica de biopilas en suelos contaminados por glifosato en cultivos de café y cacao en el barrio San Roque

6.2.1 Resultados del diseño experimental.

El diseño experimental de las biopilas consistió en la construcción de parcelas de madera cuya forma fue rectangular con medidas de 1 m de ancho * 2 m de largo y 20 cm de altura, dimensión que facilito la remoción del suelo y evito su dispersión.



Fotografía 14. *Diseño de parcelas*

6.2.2 Ejecución de tratamientos.

Se procedió a elaborar y preparar los tratamientos respectivos para la evaluación de biorremediación de los cuales se hace énfasis al tratamiento 1, que fue la elaboración del sustrato bocashi.

6.2.2.1 Elaboración de sustrato bocashi.

La cantidad de bocashi utilizado fue de 72 kg, distribuyendo 36 kg para cada repetición. La elaboración de esta cantidad se hizo empleando tierra bosque, raquis de plátano, estiércol de cuy, pulpa de café, carbón molido, roca fosfórica, melaza y levadura, materiales que fueron seleccionados en base a los insumos disponibles en la localidad. A su vez fueron incorporados constantemente para el proceso de fermentación adquiriendo un peso total de 75 kg.

6.2.2.2 Monitoreo.

Durante el período de fermentación se llevó a cabo el monitoreo de la temperatura, pH y humedad. Los datos tomados durante el proceso de fermentación se encuentran detallados en el anexo 4.

A continuación, se muestra las figuras con sus variaciones de los parámetros durante todo el proceso.

6.2.2.2.1 Monitoreo de temperatura.

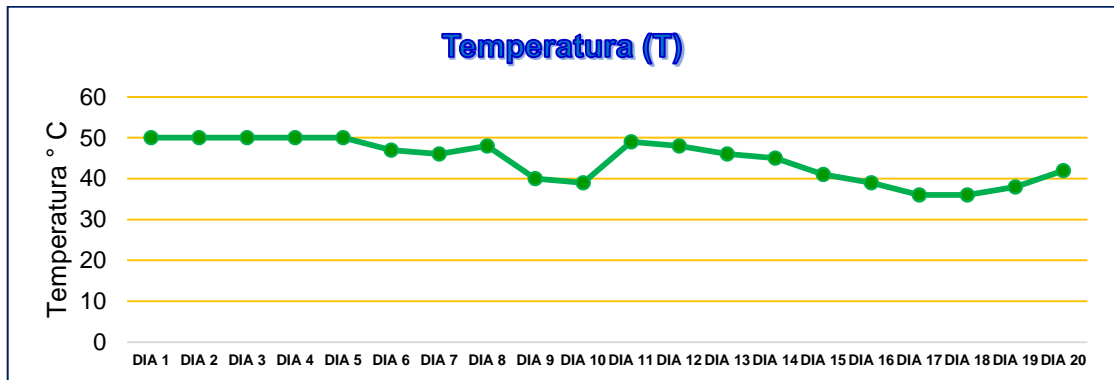


Figura 20.- Control de temperatura

Los registros obtenidos de temperatura oscilan entre 35° C a 50°C, mostrando una diferencia desde el día 5 hasta el día 10, en los cuales la temperatura comenzó a descender hasta 40°C, adicionado a esto se puede observar que durante los días 17 y 18 el sustrato alcanzó una temperatura de 36°C, finalizando el día 20 con una temperatura de 42°C, similar a lo recomendado por (Restrepo, 2007) recomienda que la temperatura no debe sobrepasar los 50°C.

6.2.2.2.2 Monitoreo de pH.

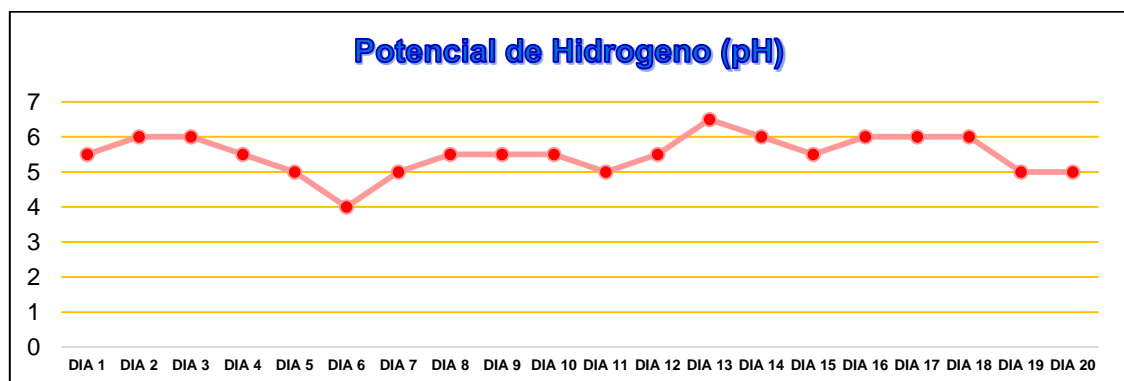


Figura 21.- Control de potencial de hidrógeno

El estado de pH del bocashi se muestra en la figura 15, en el cual se puede notar que al inicio de la etapa de fermentación se registró un pH medianamente ácido cuyo valor fue 5.5, el día 6 bajo a un pH de 4.0 determinado como muy ácido, mientras que el día 13 alcanzo un p H de 6.5 ligeramente ácido. Sin embargo, al finalizar el período de fermentación logró un p H de 5.0 considerado como ácido. En este parámetro no se alcanzó el rango de pH recomendada por (Restrepo, 2007) de 6 – 7,5.

6.2.2.2.3 Monitoreo de humedad.

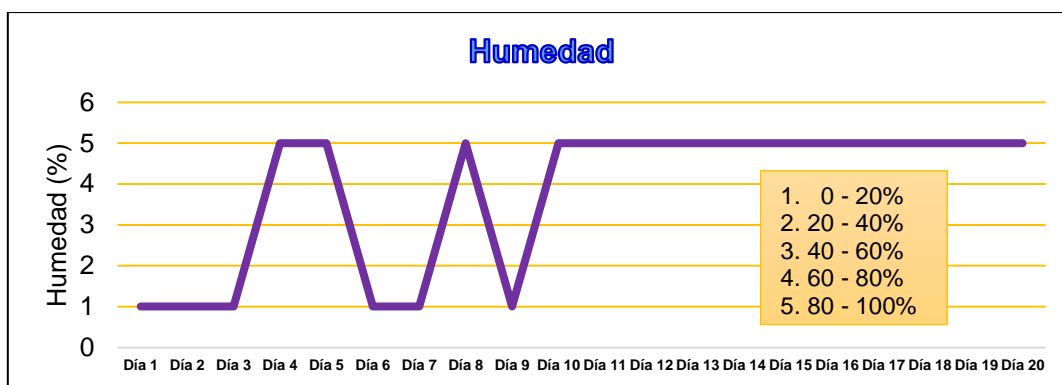


Figura 22. Control de humedad

En los primeros 10 días de fermentación el sustrato mantuvo un nivel de humedad entre 0-20% y 80-100%, mientras que los 10 días restantes finalizó con un nivel de humedad de 80 – 100%, valor que sobrepasa los niveles de humedad recomendado por (Restrepo, 2007) de 50 – 60%, donde se logra una máxima eficiencia del proceso de fermentación.

6.2.2.3 Cosecha del abono.

Después de transcurrir el proceso de fermentación que duro 20 días, se obtuvo un producto de olor agradable, de coloración grisácea, consistencia suelta

y seca, y que los 5 últimos días mantuvo una temperatura igual a la temperatura ambiente, indicadores que demostraron la finalización del proceso de fermentación.



Fotografía 15. *Verificación de temperatura*

La cantidad de abono obtenido fue de 72 kg lo que diferenció del peso inicial en un 5% debido a la transformación del nitrógeno y carbono de los materiales colocados, durante el proceso de fermentación.

6.2.2.4 Resultado de análisis de abono bocashi.

Según los resultados de caracterización del bocashi obtenidos del laboratorio del INIAP, consta lo siguiente:

pH, materia orgánica, Humedad, N, P, K, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B.

Cuadro 22. Resultado de análisis del bocashi

RESULTADOS LABORATORIO				NIVELES DE REFERENCIA ÓPTIMOS (INIAP, 2016)
PARAMETROS	UNIDAD	VALOR	RESULTADO	
Textura	Arena (%)	62	Franco-Arcillo-Arenoso	
	Limo (%)	14		
	Arcilla (%)	24		
Ph	-	8.2	Medianamente Alcalino	
Materia orgánica	%	32,93	Alto	
N	Ppm	45,89	Alto	20 – 40
P	Ppm	822,71	Alto	10 – 20
K	Ppm	475,8	Alto	0,2 - 0,4
Mg	Ppm	108	Alto	1 – 3
Fe	Ppm	84	Alto	20 – 40
Mn	Ppm	73	Alto	5 – 10
Zn	Ppm	13,9	Alto	4 – 8
Cu	Ppm	2	Medio	1 – 10

INIAP: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

pH: Potencial de Hidrogeno; **N:** Nitrógeno; **P:** Fosforo; **K:** Potasio; **Mg:** Magnesio; **Fe:** Hierro; **Mn:** Manganeseo; **Zn:** Zinc; **Cu:** Cobre; **B:** Boro.

Estos parámetros nutricionales del bocashi son determinados según los niveles de referencia óptimos del INIAP (2016).

6.2.2.4.1 *Textura.*

La textura que presenta el abono obtenido es de clase franco-arcillo-arenoso.

6.2.2.4.2 *Potencial de hidrogeno.*

El potencial de hidrogeno del sustrato, según análisis de laboratorio es medianamente alcalino.

6.2.2.4.3 *Materia orgánica.*

La materia orgánica es considerada **alta** ya que representó un valor de 32,93%.

6.2.2.4.4 *Nitrógeno.*

Según resultado de análisis, el sustrato presentó un nitrógeno **alto** cuyo valor es de 45,89 ppm.

6.2.2.4.5 *Fósforo.*

En cuanto al análisis del parámetro fósforo, se determinó que esta superior al rango óptimo establecido por el INIAP, de 822,71 ppm es por ello que es considerado como **alto**.

6.2.2.4.6 *Potasio.*

El sustrato presento un nivel de potasio **alto**, cuyo valor es de 475,8 ppm.

6.2.2.4.7 *Magnesio.*

La cantidad de magnesio que contiene el suelo es 108 ppm, valor que determinó un nivel **alto**, según rangos presentados por el INIAP.

6.2.2.4.8 Hierro.

El sustrato analizado presentó una cantidad de hierro superior al rango óptimo establecido por el INIAP, de 84 ppm, el cual lo caracteriza como un nivel **alto**.

6.2.2.4.9 Manganeso.

El parámetro de manganeso según el análisis del sustrato es de nivel **alto**, cuya cantidad presentado fue de 73 ppm.

6.2.2.4.10 Zinc.

Al igual que los parámetros antes descritos este elemento se encuentra en cantidades superiores a los rangos presentados por el INIAP, el cual es de 13,9 ppm, considerado como **alto**.

6.2.2.4.11 Cobre.

El parámetro cobre que presenta el sustrato, según análisis de laboratorio se encuentra dentro de los rangos óptimos establecidos por el INIAP, cuyo valor es de 2 ppm, el cual se determina como un nivel **medio**.

6.2.3 Elaboración de las biopilas y aplicación de tratamientos.

Para la ejecución de la investigación se construyó cuatro biopilas, divididas en dos tratamientos y dos repeticiones, cuya superficie total fue de 18 m².



Fotografía 16. *Biopilas implementadas*

En los dos ensayos experimentales del tratamiento 1, denominados: t1r1 y t1r2 se colocó 65 kg de suelo contaminado más 36 kg de abono, mientras que en el tratamiento 2: t2r1 y t2r2 considerados como testigos simplemente se colocó 65 kg de suelo contaminado, mencionado que a este tratamiento no se le da ningún proceso.



Fotografía 17. *Identificación de tratamientos y repeticiones*

6.2.3.1 Variables de control.

A continuación, se presenta los resultados del monitoreo y control de las variables: temperatura, pH, humedad y microorganismos.

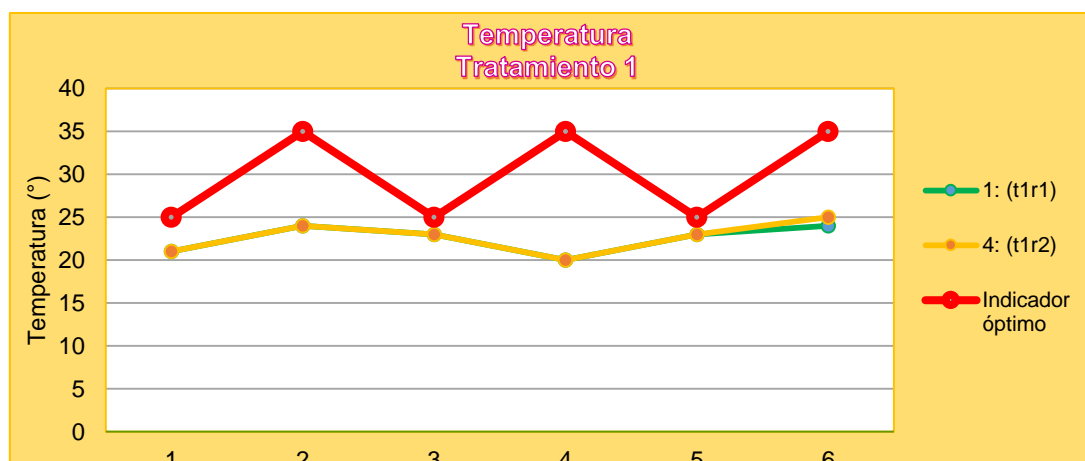
6.2.3.1.1 Temperatura.

Tratamiento 1: Suelo contaminado + bocashi en biopilas

Los datos obtenidos en cada biopila se encuentran detallados en el siguiente cuadro.

Cuadro 23. Control de temperatura Tratamiento 1

Días de control Biopilas	Temperatura (°C)					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
1: (t1r1)	21	24	23	20	23	24
4: (t1r2)	21	24	23	20	23	25
Indicador	25	35	25	35	25	35

**Figura 23.-** Temperatura del tratamiento 1

La figura 23 nos indica la temperatura en las dos pilas formadas para el tratamiento 1 según las mediciones realizadas, en donde se puede evidenciar que la temperatura se mantuvo dentro de los 20 – 25° C, llegando a alcanzar los rangos óptimos recomendados por Velasco y Volke, (2007) de 25-35° C.

