

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN QUÍMICA COHORTE 2021

Tema: Uso del estiércol de conejo en la elaboración del Bocashi y su efecto en el cultivo de rábano (*Phaseolus vulgaris*), comunidad Langos San Alfonso, cantón Guano

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magister en Química.

Modalidad del Trabajo de Titulación: Proyectos de desarrollo

Autora: BqF. Hilda Graciela Guerrero Morocho

Directora: Ing. Carolina del Rocío Montero Calderón, Ph.D.

Ambato – Ecuador

2023

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por: Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia Magister, e integrado por los señores: Químico Lander Vinicio Pérez Aldás Magister y Biofísica Rosa Maricela Ormaza Hugo MSc, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “Uso del estiércol de conejo en la elaboración del Bocashi y su efecto en el cultivo de rábano (*Phaseolus vulgaris*), comunidad Langos San Alfonso, cantón Guano” elaborado y presentado por la señora BqF Hilda Graciela Guerrero Morocho, para optar por el Título de cuarto nivel de Magíster en Química; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal

Quim. Lander Vinicio Pérez Aldás Mg.
Miembro del Tribunal

Biof. Rosa Maricela Ormaza Hugo MSc.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “Uso del estiércol de conejo en la elaboración del Bocashi y su efecto en el cultivo de rábano (*Phaseolus vulgaris*), comunidad Langos San Alfonso, cantón Guano”, le corresponde exclusivamente a: BqF. Hilda Graciela Guerrero Morocho, Autora bajo la Dirección de Ing. Carolina del Rocío Montero Calderón, Directora del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

BqF. Hilda Graciela Guerrero Morocho

c.c.:0603595836

AUTORA

Ing. Carolina del Rocío Montero Calderón PhD

c.c.:1717442121

DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

BqF. Hilda Graciela Guerrero Morocho
c.c.:0603595836

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| PORTADA..... | i |
| A la Unidad Académica de Titulación | ii |
| CAPÍTULO I..... | 13 |
| EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 13 |
| 1.1 Introducción..... | 13 |
| 1.2 Justificación..... | 15 |
| 1.3 Objetivos | 17 |
| CAPITULO II | 18 |
| MARCO TEORICO..... | 18 |
| a) ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS | 18 |
| b) FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA | 25 |
| 2.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL | 25 |
| 2.2 AGRICULTURA ECOLÓGICA | 27 |
| 2.3 ESTIÉRCOL | 27 |
| 2.4 BOCASHI | 28 |
| 2.5 COMPONENTES DEL BOCASHI | 29 |
| 2.6 PREPARACIÓN DEL BOCASHI..... | 32 |
| 2.7 PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL BOCASHI..... | 34 |
| 2.8 VENTAJAS DEL USO DEL BOCASHI EN LA AGRICULTURA | 38 |
| 2.9 RÁBANO | 40 |
| 2.10 PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL RÁBANO..... | 41 |
| CAPITULO III..... | 44 |
| MARCO METODOLÓGICO..... | 44 |
| 3.1 Tipo de investigación | 44 |
| 3.2 Población o muestra: | 45 |
| 3.3 Prueba de Hipótesis | 45 |
| 3.4 Recolección de información:..... | 45 |
| 3.5 Procesamiento de la información y análisis estadístico: | 58 |