Sin embargo, se resalta que el sustrato bocashi utilizado en este tratamiento fue elaborado antes de adicionarlo a la pila, es por ello que la temperatura durante los días de remediación es baja, porque no existió ningún proceso de fermentación o descomposición que eleve la temperatura.

Tratamiento 2. Suelo contaminado en biopilas (sin ningún tratamiento)

Cuadro 24. *Temperatura tratamiento 2*

Biopilas \ Días de control	Temperatura (°C)					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
2: (t2r1)	19	22	22	18	21	22
3: (t2r2)	19	22	21	19	21	22
Indicador óptimo	25	35	25	35	25	35

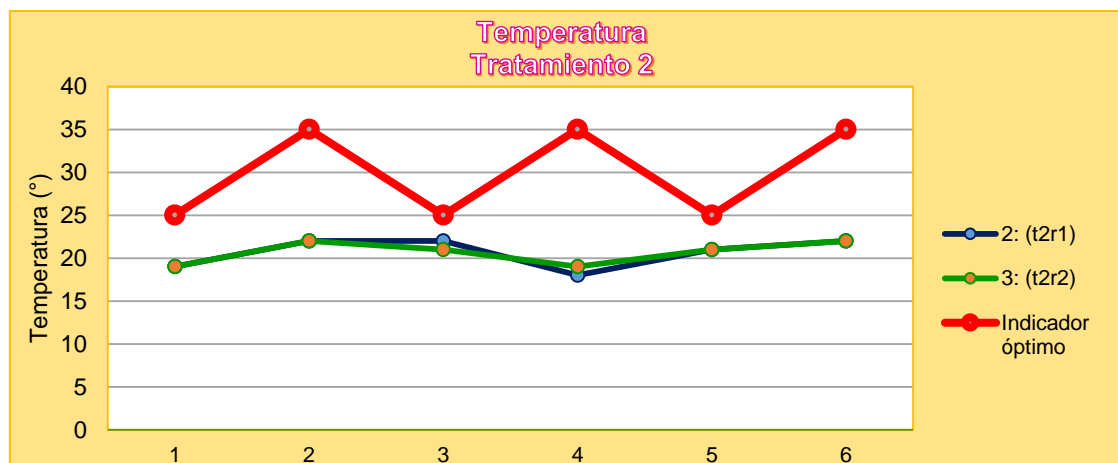


Figura 24. *Temperatura tratamiento 2*

El tratamiento 2 estuvo conformada por dos pilas sin ningún sustrato, cuya temperatura osciló entre 18 - 22° C, no alcanzando los rangos óptimos recomendada por Velasco y Volke (2007), dado a que este tratamiento se mantuvo en condiciones normales sin ningún proceso.

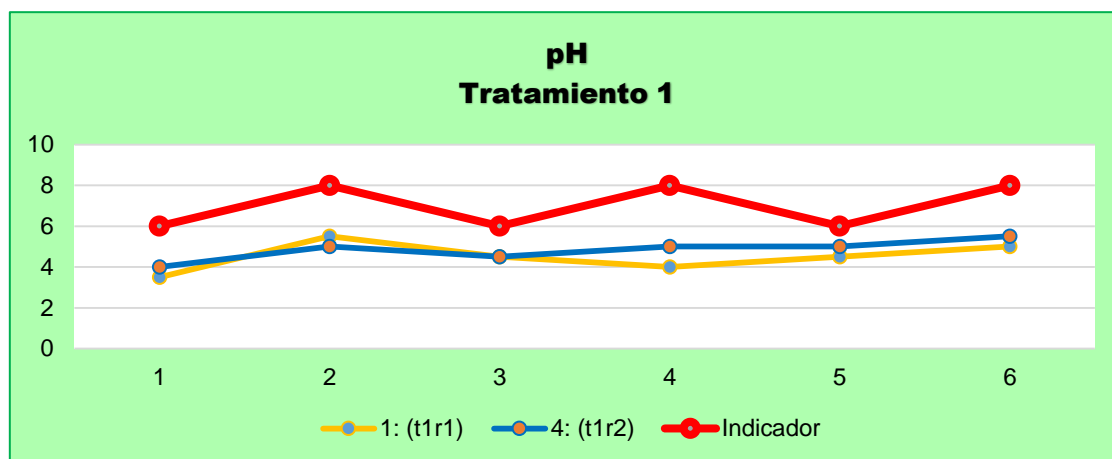
6.2.3.1.2 Potencial de hidrógeno (pH).

Tratamiento 1: Suelo contaminado + bocashi en biopilas

Los datos tomados en cada pila del potencial de hidrogeno del suelo se presentan a continuación:

Cuadro 25. *pH tratamiento 1*

Días de control Biopilas	Ph					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
1: (t1r1)	3,5	5,5	4,5	4	4,5	5
4: (t1r2)	4	5	4,5	5	5	5,5
Indicador	6	8	6	8	6	8

**Figura 25.** *pH tratamiento 1*

Se puede observar la variación del pH para el tratamiento 1, los cuales se mantuvieron dentro del rango 3,5 – 5,5 determinado como suelo ácido, lo cual se concluye que este resultado se dió debido a que el suelo presento cierta cantidad de glifosato ya que en el portal de Suelos de la FAO establece que: “Los suelos ácidos se refieren aquellos que contienen un pH inferior a 5,5 los cuales están asociados con un número de toxicidades.

Tratamiento 2. Suelo contaminado en Biopilas (sin ningún tratamiento)

Cuadro 26. *pH tratamiento 2*

Días de control Biopilas	pH					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
2: (t2r1)	5,5	5,5	5	5	5,5	6

Continúa cuadro anterior

3: (t2r2)	6,5	6	5	5	6	5
Indicador	6	8	6	8	6	8

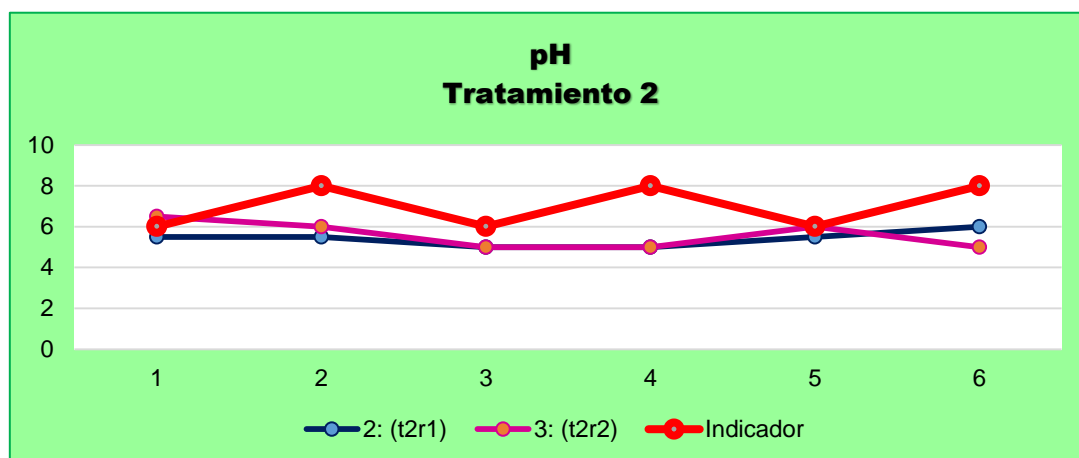


Figura 26. pH tratamiento 2

El pH del tratamiento 2 se mantuvo dentro de los rangos de 5 – 6,5 los cuales alcanzaron niveles de pH óptimo establecidos por Volke y Velasco, (2007) de 6 – 8, aunque no recibió ningún tratamiento y proceso.

6.2.3.1.3 Humedad.

Tratamiento 1: Suelo contaminado + bocashi en biopilas

Lo datos tomados en cada pila se encuentran detallados en el siguiente cuadro.

Cuadro 27. Humedad del tratamiento 1

Días de control Biopilas	Humedad (%)					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
1: (t1r1)	1	2	4	3	4	4
4: (t1r2)	1	2	3	4	4	4
Indicador	3	4	3	4	3	4

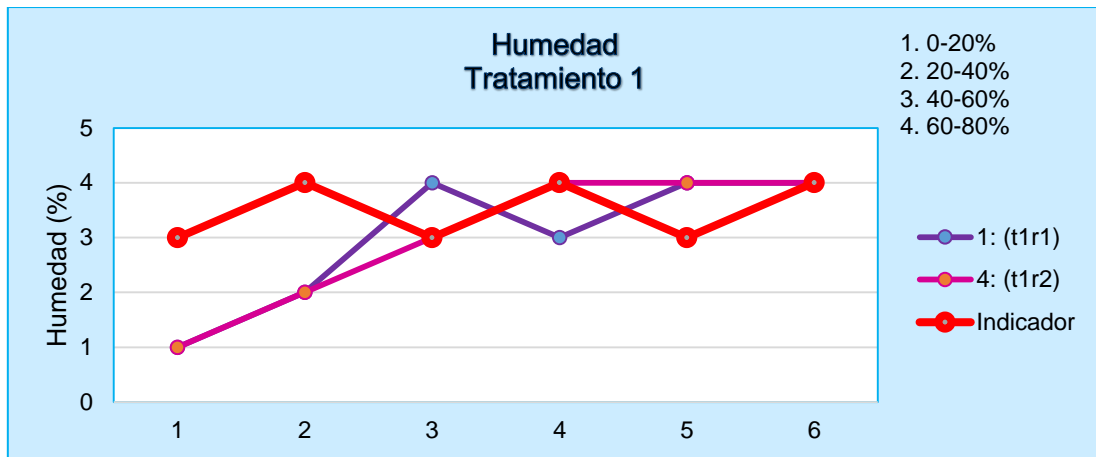


Figura 27. Humedad del tratamiento 1

La figura 27 se evidencia la variación de la humedad en el tratamiento 1, la cual ha ido aumentando hasta encontrarse dentro de los rangos óptimos de 40-80%, lo que beneficiaría la actividad microbiana.

Tratamiento 2. Suelo contaminado en biopilas (sin ningún tratamiento)

Cuadro 28. Humedad tratamiento 2

Días de control Biopilas	Humedad (%)					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
2: (t2r1)	1	2	2	2	2	2
3: (t2r2)	1	2	3	2	1	1
ndicador	3	4	3	4	3	4

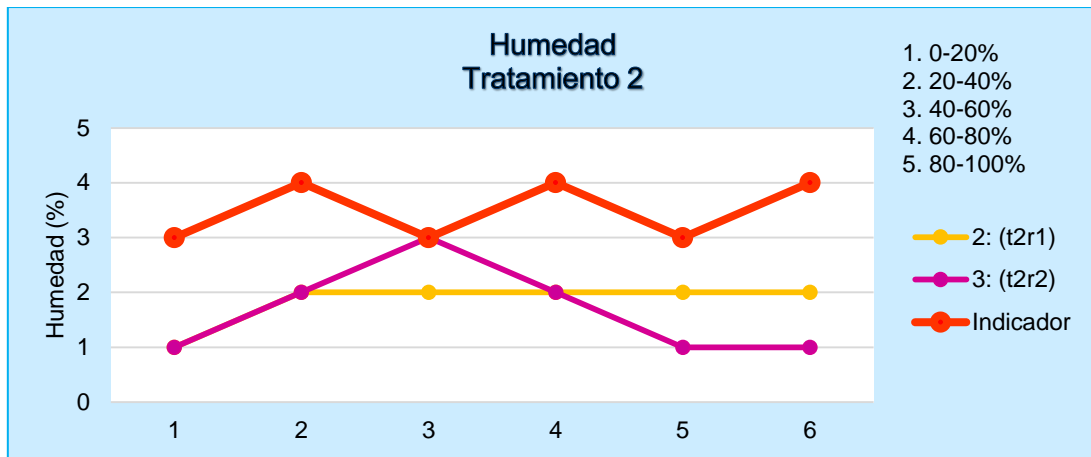


Figura 28. Humedad de tratamiento 1

La humedad del tratamiento 2 empezó con un rango de 0-20% después ascendió a un rango de 40-60% y finalmente descendió a un rango de 0-40%. Esto se debe a que estas pilas no recibieron ningún proceso.

6.2.3.1.4 Verificación presencia de microorganismos.

Cuadro 29. Monitoreo de macro organismos

INDICADORES	Mes 2				Mes 3			
	T1		T2		T1		T2	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
Lombrices		1	-	-	1		-	-
Cien pies	-	1			2		-	-

En el tratamiento 1 se constató la presencia de macroorganismos, como lombrices y cien pies a partir del segundo mes, mientras que en el tratamiento 2 no se evidencia la presencia de ningún macroorganismos.



Fotografía 18. Presencia de lombrices en el tratamiento 1

6.2.4 Recolección de muestras finales.

Una vez finalizado el tiempo de remediación se procedió tomar una submuestra por cada repetición, formando una muestra compuesta por cada tratamiento, y enviando analizar en el laboratorio.



Fotografía 19. *Toma de submuestra tratamiento 1*

6.2.5 Análisis e interpretación de resultados finales.

Los resultados finales de análisis de suelo tratado y sin tratar se muestran a continuación (emitidos por el laboratorio AGQ Labs).

Estos a su vez son comparados con los resultados iniciales e interpretados con los principales nutrimentos del suelo para el Sur del Ecuador, según Iñiguez, (2010).

Textura

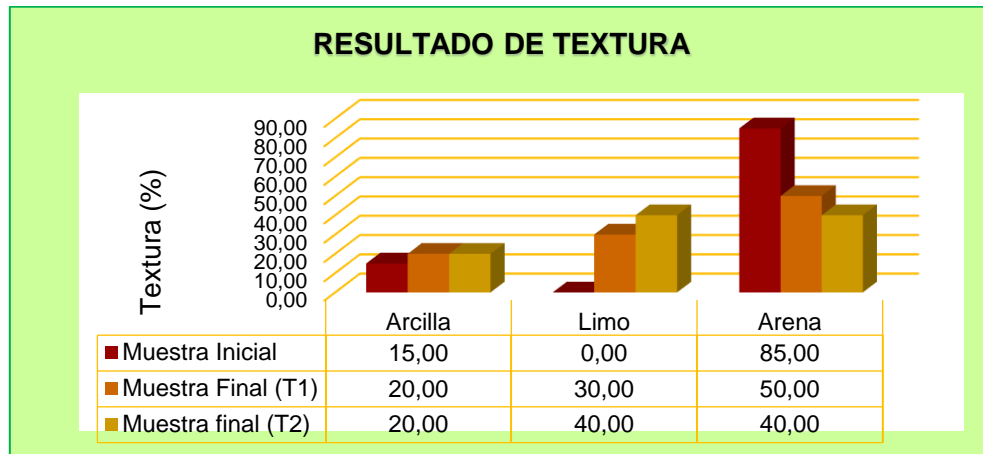


Figura 29. Resultados finales de textura

El resultado final de textura del tratamiento 1 en su mayoría fue arenoso (50%) y el tratamiento 2 presento 40% arenoso y limoso, mientras que la muestra inicial fue 85% arenoso, prevaleciendo en estos resultados el tipo de suelo arenoso. Sin embargo, los resultados del porcentaje de textura del tratamiento 1 disminuyó en relación a los resultados de la muestra inicial, esto se debe a la incorporación del bocashi en este tratamiento, ya que el bocashi libera nutrientes de forma lenta, y mejora las propiedades físico – químicas del suelo. A su vez, este tipo de suelos arenosos es considerado esencial para la fertilización (FAO, 2016).

Parámetro potencial de hidrógeno (pH)

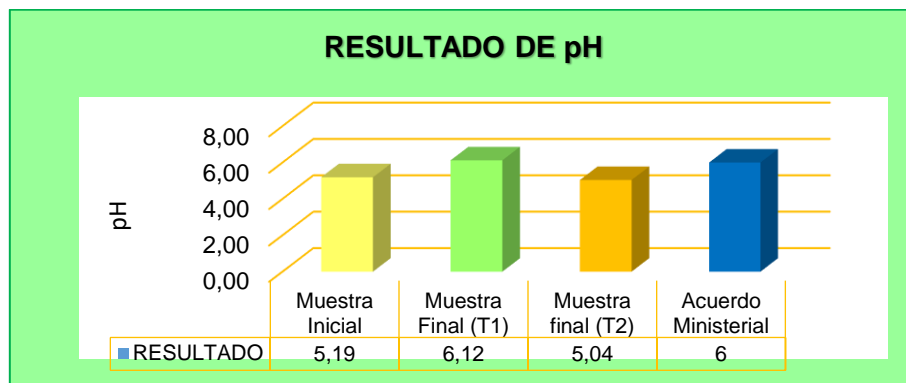


Figura 30. *Resultado final de pH*

Los resultados del pH del tratamiento T1 es 6,12 definido como ácido y T2 de 5,04 muy ácido, en comparación con el pH que presentó la muestra inicial de 5,19 existe un incremento en el tratamiento 1, resultado que se debe a la incorporación del bocashi, cuyo pH fue 8,2, medianamente alcalino, mientras que el pH del tratamiento 2 disminuyó, ya que este suelo se mantuvo en condiciones naturales.

Así mismo se sustenta que el resultado de pH del tratamiento 1 se encuentra dentro del límite permisible del Acuerdo Ministerial N° 028 cuyo rango es de 6-8, para suelos remediados, deduciendo que cumple con dicha disposición.

Humedad

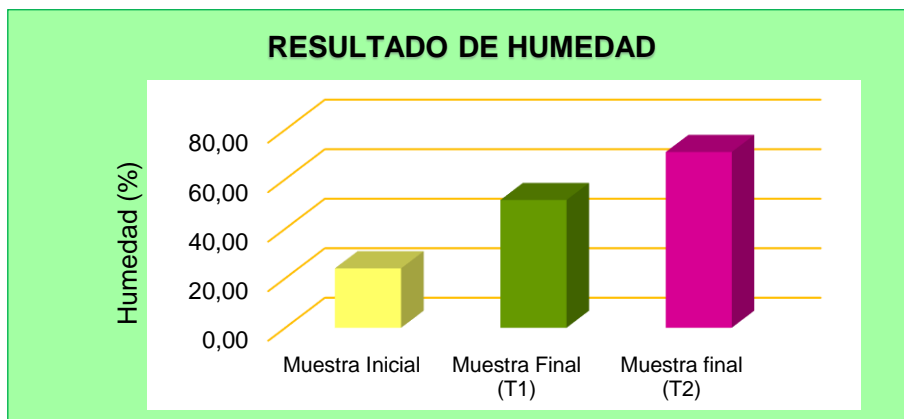


Figura 31. Resultado final de humedad

El T1 presento 51,60% de humedad mientras que en el T2, 71%, siendo superior al T1 debido a las condiciones climáticas que se presentaron en la zona. De igual manera el porcentaje de humedad del tratamiento 1 de 51,60%, aumentó en comparación con la muestra inicial de 24,00%, dado a que el tratamiento 1 fue controlado bajo ciertas recomendaciones según la técnica de biopilas.

Parámetro materia orgánica (MO)

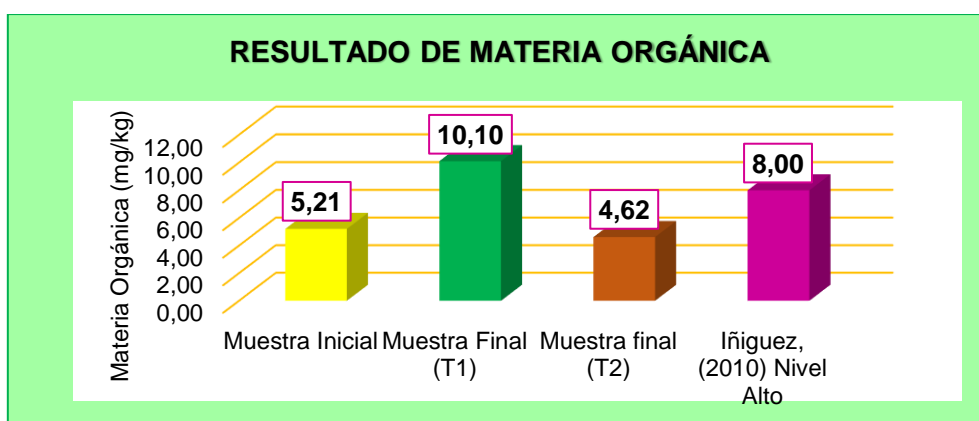


Figura 32. Resultado final de materia orgánica

La materia orgánica del tratamiento 1 (con bocashi) es de 10,10% el cual duplicó su contenido en comparación con la muestra inicial de 5,21%, a su vez esta muestra es superior al tratamiento 2 (sin bocashi) de 4,64%. El tratamiento 1 sobrepasa el rango de contenido de nutrientes establecido por Iñiguez (2010), destacando un contenido de materia orgánica muy alto.

Parámetro nitrógeno (N)

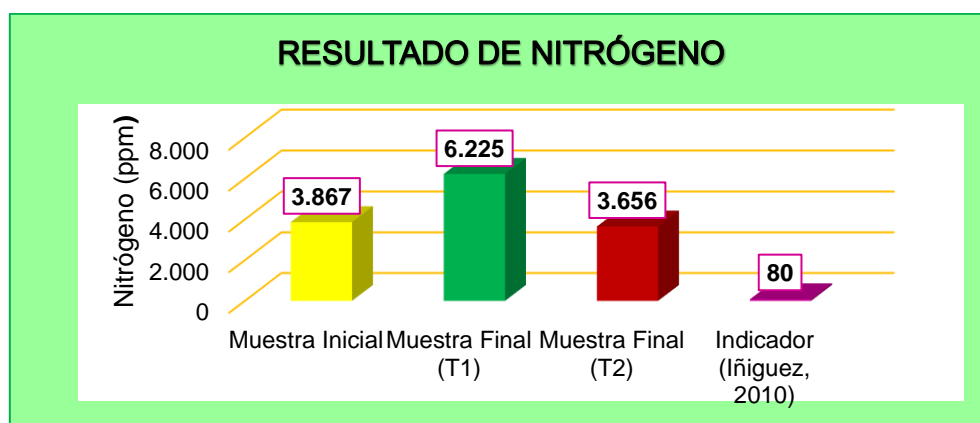


Figura 33. Resultado final de Nitrógeno

La cantidad de nitrógeno que presentó el tratamiento 1, es 6.225 ppm y el tratamiento 2, de 3.656 ppm, el cual representa que el tratamiento 1 (con bocashi) adquirió elevadas concentraciones de nitrógeno superando al tratamiento 2 y a la muestra inicial de 3.867 ppm, este valor se presenta debido a las altas concentraciones de nitrógeno en el bocashi. El valor de este parámetro es considerado por Iñiguez (2010) como muy alto.

Parámetro fósforo

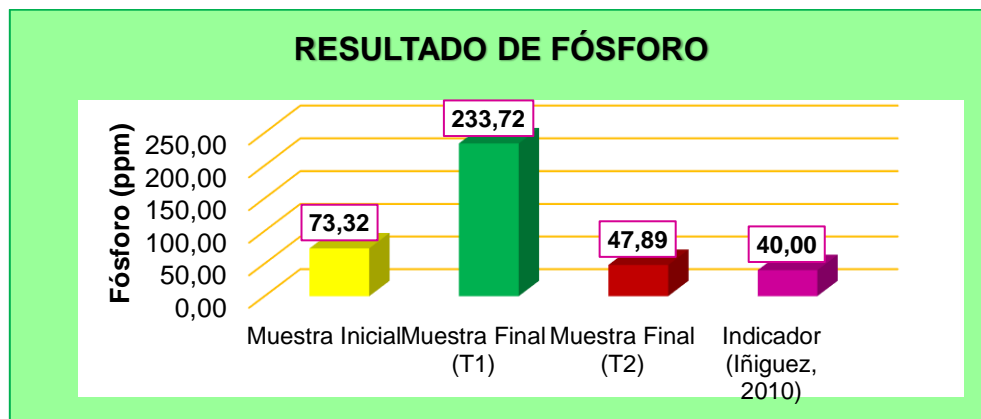


Figura 34. Resultado final de fósforo

Las concentraciones de fósforo en el suelo es significativamente mayor en el tratamiento 1 de 233,72 ppm mientras que en el tratamiento 2 es bajo 47,89 ppm, una de las razones de su diferencia es la incorporación de bocashi enriquecido de muchos nutrientes en el T1, de la misma manera es superior a la muestra inicial de 73,32 ppm, cuya cantidad se determina según Iñiguez, (2010) como muy alto.

Potasio (K)

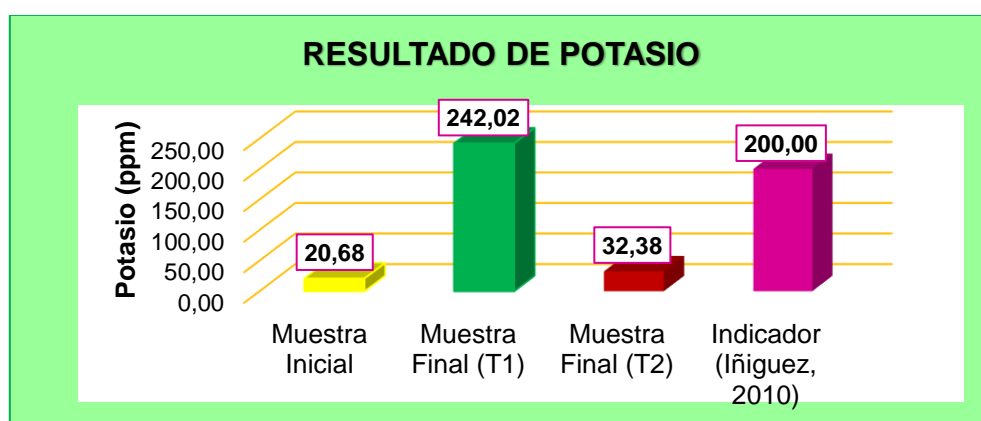


Figura 35. Resultado final de potasio

La muestra final del tratamiento 1 presentó contenidos muy altos de potasio de 242,02 ppm, superior al tratamiento 2 de 26,13 mg/kg. Esta concentración se incrementó con relación al análisis inicial de 20,68 ppm, siendo una de las razones el tipo de insumos utilizados en la elaboración del bocashi.

Resultado final de glifosato

Cuadro 30. Resultado de glifosato en el suelo

GLIFOSATO		
MUESTRA	RESULTADO	UNIDAD
Muestra Inicial	0,50	mg/kg
Muestra Final (T1)	0,05	mg/kg
Muestra final (T2)	0,50	mg/kg

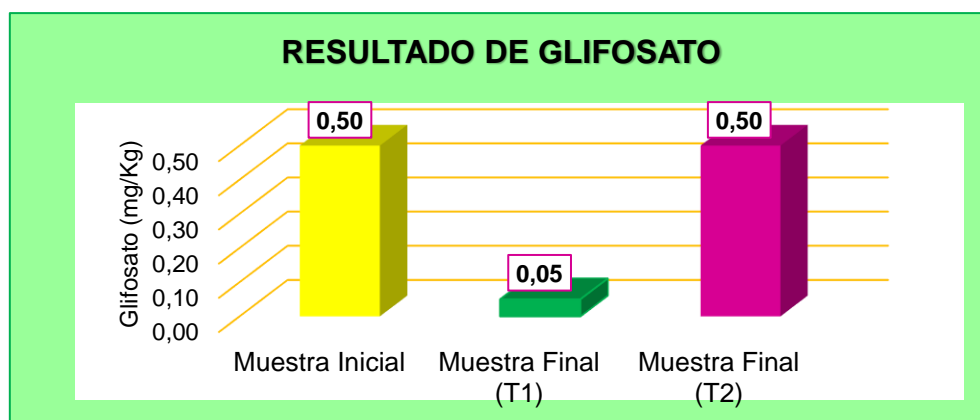


Figura 36. Resultado final de glifosato

La figura 36 nos muestra la cantidad de glifosato que presentaron los tratamientos, en comparación con el análisis inicial, de los cuales en el tratamiento 1 el glifosato disminuye de 0,50 a 0,05 mg/kg, esto se debe a la adición del bocashi y al proceso de remoción (aireación) y protección que se hizo al tratamiento.

De forma viceversa, en el tratamiento 2 se puede observar que el contaminante se mantuvo en las mismas concentraciones iniciales de 0,5 mg/kg de glifosato, del cual se resalta que este tratamiento no recibió ningún proceso, manteniéndose en condiciones naturales. Además las variables (T, pH, humedad) de este tratamiento no fueron controladas y en su mayoría no alcanzaban los rangos establecidos.