| | |
|--|----|
| CAPITULO IV | 59 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 59 |
| 4.1 Preparación y parámetros de control del bocashi | 59 |
| 4.2. Análisis Físico Químico del Bocashi | 63 |
| 4.3 Análisis del suelo sin tratamiento y después del tratamiento con el bocashi y el abono comercial. | 66 |
| 4.4. Análisis proximal del rábano obtenido en cada tratamiento | 71 |
| CAPÍTULO V | 76 |
| CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS | 76 |
| 5.1 Conclusiones | 76 |
| 5.2 Recomendaciones | 77 |
| 5.3 Bibliografía..... | 78 |
| 5.4 Anexos..... | 84 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1: Cantidad de bocashi a utilizar según el tipo de terreno y actividad | 25 |
| Tabla 2: Etapas, números de volteos en la preparación del bocashi | 26 |
| Tabla 3: Comparación Compostaje - bocashi | 28 |
| Tabla 4: Descripción taxonómica del rábano | 40 |
| Tabla 5: Equipos, materiales e insumos utilizados para la preparación del bocashi | 45 |
| Tabla 6: Equipos y materiales para la determinación de humedad | 46 |
| Tabla 7: Materiales, equipos y reactivos para la determinación de pH | 46 |
| Tabla 8: Materiales, equipos y reactivos para la determinación de la conductividad eléctrica | 47 |
| Tabla 9: Materiales, equipos y reactivos para la determinación de materia orgánica | 48 |
| Tabla 10: Reactivos y materiales para la determinación de proteína | 48 |
| Tabla 11: Materiales, equipos y reactivos para la determinación de lípidos | 49 |
| Tabla 12: Materiales y equipos para la determinación de fibra cruda | 50 |
| Tabla 13: Materiales y equipos para la determinación de cenizas | 50 |
| Tabla 14: Resultados del Análisis Físico Químico del Bocashi | 66 |
| Tabla 15: Análisis Físico Químico del bocashi al día cero y día 21 | 67 |
| Tabla 16: Prueba de muestras independientes | 69 |
| Tabla 17: Análisis físico químico del suelo | 70 |
| Tabla 18: Prueba de normalidad | 71 |
| Tabla 19: Análisis de varianzas de las características físico químicas del suelo en los tratamientos | 72 |
| Tabla 20: Comparaciones múltiples de los tratamiento aplicados en el suelo | 73 |
| Tabla 21: Análisis proximal del rábano obtenido en cada tratamiento | 74 |
| Tabla 22: Prueba de Normalidad | 75 |
| Tabla 23: Análisis de varianza en el análisis proximal del rábano | 78 |
| Tabla 24: Comparaciones múltiples de los resultados de los análisis proximal del rábano | 78 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1: Volteos que se realizan en el proceso de preparación del bocashi | 23 |
| Figura 2: Medición de la temperatura del bocashi | 24 |
| Figura 3: Cosecha del rábano | 44 |
| Figura 4: Variación de temperatura en el proceso de fermentación del bocashi | 62 |
| Figura 5: Variación de pH en el proceso de fermentación del bocashi durante 21 días. | 64 |
| Figura 6: Variación de la conductividad eléctrica en el proceso de fermentación del bocashi | 65 |

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato, por permitirme formarme para enfrentarme a los retos de la sociedad.

A la Dra. Carolina Montero, por su valiosa colaboración y asesoramiento en la dirección de la presente Tesis.

Al Mg. Lander Pérez y MSc. Rosa Ormaza por su colaboración en el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Nacional de Chimborazo por el gran aporte brindado en la elaboración del trabajo.

A todas las personas que colaboraron de una u otra manera para la culminación de este trabajo de investigación

DEDICATORIA

A mis amados hijos:
Alejito y Toñito quienes,
con su amor, su apoyo, y
dulzura han sido mi
mayor fortaleza e
inspiración para culminar
esta meta.

A mi amado esposo Paúl
Sánchez por su amor, su
apoyo y comprensión.

Mis padres Gonzalo e
Hilda; a mi madre política
Bachita, a mi hermano
Oscarito, a mis hermanas
Marcela, Fernanda,
Lupita, Tania y mis
sobrinas Dany, Judi y
Cami. A Javito

A mi papi Ángel que
donde está, celebra este
logro

A mis amigos por su
eterna amistad.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN QUÍMICA
COHORTE 2021

TEMA:

“USO DEL ESTIÉRCOL DE CONEJO EN LA ELABORACIÓN DEL BOCASHI Y SU EFECTO EN EL CULTIVO DE RÁBANO (*PHASEOLUS VULGARIS*), COMUNIDAD LANGOS SAN ALFONSO, CANTÓN GUANO”

MODALIDAD DE TITULACIÓN: Proyectos de desarrollo

AUTOR: BqF. Hilda Graciela Guerrero Morocho

DIRECTOR: Ing. Carolina del Rocío Montero Calderón, Ph.D.