6.2.6 Determinación del porcentaje biorremediador.

Para obtener el porcentaje de remediación se aplicó la formula expuesta, del cual en base a los resultados iniciales y finales se obtuvo los siguientes resultados:

Cuadro 31. *Porcentaje de remediación*

Biopila			
		T1	T2
Parámetro (%)			
Glifosato	90	0	

Se puede observar que el tratamiento 1 alcanzo un 90% de remediación, debido a la adición del bocashi, dado a que este presento altos contenidos de MO, N, P,K Mg, Mn, Cu, Fe, Zn según resultados emitidos por el INIAP, (2016) cuyos nutrientes fueron incorporados al suelo. A su vez Gortaire (como se citó en Rodríguez, 2008) menciona que el principal objetivo del bocashi es activar y aumentar la población de microorganismos benéficos en el suelo.

6.2.7 Análisis estadístico.

6.2.7.1 *Desarrollo del método estadístico no paramétrico “Chi-cuadrado (X^2) para los parámetros establecidos.*

Con el fin de rechazar o aceptar la hipótesis planteada se calculó el valor del Chi-cuadrado y el valor crítico (VC), el proceso que se realizó fue el siguiente:

6.2.7.2 *Planteamiento de la hipótesis nula.*

Hipótesis nula (Ho)

La biorremediación del suelo contaminado por glifosato no dependerá del porcentaje biorremediador del bocashi aplicado a través de la técnica de biopilas.

6.2.7.3 *Cálculo del valor de Chi-cuadrado.*

Se obtuvo las tablas de contingencia de las frecuencias observadas.

Cuadro 32. *Calculo de contingencia de la frecuencia observada*

PARAMETRO	TRATAMIENTO		TOTAL (Columna)
	T1	T2	
pH	6,12	5,04	11,16
Humedad	51,60	71,00	122,60
Materia orgánica	10,10	4,62	14,72
Nitrógeno	6225,00	3656,00	9881,00
Fósforo	233,72	47,89	281,61
Potasio	242,02	31,38	273,40
Glifosato	0,05	0,50	0,55
TOTAL (Fila)	6768,61	3816,43	10585,04

Cuadro 33. Cálculo de las frecuencias esperadas

Parámetro	Tratamiento	
	T1	T2
pH	7,14	4,02
Humedad	78,40	44,20
Materia Orgánica	9,41	5,31
Nitrógeno	6318,41	3565,59
Fósforo	180,08	101,53
Potasio	174,83	98,58
Glifosato	0,35	0,20

Después que se obtuvo los datos para la frecuencia observada y esperada, se procedió a realizar el cálculo del Chi-cuadrado (X^2) utilizando la siguiente fórmula:

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Donde:

X^2 = Chi cuadrado

f_o = frecuencia observada

f_e = frecuencia esperada

Desarrollo del procedimiento:

$$X^2 = ((6,12-7,14)^2/7,14) + ((51,60-78,36)^2/78,36) + ((10,10-9,41)^2/9,41) + ((6225-6318,41)^2/6318,41) + ((233,72-180,08)^2/180,08) + ((242,02-174,83)^2/174,83) + ((0,05-0,35)^2/0,35)$$

$$\begin{aligned} & ((5,04-4,03)^2 / 403) + ((71,00-44,24)^2 / 44,24) + ((4,62-5,31)^2 / 5,31) + \\ & ((3656,00-3565,27)^2 / 3565,27) + ((47,89-101,61)^2 / 101,61) + ((31,38-98,65) \\ & ^2 / 98,65) + ((0,50 - 0,20)^2 / 0,20) \end{aligned}$$

$$X^2 = 146,55$$

Determinación del valor de “p” y el grado de libertad

P= 1 – Nivel de significancia

$$P = 1 - 0,05$$

$$P = 0,95\%$$

Grado de libertad (V)

$$V = (\text{Cantidad de columnas}-1) * (\text{cantidad de filas}-1)$$

$$V = (2-1) * (6-1)$$

$$V = (1) * (5)$$

$$V = 5$$

Cálculo del Valor Crítico (VC)

Para obtener el valor crítico se consideró la tabla de valores de Chi-cuadrado

(X²) crítico, (Ver anexo 5) cuya cantidad fue:

$$VC = 11,070$$

6.2.7.4 Comparación entre el Chi-cuadrado calculado X^2 y el valor crítico.

Cuadro 34. Comparación Chi-cuadrado y valor crítico

X² calculado	≤	VC
146,45		11,070

Si el valor del Chi-cuadrado es menor o igual que el valor crítico se acepta la hipótesis nula caso contrario se rechaza.

En el cuadro 34 se evidencia que el Chi-cuadrado calculado 146,45 es mayor que el valor crítico 11,070 entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0): La biorremediación del suelo contaminado por glifosato no dependerá del porcentaje biorremediador del bocashi aplicado a través de la técnica de biopilas. Y se acepta la hipótesis planteada: La biorremediación del suelo contaminado por glifosato dependerá del porcentaje biorremediador del bocashi aplicado a través de la técnica de biopilas.

Cuadro 35. Matriz resumen de resultados

RESULTADO DE LABORATORIO							Indicador (Iñiguez, 2010) Muy alto
Parámetro	Unidad	Muestra Inicial	Muestra final (T1)		Muestra final (T2)		
			Resultado	% de mejoramiento	Resultado	% de disminución	
Granulometría		Franco-arenoso	Franca	-	Franca	-	-
Arcilla	%	15,0	20,0	5,00	20,0	+5,00	-
Limo	%	0,0	30,0	30,00	40,0	+40,00	-
Arena	%	85,0	50,0	-35,00	40,0	45,00	-
pH		5,2	6,12	0,92	5,04	0,16	-
Humedad	%	24,0	51,6	27,60	71,0	47,00	-
Materia Orgánica	%	5,21	10,10	4,89	4,62	0,59	>8,00
Nitrógeno	Ppm	3.867	6.225	2.358,00	3.656	211,00	>80,00
Fósforo	Ppm	73,32	233,72	160,40	47,89	25,43	>40
Potasio	Ppm	20,68	242,024	221,34	31,38	10,70	>200
Glifosato	mg/kg	0,5	0,05	0,45	0,5	0,5	

En el cuadro 35 se muestran los resultados de los análisis finales, pudiéndose observar que los resultados del tratamiento 1 son superiores a los resultados del tratamiento 2, destacando que esta variación se presenta debido a la incorporación del bocashi en el T1, dado a que es un abono ecológico interesante que recupera y da nueva vida al suelo, aportando lo que se conoce como las 3M (Microorganismos, minerales y materia orgánica), según Restrepo (como se publicó en la pagina web de EcoInventos, 2016) mejorando las condiciones físicas y químicas del suelo.

6.3 Resultados para el tercer objetivo

Determinar los costos de biorremediación del bocashi mediante la técnica de biopilas en suelos contaminados por glifosato en cultivos asociados de café y cacao en el barrio San Roque.

6.3.1 Costos de remediación del ensayo experimental

En el siguiente cuadro se presenta los costos estimados de biorremediación según los materiales y herramientas utilizados durante el proceso de remediación para un área de 2,4 m².

Cuadro 36. Costos de biorremediación para la técnica de biopilas

Medios	Nº	Detalle	Cantidad	Unidad de Medida	Costo Unitario	Costo total del ensayo
Herramientas	1	Palas	2	días utilizados	0,1	3,70
	2	Machete	1	días utilizados	0,01	0,08
	3	Azadón	1	días utilizados	0,04	0,22
	4	Barreta	1	días utilizados	0,09	0,27
	5	Flexómetro	1	días utilizados	0,14	0,27
	6	Plástico de invernadero	12	Metros	3,40	40,80
Insumos con los puede contar el productor	7	Tierra de bosque	15	Kg	0,40	0,40
	8	Raquis de banano	15	Kg	1,50	1,50
	9	Estiércol de cuy	19	Kg	0,05	0,95
	10	Pulpa de café	20	Kg	0,05	1,00
Materiales	11	Carbón molido	3	Kg	0,50	1,50
	12	Roca fosfórica (50kg)	3	Kg	0,56	1,68
	13	Melaza (5 litros)	0,1	litros	1,07	0,11
	14	Levadura	0,2	onzas	0,20	0,04
	15	Balde plástico	1	unidad	3,50	3,50
Material de campo	16	Tablas (3metros)	12	unidad	2,50	30,00
	17	Clavos	0,5	libras	1,00	0,50
	18	Martillo			0,18	0,36
	19	Plástico negro	9	metros	1,30	11,70
	20	Medidor de parámetros	1	días	0,91	30,03
	21	Mano de obra	48	días	8,00	384,00
TOTAL (\$)						512,61

Para determinar los costos de biorremediación se consideró los siguientes medios: herramientas los cuales constan pala, machete, azadón, barreta, flexómetro y plástico de invernadero, los mismos que fueron utilizados para construir y adecuar el espacio necesario para la elaboración y almacenamiento del abono, así como también para el diseño y ejecución de las biopilas. A su vez los valores unitarios de cada herramienta fueron determinados en relación a los días utilizados. Sin embargo, los materiales que más se utilizó durante el tiempo de ejecución del ensayo fueron la pala, la barreta y el plástico de invernadero.

El costo estimado de los materiales para la elaboración del bocashi se obtuvo en relación a la mano de obra utilizada para la recolección y preparación de materiales, a su vez los días en que se hizo dicha actividad.

Los materiales para el diseño de las biopilas fueron de mayor importancia, de forma particular el plástico negro utilizado como sub base y protección de los tratamientos.

Dado este análisis se estima que el costo total de biorremediación para **2,4 m²** es de **\$512,61**

6.3.2 Costos de remediación para una hectárea.

Cuadro 37. Costos de remediación para una hectárea de suelo

Materiales	N° Viajes/día	N° qq/viaje	Costo/viaje (\$)	Días	Total, de viajes	Quintales necesarios	Valor	Costo
Abono						6583	7,00	46081,00
Volqueta	5	50	30,00	20	132			3000,00
Retroexcavadora	8		35,00	5	40			1400,00
Mano de obra (personas/día)	10		18,00	20				3600,00
COSTO TOTAL (\$)								54081,00

Los costos de remediación del suelo contaminado por glifosato estimados para una hectárea de terreno, en el cual debido a su extensión es necesario el uso de maquinaria pesada y mano de obra en mayor cantidad, para un tiempo determinado.

La cantidad de abono que se utilizaría para una hectárea, será de 6.583 quintales cuyo costo es de \$7,00 c/u dado esta cantidad se invertiría \$46.081. Resaltando que la cantidad de bocashi a utilizar puede variar según decisiones del agricultor.

En el caso de la maquinaria pesada, la volqueta deberá trasladar 6.583 quintales de abono en 132 viajes los cuales serán distribuidos en 20 días; el costo diario es de \$30,00 es por ello que resulta un valor total de \$3.000,00.

La retroexcavadora será utilizada para extender y remover (airear) el suelo contaminado, se estima que será utilizado 5 días realizando 8 viajes/día, cada viaje tiene un costo de \$35,00; en total se realizara 40 viajes, dando un costo de \$1.400.

La mano de obra utilizada será 10 personas diarias por un lapso de 20 días con el propósito de realizar actividades de monitoreo, control de biopilas, protección (colocación de geomembrana en las biopilas). El costo de un jornal es de \$18,00 diarios, es por ello que se obtiene un valor de \$3600

Resultando un costo total de remediación para una hectárea de \$54081,00

Cuadro 38. *Costos de remediación por hectárea según aplicaciones del agricultor*

Costo de remediación por hectárea			
Tiempo (Años)	Sacos/Ha	Porcentaje de remediación	Costo
1	800	10,94	5600
2	1600	21,87	11200
3	2400	32,81	16800
4	3200	43,75	22400
5	4000	54,69	28000
6	4800	65,62	33600
7	5600	76,56	39200
8	6400	87,50	44800
9	7200	98,44	50400

Cuadro 39. Comparación de costos entre técnicas de remediación.

TEMA	COSTO (m ²)	COSTO (ha)	% DE REMEDIACION	RELACION SUELO/BOCASHI (%)	NUTRIENTES
<p>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 (Guerrero, 2016).</p>	<p>\$289,89 3m²</p>	<p>\$27.294,84</p>	<p>90%</p>	<p>71/29</p>	<p>MO= 8,13% N= 4.219 ppm P= 188,12 ppm K= 223,23 ppm</p>
<p>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).</p>	<p>\$ 455,02 4,5 m²</p>	<p>\$42.222,00</p>	<p>90%</p>	<p>67/33</p>	<p>MO= 8,10% N= 4.888 ppm P= 132,67 ppm K= 174,35 ppm</p>

<p>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 Pangui, provincia de Zamora Chinchipe (<i>Estudio actual</i>).</p>	<p>\$512,61 2,4 m²</p>	<p>\$54.081,00</p>	<p>90%</p>	<p>64/36</p>	<p>MO= 10,10 % N= 6.225 ppm P= 233,72 pm K= 242,024 ppm</p>
--	---------------------------------------	--------------------	------------	--------------	---

7 DISCUSIÓN

7.1 Resultados de parámetros consolidados

Textura

El porcentaje de textura del tratamiento 1 fue 50% arenoso, del testigo (tratamiento 2) fue 40% arenoso, mientras que el análisis inicial presento 85% arenoso, deduciendo que los contenidos de arena en los tratamientos, disminuyeron dado las condiciones climáticas que se presentaron el lugar, ya que, según Mena y Mediana, (2000) sostienen que las condiciones climáticas tienen marcadas consecuencias sobre la evolución de los suelos. Es así que la temperatura promedio baja y las condiciones de humedad definen la evolución de los suelos.

Humedad

En lo que respecta a la humedad, en el análisis inicial se determinó un porcentaje del 24,0%. Después de la finalización del ensayo, se determinó un porcentaje del 51,60 % en el tratamiento 1, aumentando en un 27,60 %; a su vez el testigo (tratamiento 2) presentó un resultado de 71 %, aumentando aún más el 47%. Esto debido a que los suelos altamente degradados con baja porosidad y bajo contenido de materia orgánica no tienen la capacidad para almacenar mucha agua (FAO, sf), de forma contraria se determino que los tratamientos presentaron un nivel medio y alto de materia orgánica (Iñiguez, 2010), es por ello que la humedad aumento en los tratamientos.

Este contenido de humedad de 51,6% que presento el tratamiento 1, es similar al contenido de humedad de suelos, de las investigaciones realizadas por Llivichuzca, (2016) de 45,8% y de Guerrero, (2016) de 60%.

Potencial de hidrógeno

El análisis inicial de pH fue 5,2, luego del proceso de remediación incrementó a 6,12 y disminuyó a 5,04 en el tratamiento 2, clasificándolos como muy ácidos. El pH incremento en el tratamiento 1, debido a la adición del bocashi, el mismo que alcanzo un pH de 8,2 ya que según Cando, (2012) en los procesos de biorremediación el crecimiento de muchos microorganismos está dentro de un rango de pH de 6 a 8, al igual la USDA, (2011) menciona que los microorganismos del suelo proliferan (reproducen) con valores de pH medios y altos (>7).

Llivichuzca, (2016) obtuvo un pH de 6,57 y Guerrero, (2016) de 6,18 resultados que son similares al pH del suelo de 6,12 (tratamiento 1). En síntesis, las tres investigaciones cumplen con la literatura antes descrita, siendo aptos para la diversidad de microorganismos degradadores de contaminantes.

Materia Orgánica

En el análisis inicial se determinó un porcentaje del 5.21 % de materia orgánica, despues de la aplicación del ensayo, se determinó un porcentaje del 10.10 % en el tratamiento 1, mejorando en un 4.89 %; mientras que en el testigo (tratamiento 2) presento un resultado de 4.64 %, disminuyendo su porcentaje de MO en un 0.57 %. La razón de su incremento en el T1, se debe al uso de raquis de banano y pulpa de café en el bocashi dado que este material presenta una

composición de 90,46% de materia orgánica, nitrógeno 2,30%, fósforo 0,42% y potasio 1,26% (Paschool citado por Restrepo, 2009); entretanto el tratamiento 2 disminuyó debido a la escases de microorganismos descomponedores de la materia orgánica (Comunidad Europea, 2010).

El contenido de materia orgánica que presento el suelo es 2% superior a los resultados obtenidos por Llivichuzca, (2016) de 8,10% y de Guerrero, (2016) 8,13, incremento que se debe a la relación suelo/bocashi que se efectuó en este trabajo de 64/36.

Nitrógeno

Se registró un contenido de nitrógeno de 3.867 ppm en la muestra inicial, después de culminar el proceso de remediación, el tratamiento 1 alcanzó 6.225 ppm mejorando 2.358 ppm, mientras que el testigo presentó un resultado de 3.656 disminuyendo 211 ppm de nitrógeno, debido a la pérdida de microorganismos fijadores de nitrógeno en el suelo por la presencia de glifosato, según Krzysko-Lupicka et al, (como se citó en Bozzo, 2010). El incremento de nitrógeno en el tratamiento 1, está dado por el estiércol de cuy y pulpa de café utilizado en el bocashi, puesto que estos insumos son la principal fuente de N, P, K, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B (Suquilanda, 2016).

Este alto contenido de nitrógeno de 6.225 ppm (tratamiento 1) supera 1.227 ppm de nitrógeno al estudio realizado por Guerrero, (2016) y un contenido de 2.006 ppm al estudio de Llivichuzca, (2016), quienes obtuvieron 4.888ppm y 4.219 ppm de nitrógeno respectivamente.

Fósforo

El valor obtenido de fósforo en el análisis inicial fue 73,32 ppm, luego de la aplicación del ensayo se comprobó 233,12 ppm de fósforo, incrementando 160,40 ppm, de forma contraria el tratamiento 2 (testigo) disminuyó 25,43 ppm de fósforo resultando 47,89 ppm, debido a que este tratamiento se mantuvo en condiciones naturales y no recibió ningún proceso. A su vez los contenidos altos de fósforo se lograron por los residuos orgánicos utilizados en la elaboración del bocashi que llegan al suelo con un contenido de fósforo variable entre 0,05% y 0,5% (Munera y Meza, s.f).

Igualmente este resultado de 233,72 ppm conseguido en el tratamiento 1, superó un 45,61 ppm al resultado alcanzado por Llivichuzca, (2016) de 132,67 ppm, de igual forma supera en un 101,05 ppm a la investigación realizada por Guerrero, (2016) quien obtuvo un valor de 188,12 ppm de fósforo.

Potasio

Lo que respecta a contenido de potasio, se determinó 20,68 ppm, después del proceso de remediación se estableció 242,02 ppm de potasio en el tratamiento 1, incrementando 221,34 ppm; mientras que el tratamiento 2 (testigo) presentó un resultado de 31,38 ppm incrementando solamente 10,70 ppm de potasio.

El incremento de potasio en el T1 se debe al tipo de insumos utilizados en la elaboración del bocashi, debido a que la melaza es la principal fuente de energía para la fermentación de los ingredientes que se emplearon en la fabricación del bocashi, favorece la multiplicación de la actividad microbiana, es rica en nutrientes tales como K, Ca, Mg (Suquilanda, 2016). Además, Posada, (2012)

menciona que el proceso de biorremediación no puede ser exitoso sin la adición de los nutrientes adecuados en especial N, P y K requeridos para el crecimiento y reproducción de los microorganismos.

De la misma manera este valor de 242,02 ppm supera con una cantidad de 18,79 ppm a los resultados de Llivichuzca, (2016) quien registro 174,35 ppm de potasio y una cantidad de 109,35 ppm a los resultados de Guerrero, (2016) quien obtuvo 223,23 pm.

Glifosato

Se obtuvo mediante resultados de laboratorio que el tratamiento 1 es más eficiente para degradar glifosato, reduciendo en si 0,45 mg/kg de este contaminante en un periodo de 90 días. A su vez, la adición de nutrientes por medio del bocashi y el control de variables (pH, T, Humedad) contribuyeron a la degradación de este herbicida. Gortaire (como se citó en Rodríguez, 2008) menciona que el principal objetivo del bocashi es activar y aumentar la población de microorganismos benéficos. Además Cuervo (como se citó en Martínez, et al., 2012) afirma que los microorganismos, principalmente las bacterias, son capaces de catabolizar compuestos organofosfonados, los cuales utilizan como fuente de carbono, nitrógeno y fósforo.

Según las comparaciones realizadas con los estudios de Llivichuzca, (2016) y Guerrero, (2016), se identificó que las tres técnicas aplicadas disminuyeron 0,45 mg/kg de glifosato, logrando un porcentaje de degradación del 90%. Este resultado es similar a la investigación realizada por Romero y Echeverría, (2016), en suelos contaminados por pesticidas dianizon y profenofos donde la

degradación de estos contaminantes son 99,84% y 93,34% respectivamente, en un período de 50 días, en la técnica de biopilas mediante el uso de bocashi.

7.2 Costos de remediación

El análisis de costos se realizó considerando al área y tiempo (3 meses) de remediación del ensayo, dato que fue proyectado para remediar una hectárea de terreno, considerando el porcentaje de remediación de la técnica aplicada, la relación suelo/bocashi utilizada en el ensayo y la cantidad de nutrientes aportados al suelo.

Los costos de remediación para 2,4 m² de área es de \$512,60, se estima que para una hectárea sea de \$54.081,00, cantidad muy superior a costos obtenidos por Guerrero, (2016) para remediar suelos contaminados por glifosato mediante un sistema combinado de aireación y biopilas (con bocashi) de \$289,89 para 3 m² y para una hectárea \$27.294,84, a la vez a los costos de remediación obtenidos por Llivichuzca, (2016) para remediar 4,5 m² de \$455,02 y \$42.222,00 para una hectárea, mediante la técnica de biolabranza. Aunque se puede notar que el porcentaje de remediación es el mismo para las tres técnicas, al igual que relación suelo/bocashi, sin embargo, los aportes de nutrientes son diferentes, ya que se puede visualizar que en el presente estudio los contenidos de MO, N, P, K son superiores a los contenidos de las otras dos técnicas.

Estos costos de remediación son relativamente bajos en comparación con la técnica de bioventeo utilizado para degradar pesticidas, cuyo costo es de 10 y 70 USD/m³ y el tiempo de limpieza pueden variar desde algunos meses hasta varios años (Volke y Velaso, 2002, p. 32) sobrepasando los \$500.000,00 por hectárea.

Una de las alternativas para reducir costos de remediación, sería el tiempo de remediación y la cantidad de bocashi a utilizar, realizando este proceso por áreas o partes pequeñas. Para obtener un dato específico se consideró la cantidad de sacos de bocashi que un agricultor utiliza con fines de fertilidad, que son 400 sacos, en base a esta cantidad se ha considerado un aumento del 50% con fines de remediación, para lo cual se necesitaría 800 sacos de bocashi, para alcanzar una degradación de 10,94% al año, teniendo un costo de \$5.600. Lo que significa que en 9 años se lograría remediar 98,44%, necesitando 7200 sacos de abono, invirtiendo una cantidad de \$50.400.

7.3 Análisis sustentable de la remediación de suelos

Económico

El costo para remediar una hectárea de terreno es alto para un agricultor, ya que necesitaría de \$54.081,00 para remediar una hectárea de suelo. Sin embargo, se prevé que según aplicaciones de abono en cultivos de cacao por un agricultor, se necesitaría utilizar 800 sacos de abono para remediar 10,94% al año, invirtiendo una cantidad de \$5.600, que sería aceptable para un agricultor, ya que además de mejorar la fertilidad de su suelo estaría desarrollando el proceso de degradación de contaminantes, que atentan a la producción de alimentos de calidad.

Social

En base a los altos contenidos de MO, N, P, K que presente el suelo después de su remediación, sería factible para el agricultor tener un suelo muy enriquecido en nutrientes, que son vitales para el equilibrio nutricional de los cultivos y la

resistencia contra el ataque de enfermedades y plagas (Restrepo, 2007) es decir que aumentaría su producción y obtendría mejores ingresos.

Así mismo no tendría necesidad de hacer uso de agroquímicos en sus cultivos, y evitaría el riesgo de contraer enfermedades por su aplicación, a su vez los productos serían sanos y saludables lo que contribuiría a la soberanía alimentaria en la población.

Ambiental

Desde el punto de vista ambiental sería de gran importancia descontaminar el suelo alterado por el exceso de uso de agroquímicos, ya que es un recurso de gran importancia ya que brinda muchos servicios para la vida del hombre (producir alimentos, fuente de materia prima, etc.) y proporcionar un hábitat biológico. A su vez ayudaríamos a conservar nuestro medio ambiente y minimizaríamos su contaminación, de esta forma daríamos derecho a nuestra naturaleza, enfatizando el Art. 14 de la Constitución de la República del Ecuador:

Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

8 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, se ha considerado plantear las siguientes conclusiones:

La mayoría de los agricultores del barrio San Roque utilizan glifosato, roundaup y gramoxone para combatir plagas y enfermedades en sus cultivos.

Los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio que presento el suelo inicial son considerados como valores medios y bajos, según Iñiguez, (2010), mientras que la concentración de glifosato fue 0,5 mg/kg.

La elaboración de bocashi se efectuó en un tiempo de 20 días, obteniendo un producto de coloración negra, con un contenido de 32,93% de materia orgánica, 45,89 ppm de nitrógeno, 822,71 ppm de fósforo, 475 ppm de potasio, 108 ppm de magnesio, 84 ppm de hierro, 73 ppm de manganeso, 13,9 ppm de zinc, 2 ppm de cobre y un pH de 8,2 medianamente alcalino, estas cantidades son consideradas como muy altas según el INIAP, (2016).

Se construyó una biopila para cada tratamiento, con su debida repetición, en el tratamiento 1 se hizo la relación 64/36 (suelo/bocashi) y en el tratamiento 2 solamente se utilizó suelo contaminado.

La biorremediación con biopilas se realizó en tres meses, alcanzando un dato super interesante de remediación del 90%, bajo el uso de tratamiento 1.

El tratamiento 2 considerado como testigo, se mantuvo en condiciones naturales no disminuyó la concentración de glifosato, lo que significa que bajo atenuación natural no sería posible remediar el suelo contaminado por glifosato.

El bocashi es un abono orgánico que ayudó a disminuir la concentración del glifosato en el suelo, debido a la proporción de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, boro, manganeso, hierro, magnesio, cobre y zinc, nutrientes esenciales para el buen funcionamiento de la vida microbiana en el suelo.

El costo de remediación para 2,4 m² de suelo es de \$512,60 y para una hectárea se estima que sea \$54.081,00.

En relación al cantidad de abono que un agricultor utiliza, se necesitaría 800 sacos de abono para remediar 10,94%, invirtiendo una cantidad de \$5.600 al año.

9 RECOMENDACIONES

Para los productores:

Que los agricultores sean conscientes de los efectos que contraen al aplicar herbicida en sus cultivos.

Para evitar que el suelo se empobrezca es necesario que el agricultor practique la rotación de cultivos en sus parcelas y elabore abonos orgánicos con insumos de su propia finca.

Que la remediación en una hectárea de terreno se realice en tiempos más prolongados y por áreas pequeñas, y la relación suelo/bocashi sea mínima en base a la cantidad de abono a utilizar, ya que disminuirá costos de remediación.

Para las instituciones públicas:

Que el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca MAGAP prohíba el uso del glifosato en cultivos de cacao y café, y brinde constantemente asesoramiento técnico a los agricultores para que mejoren su producción.

Que las instituciones competentes prohíban el uso de glifosato dentro de las actividades agrícolas y que se establezca límites máximos permisibles de concentraciones de plaguicidas en particular el glifosato en el suelo.

Que el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias realice trabajos de investigación encaminados a la biorremediación de suelos mediante la inoculación de hongos y bacterias degradadores de glifosato.

En otras investigaciones

Se recomienda que se realice estudios de remediación de suelos mediante la técnica de biopilas pero con diferente relación (suelo/bocashi).

Se recomienda realizar una identificación de las bacterias que actúan en la degradación de glifosato.

Comprobar otras técnicas de remediación que degraden glifosato y que sean de fácil utilización para los agricultores.

10 BIBLIOGRAFÍA

AgSe S.A, A. y. (2001). Recuperado el 05 de Marzo de 2016, de <http://www.agsesa.com/servicios.php?id=herbicidas>

Asamblea Constituyente del Ecuador;. (2008). *Constitución del Ecuador*. Montecristi, Ecuador.