FECHA: Seis de septiembre de dos mil veinte y tres

RESUMEN EJECUTIVO

La contaminación ambiental es una problemática mundial que requiere de medidas de acción urgentes, se destaca entonces la búsqueda de alternativas agro alimentarias limpias que sustituyan el uso de fertilizantes químicos por abonos orgánicos.

La presente investigación busca evaluar el impacto del uso del estiércol de conejo en la elaboración del Bocashi y su efecto en el cultivo de rábano (*Phaseolus vulgaris*) en la comunidad Langos San Alfonso, cantón Guano.

Como primer paso se preparó 1 kg de bocashi con los siguientes insumos: cascarilla de arroz, estiércol de conejo, carbonato de calcio, melaza, afrecho de trigo, levadura, agua lluvia o de riego, tierra, carbón vegetal, el proceso de fermentación duró 21 días, realizando 2 volteos diarios por los 7 primeros días y luego un volteo diario, además en el proceso se controló la temperatura y pH. Al finalizar se realizó el análisis físico químicos al bocashi: pH, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, nitrógeno total, carbono/nitrógeno, fósforo y potasio. Luego se ejecutaron los siguientes tratamientos: control (suelo sin tratamiento), tratamiento 1 (suelo tratado con el bocashi) y el tratamiento 2 (suelo tratado con el Abono comercial), 15 días después de aplicado los tratamientos se determina los siguientes parámetros físico químico del suelo: pH, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, nitrógeno total, carbono/nitrógeno, fósforo y potasio, reportando los mejores resultados en el suelo tratado con el bocashi. Finalmente, en cada uno de los suelos se sembró y cosecho rábano al cual se le realiza el análisis proximal: humedad, proteína, lípidos, fibra y ceniza, por tanto, el bocashi es un sustituto al uso de fertilizantes químicos, para la preparación 1 kg del bocashi \$ 3.84 en comparación al precio de 1 kg del abono comercial que tiene un costo de \$ 6.30, el bocashi permite utilizar residuos orgánicos propios del lugar.

DESCRIPTORES: ABONO, BOCASHI, ESTIÉRCOL, RÁBANO, SUELO

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

Con la finalidad de mejorar los ingresos económicos, potencializar los cultivos y productos de cosecha en la actualidad los agricultores acuden al uso de fertilizantes, pesticidas y demás productos agroquímicos los cuales debido a su composición química inciden a incrementar la contaminación ambiental esto debido a la descomposición y emisión de compuestos dañinos para el ambiente y por otro lado provocan el desgaste y pérdida de fertilidad del suelo.

El bocashi que significa materia orgánica fermentada, es considerado como un abono orgánico, que se lo obtiene utilizando residuos de origen animal y vegetal, los cuales al cumplir dicho proceso reincorporan los nutrientes perdidos al suelo de modo que los activa aumentando la carga microbiana y por ende mejorando las características físicas y químicas de las plantas y del suelo de cultivo (Ramos & Terry, 2014).

Con la finalidad de incrementar el rendimiento de los cultivos agrícolas y la disminución del uso de agroquímicos potencialmente perjudiciales para la salud y el ambiente, la investigación se centra en la posibilidad de elaborar una alternativa amigable utilizando restos orgánicos, lo cual supone la regeneración de los suelos y mejora de la producción agrícola haciéndola competitiva y saludable para el consumo humano.

En el Ecuador, específicamente en la provincia de Los Ríos se ha desarrollado la investigación en la cual se ha aplicado el bocashi con la finalidad de mejorar la calidad de la pitahaya (*Hylocereus spp.*), en dicho estudio se muestra además la mejora de la fertilidad del suelo, rendimiento del cultivo utilizando una alternativa de abono orgánico (Castillo, 2021).

Con este proyecto se busca generar una alternativa al uso de abono de carácter orgánico, en primera instancia se preparó el bocashi utilizando residuos orgánicos animales y vegetales, específicamente utilizando el estiércol de conejo. Luego de un proceso de fermentación de 21 días se determinaron los siguientes parámetros: pH, humedad, conductividad eléctrica, materia orgánica, fósforo, potasio, nitrógeno total, relación carbono / nitrógeno. Posterior a ello, se aplicó en las parcelas de 2 m² y luego de 15 días se sembró el rábano del cual se realizó las siguientes determinaciones proximales: humedad, cenizas, fibra, proteína y lípidos.