Bozzo, A. M. (2010). *Resistencia del glifosato y efecto de sucesivas aplicaciones en el cultivo de soja en agricultura continua en siembra directa sobre parametros biológicos del suelo*. Tesis magistral, Universidad de la República Facultad de Ciencias Maestrias en Ciencias Ambientales, Montevideo. Recuperado el 26 de Noviembre de 2015, de http://ambiente.fcien.edu.uy/tesis/Tesis_Alexandra_Bozzo.pdf

Camino, M., & Aparicio, V. (2010). *Aspectos Ambientales del uso del glifosato*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. Recuperado el 07 de Noviembre de 2015, de <http://inta.gob.ar/documentos/aspectos-ambientales-del-uso-del-glifosato>

Cando, M. (2012). *Determinación y análisis de un proceso de biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos*. Universidad Politécnica Salesiana , Cuenca. Recuperado el 21 de Noviembre de 2016

Comunidad Europea. (2010). *Proceso de degradación del suelo*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2016, de <http://agrillife.jrc.ec.europa.eu/documents/ESFactSheet-03.pdf>.

- Conde, A. P. (2011). *Tesis de Maestría en Biología opción Microbiología*. Tesis magistral, Montevideo. Recuperado el 4 de Junio de 2015, de <https://www.colibri.udelar.edu.uy/bitstream/123456789/4130/1/uy24-15385.pdf>
- Cordero, D., & Sánchez, F. (s.f). *RAP-AL Uruguay*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2015, de <http://webs.chasque.net/~rapaluy1/glifosato/Regulaciones.html>
- Cordova Vinuesa, L. S. (2015). *Evaluación del comportamiento de microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras fermentadoras (Saccharomyces cerevisiae) en la fabricación del biofertilizante bocashi*. Tesis pre grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Recuperado el 23 de Mayo de 2016, de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/12942/1/BQ.%2070.pdf>
- Di Paola, M. M., & Vicien, C. (2010). *Biorremediación: vinculaciones entre investigación, desarrollo y legislación*. Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Recuperado el 19 de Mayo de 2016, de <http://www.ceur-conicet.gov.ar/imagenes/Biorremediacion2.pdf>
- EcoInventos. (01 de Abril de 2016). *EcoInventos green technology*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2016, de <http://ecoinventos.com/bocashi-abono-organico/>
- FAO. (s.f). Recuperado el 05 de Noviembre de 2016, de <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s07.pdf>

FAO;. (2015). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 2015 de Noviembre de 2015, de <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

Fuentes, R. C. (2007). *Agrosistemas sostenibles y ecológicos*. Galicia, España. Recuperado el 19 de Enero de 2016, de https://books.google.com.ec/books?id=oHtVPwP1vpsC&pg=PA36&dq=definicion+de+sostenibilidad+del+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjioPPRpq_KAhXBeD4KHbkaBygQ6AEIHjAB#v=onepage&q=definicion%20de%20sostenibilidad%20del%20suelo&f=true

GAD Parroquial de Pachicutza;. (2012-2021). *Plan dde Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. El Pangui, Ecuador.

Gallo, G., & Iñiguez, K. (2010). *Agroquímicos (Por qué los agroquímicos se transforman en agrotóxicos?)* Buenos Aire: Fundación Patagonia Tercer Milenio. Recuperado el 15 de Noviembre de 2015

Guerrero, G. (2016). *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 Pangui, prov. Zamora*.

Guijarro , R., Barasona, M., López, N., López, M., Ferri, M., & Tello, J. (2002). *Jardineros* (Primera ed.). España: MAD, S.L. Recuperado el 12 de Octubre de 2016, de <https://books.google.com.ec/books?id=IQHVCoCgbsEC&pg=SL26->

PA39&dq=que+es+potencial+de+hidrogeno+del+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj6w5KJtefPAhXEqB4KHdQVAWoQ6AEIJzAD#v=onepage&q=que%20es%20potencial%20de%20hidrogeno%20del%20suelo&f=true

Huallanca, L. L. (31 de Mayo de 2014). *Prezi*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2015, de <https://prezi.com/gaoldirascn5/propiedades-biologicas-del-suelo/>

INIAP. (2012). *Guía del Manejo integrado de enfermedades del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en la Amazonía*. Instituto Nacional Autónoma de Investigaciones Agropecuarias, Orellana. Recuperado el 05 de Noviembre de 2016, de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/guia-del-manejo-integrado-de-enfermedades-del-cultivo-de-cacao-theobroma-cacao-l-en-la-amazonia.pdf>

Instituto Nacional de Ecología. (2007). Recuperado el 07 de 10 de 2016, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/372/tecnolog.html>

Instituto Nacional de Ecología INECC. (s.f). Recuperado el 18 de Mayo de 2016, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/372/tecnolog.html>

Iñiguez, M. (2010). *Fertilidad, fertilizantes y fertilización del suelo*. (Primera ed. ed.). Loja, Loja, Ecuador: Editorial Universitaria.

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 Chi*. Zamora.

MAGAP. (11 de Junio de 2013). *SRRadio*. Obtenido de <http://www.srradio.com.ec/reactivacion-cafetalera-anuncia-el-magap-en-zamora-chinchipe/>

MAGAP. (19 de Mayo de 2015). *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*. Obtenido de <http://elproductor.com/2015/05/19/ecuador-en-cultivos-hay-huellas-de-glifosato/>

Martínez, P., Bernal, J., Agudelo, E., & Bernier, S. (2012). Tolerancia y Degradación del glifosato por bacterias aisladas de suelos con aplicaciones frecuentes de Roundup SL. *Revista Pilquen*(12), 2. Recuperado el 21 de Noviembre de 2016, de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiqu7HshMfQAhXMKCYKHaNKAY4QFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.revistapilquen.com.ar%2FAgronomia%2FAgro12%2F12_Martinez%2520y%2520otros_Tolerancia.pdf&usg=AFQjCNGMxjlokly2L6

Mena, J., & Medina . (2000). *Los suelos del páramo*. Quito.

Miliarium. (s.f). *Miliarium. Ingeniería Civil y medio Ambiente*. Recuperado el 05 de Noviembre de 2016, de <http://www.miliarium.com/Proyectos/Nitratos/Nitrato/FactoresContenidoNtotal.asp>

Ministerio del Ambiente del Ecuador;. (2015). *Acuerdo Ministerial N° 028 (N° 270 ed.)*. Quito, Ecuador. Recuperado el 26 de Noviembre de 2015

Ministerio del Ambiente del Perú. (2014). *Guía para muestreos de suelos*. Lima, Perú. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>

Munera, G., & Meza, D. (s.f). *El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal*. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Recuperado el 05 de Noviembre de 2016, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5248/el%20fosforo%20elemento.pdf?sequence=1>

Perú ecológico. (2012). Obtenido de http://www.peruecologico.com.pe/lib_c18_t03.htm

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

Pinto, C. (2016). *Determinación de un indicador de aplicación de compost y bocashi y comprobación del incremento de materia orgánica en el suelo degradado por actividad ganadera en el barrio Ungumiatza de la parroquia Yantzaza del cantón El Pangui*. Tesis pre grado. Recuperado el 12 de Octubre de 2016, de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/14130/1/Tesis%20Lista%20Cristian.pdf>

PNUMA, P. (2003). *GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente*. Costa Rica. Recuperado el 01 de Diciembre de 2016, de

https://books.google.com.ec/books?id=ppYUWpsGxUYC&pg=PA46&lpg=PA46&dq=los+agroquimicos+en+el+suelo+FAO&source=bl&ots=d27pjV-_EX&sig=al16wcdhYQCYsQFq3D6Cnt9u6os&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwji85nkq9rQAhXKLSYKHYLCCYkQ6AEITTAJ#v=onepage&q=los%20agroquimicos%20en%20

Posada, R. (2012). *Proceso de biorremediación*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Bogota. Colombia. Recuperado el 21 de Noviembre de 2016

Quintana Valencia, J. M. (2012). *Estudio para la viabilidad tecnica de compostaje a partir de biosólido seco proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR Cañaveralejo Cali*. Universidad de San Buenaventura Cali, Santiago de Cali. Recuperado el 23 de Mayo de 2016, de <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/Probarros/file/51.pdf>

Ramos, D., & Terry, E. (2014). *Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas*. La Habana. Recuperado el 21 de Noviembre de 2016, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007

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

- Restrepo, J. (2007). *El A,B,C de la agricultura orgánica y harina de rocas*. Recuperado el 05 de Noviembre de 2016
- Riley, P., Cotter, J., Contiero, M., & Watts, M. (2011). *Tolerancia a herbicida y cultivos transgénicos*. Informe de Investigación, Organización GREENPEACE, Buenos Aire. Recuperado el 15 de Noviembre de 2015, de <http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2011/bosques/informe-glifosato-esp%C3%B1ol-v2.pdf>
- Rodríguez Muñoz, L. P. (2008). *Evaluación de dos sustratos en la técnica de landfarming para el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba. Recuperado el 25 de Mayo de 2016, de <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/227/1/236T0011.pdf>
- Roldán Martin, A., & Iturbe Arguelles, R. (2002). *Saneamiento de Suelos Contaminados con Hidrocarburos mediante Biopilas*. Universidad Nacional Autonoma de Mexico, México. Recuperado el 24 de Mayo de 2016, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/029.pdf>
- Romero, J., & Echeverría, A. (2016). *Evaluación del proceso de biorremediación de suelos contaminados con pesticidas a través de biopilas con adición de dos inóculos diferentes en el sector Gatazao Zambrano cantón Colta provincia de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Recuperado el 06 de Noviembre de 2016
- Rosas, M. E. (2012). *Movilidad del glifosato en el suelo, agua de escurrimiento, persistencia y daño en el tejido vegetal del sistema de cultivo pasto - maíz,*

en *Sucumbios*. Tesis Universitario, Universidad Tecnica del Norte, Ibarra. Recuperado el 14 de Noviembre 2014 de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1976/1/RNR%2520155%2520TESIS.pdf>

Sánchez, J., & G. V. (Marzo de 2014). *Biología del suelo*. Recuperado el 10 de Junio de 2016, de <https://biologiadelsueloscsudea20132.wordpress.com/propiedades-biologicas-del-suelo/>

Silva, S. M., & Correa, F. J. (2009). *Análisis de la contaminación del suelo: Revisión de la normativa y posibilidades de la regulación económica*. Tesis magistral, Universidad de Medellin, Medellin. Recuperado el 14 de Noviembre de 2015, de <http://www.redalyc.org/pdf/1650/165013122001.pdf>

Sirinathsinghji, E. (Ed.). (19 de Marzo de 2013). *Eco portal. net*. Recuperado el 2016 de Mayo de 18, de http://www.ecoportalenet.com/Temas-Especiales/Contaminacion/Los_efectos_del_glifosato_Roundup_R_en_los_suelos_los_cultivos_y_los_consumidores

SLT Sobre la Tierra. (15 de Julio de 2016). *Servicio de Prensa y Divulgación Científica y Tecnológica*. Obtenido de <http://sobrelatierra.agro.uba.ar/glifosato-mas-preguntas-que-respuestas/>

Suquilanda, M. (31 de Octubre de 2008). *XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiUq->

WY6drQAhWE7iYKHW2RCFMQFggYMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.sec
suelo.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F06%2F3.-Ing.-Manuel-
Suquilanda.pdf&usg=AFQjCNHj7fNSy-AcTe-fnCvA7o8Eu8C7Ow&bvm

Suquilanda, M. (2016). *Abonos organicos y biofertilizantes*. Ministerio de
Agricultura, Acuacultura y Pesca MAGAP. Quito: Publiasesores.

Tinoco Gómez, O. (2008). *Una aplicación de la prueba chi cuadrado con SPSS*
(Vol. 11). Lima, Perú. Recuperado el 23 de Mayo de 2016, de
<http://www.redalyc.org/pdf/816/81611211011.pdf>

USDA. (2011). *United States Department of Agriculture*. Obtenido de
<http://www.miliarium.com/prontuario/Tablas/Suelos/ClasesTexturales.htm>

Velasco Trejo, J. A., & Volke Sepulveda, T. L. (27 de Agosto de 2007). *Instituto
Nacional de Ecología*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2015, de
<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas/381/volke.html>

Veoverde. (24 de Marzo de 2015). (F. Codoceo, Editor) Obtenido de
[https://www.veoverde.com/2015/03/oms-advierte-que-cinco-herbicidas-
usados-por-monsanto-podrian-ser-cancerigenos/](https://www.veoverde.com/2015/03/oms-advierte-que-cinco-herbicidas-usados-por-monsanto-podrian-ser-cancerigenos/)

Volke, T. L., & Velasco, J. A. (2003). *Biodegradacion de hidrocarburos del
petroleo en suelos intemperizados mediante composteo*. Centro Nacional
de Investigacion y Capacitacion Ambiental. Recuperado el 19 de Mayo de
2016, de
<http://www2.inecc.gob.mx/dgcnica/descargas/composteo2003.pdf>

Volke, T., & Velaso, J. (2002). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. México. Recuperado el 18 de Mayo de 2016

11 ANEXOS

Anexo 1. Ficha de caracterización aplicado a las fincas seleccionadas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
 ÁREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
 CARRERA DE INGENIERIA EN MANEJO Y CONSERVACION DEL MEDIO AMBIENTE
 SEDE ZAMORA

FICHA DE CARATERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DE FINCAS

Ficha N°:		N° de habitantes:	
Ubicación geográfica			
Provincia:		Cantón:	
Coordenadas:	X	Altitud	
	Y	Área:	
Superf. Total	Superf. Produc.	Luz	
Pertenece a alguna organización		Cuenta con los servicios básicos	
¿Cuál?		Agua Potable	
		Alcantarillado	
Principales actividades económica		Recibe acompañamiento técnico	
Agricultura	Forestal	Si	Pública
Pecuaria	Turística	No	Privada
Psicultura	Otra	Temas:	
		Permanente	
		Ocasional	
		Asalariada	Permanente
		Familiar	Ocasional

Producción

Principales cultivos	ha	Cant. Prod	Cant. V/C	Rotación de cultivos		Asociación de cultivos	
1.				Si	Parmente.	Si	Parmente.
2.				No	Ocasi.	No	Ocasional
3.				Uso de agroquímicos			
4.				Tipo	Cuáles	Cultivo/Aplicación	
5.				Fungicidas			
6.				Plaguicida			
Lugares de comercialización				Herbicidas			
Implementos que utiliza para la producción				Otros			
Maquinaria							
Equipos							
Herramientas manual							
Uso de abonos orgánicos				Problemas más comunes en los cultivos			
Problemas comunes en la salud de las personas.....							

Anexo 2. Ficha técnica del glifosol utilizado por la compañía Arysta Lifescience Colombia S. A para la contaminación artificial del suelo.

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 difusa</i>), Gitana amarilla (<i>Plantago rugelii</i>), Corazón herido (<i>Polygonum nepalense</i>), Hierba mala (<i>Sigesbeckia jorullensis</i>).
Presentaciones:	1 Litro, 4 Litros, 20 Litros y 200 Litros.

MODO DE ACCIÓN

GLIFOSOL® es un herbicida sistémico que penetra foliarmente y se transloca a otras partes de la planta incluido los órganos subterráneos. La muerte de las malezas se presenta entre los 7 y 15 días después de la aplicación.

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> .

COMPATIBILIDAD Y FITOTOXICIDAD

Por ser un herbicida no selectivo se recomienda no mezclarlo con otros herbicidas, no obstante, cuando se hagan mezclas se recomienda hacer primero pequeñas pruebas de compatibilidad y eficacia. Mezclas en tanque con herbicidas residuales como ureas sustituidas y triazinas o con herbicidas como paraquat, phenoxy u otros herbicidas de tipo auxinas, puede reducir la eficacia del glifosato.

INSTRUCCIONES DE MANEJO

Llene el tanque hasta la mitad de su capacidad con agua, luego adicione la cantidad de producto según las dosis recomendadas anteriormente y agite con el fin de homogenizar el producto, luego complete el tanque con agua.

- Utilice agua limpia para la preparación de la mezcla con el fin de evitar una posible degradación del ingrediente activo.

- Ajuste el pH del agua de ser necesario a un valor entre 5.0 y 6.0. Agite la mezcla antes y durante la aplicación.

- Suspenda la aplicación si la lluvia es inminente. Lluvias fuertes que ocurran entre una (1) o dos (2) horas después de la aplicación, reducen drásticamente la efectividad del tratamiento. Son necesarias seis (6) horas sin lluvia después de la aplicación para que la efectividad del tratamiento no disminuya por lavado del producto.

PRECAUCIONES

- Lea la etiqueta antes de usar el producto.
- Mantenga el producto bajo llave fuera del alcance de los niños.
- Causa daño temporal a los ojos.
- No comer, beber o fumar durante las operaciones de mezcla y aplicación.
- No almacenar en casa de habitación. No transportar o almacenar junto con semillas y alimentos de consumo humano o animal.
- Las soluciones de GLIFOSOL □ SL, deben ser almacenadas en recipientes de plástico.
- Durante la aplicación evite que el producto caiga sobre las hojas o partes verdes del tallo de las plantas deseables.
- Suspenda la aplicación si la lluvia es inminente. Lluvias fuertes que ocurran dentro de las seis horas a la aplicación reducen la efectividad del tratamiento.
- Evite el contacto con los ojos, la piel o la ropa. Si cae en los ojos, si es ingerido, o el contacto con la piel, causa irritación.
- Después de usar el producto cámbiese, lave la ropa contaminada y báñese con abundante agua y jabón.
- Conservar el producto en el envase original etiquetado y cerrado.

OBSERVACIONES AMBIENTALES

No contamine fuentes de agua (canales de riego, lagos, lagunas, quebradas, ríos, cascadas, canales de drenaje, etc.) con los sobrantes de la aspersión.

- No lave los equipos de aplicación en las fuentes de agua.
- Prácticamente no tóxico para abejas.
- Ligeramente tóxico para peces, no contaminar lagos, ríos, estanques o arroyos con los desechos y envases vacíos.
- En caso de derrames recoger el producto y depositarlo en el sitio destinado por las autoridades locales para tal fin.
- No contaminar las fuentes de agua con los restos de la aplicación o sobrantes del producto.
- Todo equipo utilizado para la aplicación debe ser lavado muy cuidadosamente, para lo cual llénelo hasta la mitad, revuelva bien su contenido y luego aplíquelo sobre el cultivo. Repita la operación las veces que sea necesario hasta estar seguro de su limpieza.
- Si hay combustibles o vapores inflamables presentes y ventilar el área.
- No permita que el material desechado vaya a fuentes de agua, tuberías, u otros canales que entren en contacto con la vegetación.
- Para minimizar los posibles efectos adversos al ambiente, el aplicador del plaguicida deberá mantener las franjas de seguridad de 10 metros en aplicaciones terrestres y de 100 metros para aplicaciones, aéreas, en relación con cuerpos o cursos de agua, carreteras, núcleos de población humana y animal u otra área que requiera de protección específica”.
- Después de usar el contenido, enjuague tres veces el envase y vierta el agua en la mezcla de aplicación, perfore el recipiente y entregue a Campo Limpio, nuestro Programa de Manejo Responsable de Envases Vacíos.

Anexo 3. Ficha de campo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA: Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

Sede-Zamora

Ficha técnica para caracterización de suelos

Provincia: Zamora Chinchipe Cantón: El Panqui Sector: San Roque

Código:

M	D	0	1
---	---	---	---

Coordenadas UTM:

X	764013
Y	9591581

Altitud: 1153 msnm

Foto:

Condiciones climáticas: Invierno ()

Verano (X)

Cantidad de la muestra tomada (gr): 1500 gr

Profundidad de la toma de muestra (cm):

0 a 25cm (X)

26 a 50cm ()

51 a 90cm ()

91 a 150cm ()

Mayor 150cm ()



ETIQUETA DE MUESTRA

Datos de la Muestra

Fecha: 01 de junio de 2016**Código:** MD01**Coordenadas UTM:** 0764013**Cantidad:** 1,5 kg9591581**Responsable:** Teresa Lozano Quituzaca


Anexo 4. Medición de parámetros en el bocashi

DIAS	Temperatura (° C)	pH	Humedad (%)
DIA 1	50	5,5	1
DIA 2	50	6	1
DIA 3	50	6	1
DIA 4	50	5,5	5
DIA 5	50	5	5
DIA 6	47	4	1
DIA 7	46	5	1
DIA 8	48	5,5	5
DIA 9	40	5,5	1
DIA 10	39	5,5	5
DIA 11	49	5	5
DIA 12	48	5,5	5
DIA 13	46	6,5	5
DIA 14	45	6	5
DIA 15	41	5,5	5
DIA 16	39	6	5
DIA 17	36	6	5
DIA 18	36	6	5
DIA 19	38	5	5
DIA 20	42	5	5

Anexo 5. Tabla para valores de Chi-cuadrado (X^2) crítico


v	0,005	0,01	0,025	0,05	0,95	0,975	0,99	0,995
1	0,00003935	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,647	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	35,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,878	14,573	16,151	40,113	43,195	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,994
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,335
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Anexo 6. Resultado del análisis de muestra inicial




AGQ
Labs & Technological Services

INFORME DE ENSAYO - SUELO




Nº de Referencia: S-16/27951 Análisis: S-1277-PE Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA	Registrada en: AGQ Ecuador Centro Análisis: AGQ Perú Fecha/Hora: 02/06/2016 Muestreo: 13/06/2016 Fecha Inicio: 13/06/2016	Fecha Recepción: 04/06/2016 Fecha Fin: 28/06/2016 Contrato: PRE-EC16-002 08
Muestreado por: Cliente	Cliente 3º: ---	
Descripción: FINCA ROMERO	Domicilio: EL PANGUI	
Cliente: TERESA ABIGAILLOZANO QUITUIZACA		


FERTILIDAD FÍSICA

* Granulometría Franco-Arenosa * Arcilla 15,0 % * Limo 0,00 % * Arena 85,0 %	<p>Riesgo de Compactación</p> 
---	---



CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método
Humedad	24,0	%						PNT
								PE-980


PROPIEDADES QUÍMICAS

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

FERTILIDAD NUTRICIONAL

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método
* Fósforo Disponible	32,0	mg/kg						PNT
* Materia Orgánica Oxidab	5,21	%						Olsen
pH (Extracto 1/1)	5,19							PEC-013
								Extrac Acuosa
								PEC-001


COMPLEJO DE CAMBIO


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

RELACIONES CATIONICAS

% Cationes de Cambio

● K C(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 AGRICOLA TOMADA DE LA FINCA DE LA FAMILIA ROMERO

FECHA EMISIÓN: 28/06/2016



Yoel Iñigo CQP 826
 Resp. Lab. Inorgánico

AGQ PERU, S.A.C.
 Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima, Lima, PERU

T: (511) 710 27 00 F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe www.agqlabs.com



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia: S-16/28649	Registrada en: AGQ Ecuador	Cliente: TERESA ABIGAILLOZANO QUITUIZACA
Análisis: S-SB-0054 (Glifosato)	Centro Análisis: AGQ España	Domicilio: EL PANGUI
Tipo Muestra: SUELOS	Fecha Recepción: 03/06/2016	Contrato: PRE-EC16-00215
Fecha Inicio: 23/06/2016	Fecha Fin: 06/07/2016	Cliente 3º: ----
Descripción: FINCA DE LA FAMILIA ROMERO		

Fecha/Hora: 02/06/2016	Muestreado por: Cliente
Muestreo:	

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Jesús Pineda Valdecantos
Resp. Lab. Orgánico

FECHA EMISIÓN: 06/07/2016

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



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
Glifosato	< 0,50	-	mg/kg	

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. NA: Ensayo subcontratado y no acreditado

Anexo 7. Resultado de análisis de bocashi



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



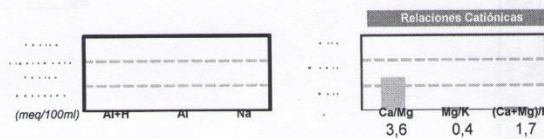
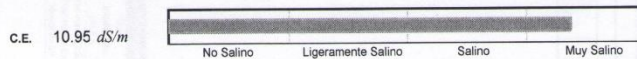
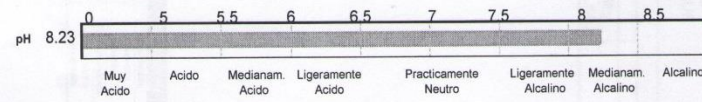
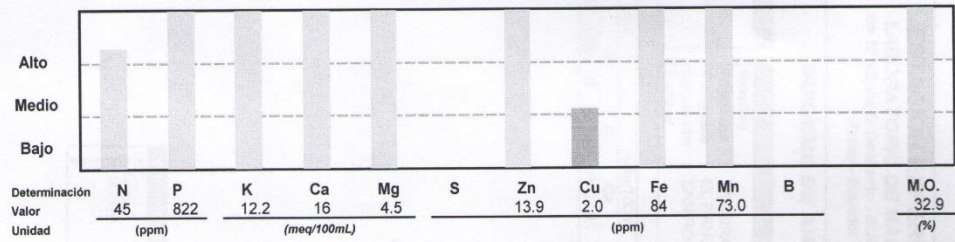
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO			
Nombre :	TERESA LOZANO QUITUISACA	Teléfono :	N/E
Dirección :		e-mail :	N/E
Ciudad :	El Pangui		

DATOS DE LA PROPIEDAD			
Nombre :	Zamora Chinchipe	Parroquia :	El Pangui
Provincia :		Ubicación :	SAN ROQUE
Cantón :	El Pangui	Latitud :	
		Longitud :	

DATOS DE LA MUESTRA			
No. Laboratorio :	3974	Responsable Muestreo :	Cliente
Identificación :	M1	Fecha Muestreo :	30/06/2016
Cultivo Actual :	CACAO	Fecha Ingreso :	04/07/2016
		Factura No. :	0
		Fecha Análisis :	18/07/2016
		Fecha Emisión :	22/07/2016

INTERPRETACION



Σ Bases
32,98
meq/100mL

% Materia Seca:
% Humedad:

Determinación	Metodología	Extractante
N, P	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8.5
S	Turbidimetría	Fosfato de Ca
B	Colorimetría	Monobásico
Cl	Volumetría	Pasta Saturada
M.O.	Oxidación	Via Humeda

Determinación	Metodología	Extractante
pH	Potenciométrica	Suelo: Agua (1:2.5)
CE	Conductometría	Pasta Saturada
Tenura	Gravimétrica	No Aplica
Al	Volumetría	K, Cl, 1 N
Al + H	Absorción	Pasta Saturada
Na	Absorción	Olsen Modificado pH 8.5
E. Bases	Atómica	Olsen Modificado pH 8.5

Niveles de Referencia Óptimos					
N	20 - 40	S	10 - 20	B	0.5 - 1.0
P	10 - 20	Zn	4 - 8	Cl	0 - 0
K	0.2 - 0.4	Cu	1 - 10	M.O.	3 - 5
Ca	4 - 8	Fe	20 - 40	Al+H	0.5 - 1.5
Mg	1 - 3	Mn	5 - 10	Al	0.3 - 1.0



Responsable laboratorio


ESTACION EXPERIMENTAL CHUQUIPATA
Laboratorio de Suelos y Aguas
Laboratorista


N/E: No Entrega
Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.
Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a fotocopiar que sea de todo el documento original.

Fecha Impresión : 22/07/2016

Anexo 8. Resultado final tratamiento 1



AGQ
Labs & Technological Services



IAC-MRA
ACCREDITED
Testing Laboratory
TL-502


Anula y sustituye a la versión anterior : S-16/38303

Nº de Referencia: S-16/38303-M1	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: M1Tr L	Domicilio: EL PANGUI	
Cliente: TERESA ABIGAILLOZANO QUITUZACA		

FERTILIDAD FÍSICA

- * Granulometria Franca
- * Arcilla 20,0 %
- * Limo 30,0 %
- * Arena 50,0 %

Riesgo de Compactación



PROPIEDADES FÍSICAS - GRANULOMETRÍA

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	
Humedad	51,6	%						PNT	PE-980

FERTILIDAD

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	
* Fósforo Disponible	102	mg/kg		20,0		40,0		Olsen	PEC-004
* Materia Orgánica Oxidab	10,1	%		1,20		2,00			PEC-013
* Nitrógeno Total	6,225	mg/kg		1,000		1,500			PEC-034
pH (Extracto 1/1)	6,12							Extrac Acuosa	PEC-001

COMPLEJO DE CAMBIO

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	
* Potasio Cambio	5,15	meq/100 g		0,50		0,80		Ac NH4	PEC-009

RELACIONES CATIONICAS


% Cationes de Cambio

- K C(100%/100%)

Ideal

Real

FECHA EMISIÓN: 18/10/2016



Yoel Iñigo CQP 826
Resp. Lab. Inorgánica

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 Coordenadas: 07640139591581 Codigo: M1Tr L

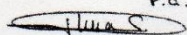


Nº de Referencia: S-16/38308	Registrada en: AGQ Ecuador	Cliente: TERESA ABIGAILLOZANO QUITUIZACA
Análisis: S-SB-0054 (Glifosato)	Centro Análisis: AGQ España	Domicilio: EL PANGUI
Tipo Muestra: SUELOS	Fecha Recepción: 15/09/2016	Contrato: PRE-EC16-00215
Fecha Inicio: 22/09/2016	Fecha Fin: 07/10/2016	Cliente 3º: ---
Descripción: CODIGO: M1TrL		

Fecha/Hora Muestreo: 14/09/2016	Muestreado por: Cliente
---------------------------------	-------------------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este período, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

P.a.