En la actualidad con la finalidad de mejorar los ingresos económicos, potencializar los cultivos y productos de cosecha, muchos agricultores acuden al uso de fertilizantes, pesticidas y demás productos agroquímicos. Debido a su composición incrementan la contaminación ambiental, esto debido a la descomposición y emisión de compuestos dañinos para el ambiente y por otro lado provocan el desgaste y pérdida de fertilidad del suelo.

Una de las alternativas con las que se cuenta es el bocashi, que significa materia orgánica fermentada, este producto es considerado un abono orgánico, se lo obtiene utilizando residuos de origen animal y vegetal, los cuales al cumplir dicho proceso reincorporan los nutrientes perdidos al suelo, de modo que, los activa aumentando la carga microbiana y por ende mejorando las características físicas y químicas de las plantas y del suelo de cultivo (Ramos & Terry, 2014).

En el Ecuador, específicamente en la provincia de Los Ríos se ha desarrollado la investigación en la cual se ha aplicado el bocashi con la finalidad de mejorar la calidad de la pitahaya (*Hylocereus spp.*), en dicho estudio se muestra además la mejora de la fertilidad del suelo, rendimiento del cultivo utilizando una alternativa de abono orgánico (Castillo, 2021).

El principal objetivo de diversas investigaciones es incrementar el rendimiento de los cultivos agrícolas y la disminución del uso de agroquímicos potencialmente perjudiciales para la salud y el ambiente, centrándose en la elaboración de una alternativa amigable utilizando restos orgánicos, lo cual supone la regeneración de los suelos y mejora de la producción agrícola haciéndola competitiva y saludable para el consumo humano.

En este contexto, este proyecto busca generar una alternativa al uso de abono de carácter orgánico, en primera instancia se preparó el bocashi utilizando residuos orgánicos animales y vegetales, específicamente utilizando el estiércol de conejo. Luego de un proceso de fermentación de 21 días se determinaron los siguientes parámetros: pH, humedad, conductividad eléctrica, materia orgánica, fósforo, potasio, nitrógeno total, relación carbono / nitrógeno. Posterior a ello, se aplicó en las parcelas de 2 m² y luego de 15 días se sembró el rábano del cual se realizó las siguientes determinaciones proximales: humedad, cenizas, fibra, proteína y lípidos.

1.2 Justificación

El crecimiento poblacional (Sequeira, 2019), influye directamente sobre el área agrícola y ganadera puesto que, se debe satisfacer las demandas de alimentos; esto provoca que se busquen estrategias que permitan optimizar los cultivos y crianza de animales; obligándolos a mantener el monocultivo, uso de agroquímicos, fertilizantes químicos y otros. Se estima que el precio de los fertilizantes químicos son hasta 50% más caros que los tradicionales (Hallo, 2015).

Estos insumos químicos a su vez ocasionan problemas ambientales aportando en cierta parte a la contaminación ambiental (Borja, 2018) debido a un inadecuado manejo de residuos orgánicos (Pocoví, 2016), desgaste de los suelos por el uso indiscriminado de agroquímicos, entre otros.

La adquisición de compuestos químicos que serán utilizados en el sector agrícola implica inversión económica el mismo que disminuye la rentabilidad al expender los productos en el mercado, adicional a ello el manejo inadecuado de los residuos producto de la crianza de animales también genera un problema ya que al no ser reutilizados se desperdicia los nutrientes y beneficios que puede aportar a los suelos este tipo de materia orgánica.

En la actualidad, en la comunidad Langos San Alfonso del cantón Guano, provincia de Chimborazo; la población dentro de sus actividades antrópicas se dedica al cultivo de maíz, fréjol, papas y otros, además de la crianza de especies menores entre ellas pollos, cuyes, conejos, etc., (GAD Municipal del Cantón Guano, 2014). Estas especies generan estiércol que no es aprovechado de manera adecuada, los productos que se cosechan en estas tierras no cumplen con las características organolépticas adecuadas en cuanto al tamaño para poder ser comercializados disminuyendo la rentabilidad en la venta de estos, generando problemas económicos y abandono de las tierras agrícolas para desarrollar otro tipo de actividades comerciales.