Jesús Pineda Valdecantos
 Resp. Lab. Orgánico

FECHA EMISIÓN: 07/10/2016

OBSERVACIONES:

Muestra de suelo agrícola fecha: 14/09/2016 Coordenadas: 07640139591581 Código:M1TrL



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia: 5-16/38308

Descripción: CODIGO: M1TrL

Tipo Muestra: SUELOS


Fecha Fin: 07/10/2016


RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Glfosato	< 0,05	-	mg/kg	

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

Anexo 9. Resultado final tratamiento 2






Anula y sustituye a la versión anterior : S-16/38302

Nº de Referencia: S-16/38302-M1 Análisis: S-1277-PE Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA	Registrada en: AGQ Ecuador Centro Análisis: AGQ Perú Fecha/Hora: 14/09/2016 Muestreo: 26/09/2016 Fecha Inicio: 26/09/2016	Fecha Recepción: 15/09/2016 Fecha Fin: 04/10/2016 Contrato: PRE-EC16-002 08
Muestreado por: Cliente	Cliente 3º: ----	
Descripción: CODIGO: M2Tel	Domicilio: EL PANGUI	
Cliente: TERESA ABIGAILLOZANO QUITUIZACA		

FERTILIDAD FÍSICA

- * Granulometria Franca
- * Arcilla 20,0 %
- * Limo 40,0 %
- * Arena 40,0 %

Riesgo de Compactación



PROPIEDADES FÍSICAS - GRANULOMETRÍA

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo Bajo Normal Alto Muy Alto	Método	PNT
Humedad	71,0	%			PE-980

FERTILIDAD

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo Bajo Normal Alto Muy Alto	Método	PNT
* Fósforo Disponible	20,9	mg/kg	20,0 40,0	Olsen	PEC-004
* Materia Orgánica Oxidab	4,62	%	1,20 2,00		PEC-013
* Nitrógeno Total	3,656	mg/kg	1,000 1,500		PEC-034
pH (Extracto 1/1)	5,04			Extrac Acuosa	PEC-001

COMPLEJO DE CAMBIO

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo Bajo Normal Alto Muy Alto	Método	PNT
* Potasio Cambio	0,67	meq/100 g	0,50 0,80	Ac NH4	PEC-009

RELACIONES CATIONICAS

% Cationes de Cambio

● K C (100%/100%)

Ideal

Real

FECHA EMISIÓN: 18/10/2016

Yoel Ifigo PA

Yoel Ifigo CQP 826
Resp. Lab. Inorgánico

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 Coordenadas: 07640139591581 Codigo: M2Tel



Anula y sustituye a la versión anterior : S-16/38309

Nº de Referencia: S-16/38309-M1	Registrada en: AGQ Ecuador	Cliente: TERESA ABIGAILLOZANO QUITUIZACA
Análisis: S-SB-0054 (Glifosato)	Centro Análisis: AGQ España	Domicilio: EL PANGUI
Tipo Muestra: SUELOS	Fecha Recepción: 15/09/2016	Contrato: PRE-EC16-00215
Fecha Inicio: 22/09/2016	Fecha Fin: 07/10/2016	Cliente 3º: ---
Descripción: CODIGO: M2TeL		

Fecha/Hora Muestreo: 14/09/2016	Muestreado por: Cliente
---------------------------------	-------------------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Jesús Pineda Valdecantos
Resp. Lab. Orgánico

FECHA EMISIÓN: 28/10/2016

OBSERVACIONES:

Muestra de suelo agrícola fecha: 14/09/2016 Coordenadas: 07640139591581 Codigo:M2TeL



INFORME DE ENSAYO

Anula y sustituye a la versión anterior : S-16/38309

Nº de Referencia: S-16/38309-M1	Tipo Muestra: SUELOS
Descripción: CODIGO: M2TeL	Fecha Fin: 07/10/2016

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Glifosato	< 0,50	-	mg/kg	

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

INDICE GENERAL

Índice de contenido

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 REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1 Sostenibilidad del suelo	6
4.1.1 Aspectos conceptuales del suelo.....	6
4.1.2 Importancia del suelo.....	6
4.1.3 Características fisicoquímicas y biológicas del suelo.....	8
4.2 El glifosato	12
4.2.1 Características del glifosato.....	13
4.2.2 Contaminación del suelo por glifosato.	14
4.2.3 Impactos del glifosato.	15

4.3 Biorremediación de suelos	17
4.3.1 <i>Qué es la biorremediación.</i>	17
4.3.2 <i>Tipos de biorremediación.</i>	18
4.3.3 <i>Biorremediación con biopilas.</i>	19
4.3.4 <i>El bocashi como sustrato para biorremediar suelos.</i>	23
4.4 Marco legal referente a la remediación del suelo agrícola.....	25
4.4.1 <i>Constitución de la República del Ecuador 2008.</i>	25
4.4.2 <i>Tratados internacionales.</i>	27
4.4.3 <i>Acuerdo ministerial N° 028.</i>	28
5 MATERIALES Y MÉTODOS	31
5.1 Materiales	31
5.1.1 <i>Materiales de campo.</i>	31
5.1.2 <i>Materiales de oficina.</i>	31
5.1.3 <i>Materiales de laboratorio</i>	31
5.2 Área de estudio	32
5.2.1 <i>Ubicación política.</i>	32
5.2.2 <i>Ubicación geográfica.</i>	33
5.2.3 <i>Aspectos biofísicos y climáticos.</i>	33
5.3 Operacionalización de hipótesis	34
5.3.1 <i>Hipótesis de investigación.</i>	34

5.4 Metodología para el primer objetivo	35
5.4.1 <i>Caracterización socioeconómica de la zona de estudio.</i>	35
5.4.2 <i>Caracterización ambiental en el suelo contaminado.</i>	37
5.5 Metodología para el segundo objetivo	43
5.5.1 <i>Diseño experimental.</i>	43
5.5.2 <i>Ejecución de tratamientos.</i>	45
5.5.3 <i>Ensayo experimental de biorremediación.</i>	51
5.5.4 <i>Recolección de muestras finales.</i>	55
5.5.5 <i>Análisis e interpretación de resultados.</i>	55
5.5.6 <i>Determinación del porcentaje biorremediador del glifosato en biopilas.</i>	55
5.5.7 <i>Análisis estadístico.</i>	56
5.6 Metodología para el tercer objetivo	57
5.6.1 <i>Determinación de costos de biorremediación para el ensayo implementado.</i>	57
5.6.2 <i>Determinación de costos para una hectárea de terreno</i>	57
6 RESULTADOS	58
6.1 Resultados del primer objetivo	58
6.1.1 <i>Caracterización socioeconómica del área de estudio.</i>	58
6.1.2 <i>Caracterización ambiental del suelo contaminado.</i>	72
6.1.3 <i>Resultado del análisis inicial del suelo.</i>	74
6.2 Resultados para el segundo objetivo	77

6.2.1	<i>Resultados del diseño experimental.</i>	77
6.2.2	<i>Ejecución de tratamientos.</i>	78
6.2.3	<i>Elaboración de las biopilas y aplicación de tratamientos.</i>	84
6.2.4	<i>Recolección de muestras finales.</i>	93
6.2.5	<i>Análisis e interpretación de resultados finales.</i>	94
6.2.6	<i>Determinación del porcentaje biorremediador.</i>	101
6.2.7	<i>Análisis estadístico.</i>	102
6.3	Resultados para el tercer objetivo	107
6.3.1	<i>Costos de remediación del ensayo experimental</i>	107
6.3.2	<i>Costos de remediación para una hectárea.</i>	110
7	DISCUSIÓN	115
7.1	Resultados de parámetros consolidados	115
7.2	Costos de remediación	120
7.3	Análisis sustentable de la remediación de suelos	121
8	CONCLUSIONES	123
9	RECOMENDACIONES	125
10	BIBLIOGRAFÍA	127
11	ANEXOS	138

Índice de Tablas

Tabla 1: Servicios Ambientales que presenta el suelo	7
Tabla 2: Interpretación de los principales nutrimentos del suelo para el Sur del Ecuador.....	11
Tabla 3: Controversias de Monsanto y hallazgos de Investigadores independientes en el medio natural.....	16
Tabla 4: Factores de consideración en el diseño de una biopilas.....	23
Tabla 5: Criterios de calidad de suelo.....	29
Tabla 6: Criterios de Remediación (Valores Máximos Permitidos)	30

Índice de cuadros

Cuadro 1. Diseño de estudio que se implemento	44
Cuadro 2. Materiales y herramientas utilizados para la elaboración del bocashi	45
Cuadro 3. Aspectos demográficos.....	58
Cuadro 4. Servicios básicos	59
Cuadro 5. Superficie de fincas por cantidad de producción	59
Cuadro 6. Tenencia de tierra	60
Cuadro 7. Tamaño de las parcelas.....	61
Cuadro 8. Principal actividad económica.....	61
Cuadro 9. Principales cultivos de producción	62
Cuadro 10. Productividad de las fincas	63
Cuadro 11. Destino de los productos	65
Cuadro 12. Acceso a crédito	66
Cuadro 13. Acompañamiento técnico.....	66
Cuadro 14. Mano de obra utilizada.....	67
Cuadro 15. Forma de organización	68
Cuadro 16. Rotación de cultivos.....	68
Cuadro 17. Asociación de cultivos.....	69
Cuadro 18. Uso de agroquímicos en los cultivos.....	70
Cuadro 19. Problemas en la salud	71
Cuadro 20. Uso de abonos orgánicos	72
Cuadro 21. Comparaciones de resultados de la caracterización del suelo contaminado con glifosato.....	74
Cuadro 22. Resultado de análisis del bocashi.....	82
Cuadro 23. Control de temperatura Tratamiento 1	87

Cuadro 24. Temperatura tratamiento 2	88
Cuadro 25. pH tratamiento 1	89
Cuadro 26. pH tratamiento 2	89
Cuadro 27. Humedad del tratamiento 1	90
Cuadro 28. Humedad tratamiento 2	91
Cuadro 29. Monitoreo de macro organismos.....	92
Cuadro 30. Resultado de glifosato en el suelo	100
Cuadro 31. Porcentaje de remediación	101
Cuadro 32. Calculo de contingencia de la frecuencia observada	102
Cuadro 33. Cálculo de las frecuencias esperadas	103
Cuadro 34. Comparación Chi-cuadrado y valor crítico	105
Cuadro 35. Matriz resumen de resultados.....	106
Cuadro 36. Costos de biorremediación para la técnica de biopilas	108
Cuadro 37. Costos de remediación para una hectárea de suelo.....	110
Cuadro 38. Costos de remediación por hectárea según aplicaciones del agricultor	112
Cuadro 39. Comparación de costos entre técnicas de remediación.....	113

Índice de fotografías

Fotografía 1. Aplicación de encuestas	36
Fotografía 2. Área identificada y retiro de cobertura vegetal.....	38
Fotografía 3. Limpieza del área 4m ²	39
Fotografía 4. Suelo seco y suelto.....	43
Fotografía 5. Fumigación del suelo	40
Fotografía 6. Recolección de muestras	44
Fotografía 7. Proceso de cuarteo.....	41
Fotografía 8. Picado de raquis de banano	47
Fotografía 9. Mezcla de ingredientes y humedecimiento del compuesto.....	48
Fotografía 10. Medición de Temperatura, pH y humedad.....	49
Fotografía 11. Cosecha y almacenamiento del bocashi.....	50
Fotografía 12. Preparación de la sub base	52
Fotografía 13. Colocación del plástico en la sub base	53
Fotografía 14. Diseño de parcelas para las unidades experimentales.....	77
Fotografía 15. Verificación de temperatura	81
Fotografía 16. Biopilas implementadas	85
Fotografía 17. Identificación de tratamientos y repeticiones	86
Fotografía 18. Presencia de lombrices en el tratamiento 1	93
Fotografía 19. Toma de submuestra t1r1	94

Índice de Figuras

Figura 1. Representación esquemática de un sistema de biopilas alargadas.	20
Figura 2. Representación esquemática de un sistema de biopilas estática.	21
Figura 3. Diseño de las unidades experimentales	44
Figura 4. Servicios básicos.....	59
Figura 5. Tenencia de tierra.....	60
Figura 6. Tamaño de las parcelas	61
Figura 7. Principal actividad económica	61
Figura 8. Principales cultivos de producción	63
Figura 9. Productividad de las fincas.....	64
Figura 10. Destino de los productos	65
Figura 11. Acceso a crédito.....	66
Figura 12. Acompañamiento técnico	66
Figura 13. Mano de obra utilizada	67
Figura 14. Forma de organización.....	68
Figura 15. Rotación de cultivos	69
Figura 16. Asociación de cultivos	69
Figura 17. Uso de agroquímicos en los cultivos	70
Figura 18. Problemas de salud.....	71
Figura 19. Uso de abonos orgánicos.....	72
Figura 20. Control de temperatura.....	79
Figura 21. Control de potencial de hidrógeno.....	79
Figura 22. Control de humedad	80
Figura 23. Temperatura del tratamiento 1	87
Figura 24. Temperatura tratamiento 2	88

Figura 25. pH tratamiento 1	89
Figura 26. pH tratamiento 2	90
Figura 27. Humedad del tratamiento 1	91
Figura 28. Humedad de tratamiento 1	92
Figura 29. Resultados finales de textura	95
Figura 30. Resultado final de pH	96
Figura 31. Resultado final de humedad.....	97
Figura 32. Resultado final de materia orgánica	97
Figura 33. Resultado final de Nitrógeno	98
Figura 34. Resultado final de fósforo.....	99
Figura 35. Resultado final de potasio	99
Figura 36. Resultado final de glifosato	100

Índice de mapas

Mapa 1. Ubicación del barrio San Roque.....	32
Mapa 2. Ubicación geográfica del área de estudio	33
Mapa 3. Georreferenciación e identificación del área de estudio.....	73