Una alternativa a esta problemática es la agricultura orgánica en la cual se propone el uso de abonos orgánicos amigables con el ambiente y rentable para el productor, dentro de este tipo de abonos tenemos a los compost, bocashi, bio fermentos, abonos verdes, etc. La producción del bocashi es sencilla y a la vez innovadora, lo que permite el reciclado de varios bioresiduos para obtener un producto rico en nutrientes.

Para este estudio, se presenta el bocashi (Ramos & Terry, 2014) preparado con el estiércol de conejo como una posible solución que permita la utilización adecuada del estiércol (Gavilanes, 2014), reducir los costos de inversión para la adquisición de los insumos y al corto tiempo 21 días para la preparación, finalmente para comprobar el mejoramiento en la calidad del suelo se producirá rábano, considerando su tiempo de producción reducido (HydroEnvironment, 2021).

Es importante mencionar que en la Universidad Técnica de Ambato no se han registrado investigaciones en las cuales hayan utilizado bocashi adicionando estiércol de conejo y tampoco se han registrado investigaciones sobre el mejoramiento del cultivo de rábano en la comunidad de Langos San Alfonso del Cantón Guano Provincia de Chimborazo.

1.3 Objetivos

1.3.1. General

Evaluar el impacto del estiércol de conejo en la elaboración del Bocashi y su efecto en el cultivo de rábano (*Phaseolus vulgaris*), en la comunidad Langos San Alfonso, cantón Guano

1.3.2. Específicos

Evaluar la composición química y física del suelo de cultivo antes y después del tratamiento con el bocashi elaborado con el estiércol de conejo

Determinar la composición proximal del rábano obtenido en el suelo mejorado con el bocashi.

Comparar el mejoramiento del suelo enriquecido con el bocashi elaborado con el estiércol de conejo frente al abono comercial utilizado en la comunidad de Langos San Alfonso

CAPITULO II

MARCO TEORICO

a) ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Estudios previos en cuanto a la preparación y uso del bocashi como alternativa a la fertilización química se detallan a continuación:

Santoyo et al. (2022), en su investigación titulada “Uso del estiércol bovino en la elaboración y maduración de un bocashi” evaluó el proceso de elaboración de este producto, considerando parámetros de maduración (pH, temperatura y conductividad eléctrica), los insumos usados para la preparación fueron: salvado, rastrojo molido, biochar, estiércol, melaza, cal y agua, mezclados homogéneamente. Al finalizar la preparación se determinó la humedad del bocashi preparado el cual presentó un porcentaje de humedad el 40-50%. Durante 15 días se determinó la temperatura, el pH y la conductividad eléctrica, también se valoró materia orgánica y C, mediante pérdida de peso por ignición y nitrógeno por el método de Kjeldalh. En el proceso el pH se mantuvo constante, hasta alcanzar un valor de 7.37 ± 0.12 , la variación de la temperatura fue mayor en los primeros dos días para luego mantenerse en un rango de 40-50°C, durante un periodo de ocho días; finalmente la temperatura disminuyó hasta $32.47^{\circ}\text{C} \pm 1.76$. La conductividad eléctrica disminuyó hasta un valor de $0.30 \text{ dS/m} \pm 0.06$ en el día 15. El pH, la temperatura y la CE fueron indicativos de la descomposición de la materia orgánica en la elaboración de un abono tipo bocashi. Al final del proceso, el resultado obtenido contenía 33.6 % de materia orgánica, 1.39% de nitrógeno y una C/N de 14. En este estudio se determinó necesario considerar la fuente de nitrógeno de la mezcla inicial y llevar un control sobre el pH, la temperatura y la CE para obtener un abono maduro que es aplicado al suelo, para garantizar el aporte de nutrientes y mejorar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo.

Romero et al. (2022), en su trabajo titulado “Caracterización de abono tipo bocashi elaborado con diferentes fuentes de estiércol y su efecto en la producción de maíz para ensilar”, desarrolló el proceso de fermentación y caracterizó fisicoquímicas y orgánicas de bocashi elaborado con estiércol de ovino, bovino y porcino, evaluó su eficiencia como abono orgánico en la producción de forraje en verde y en materia seca, rendimiento en materia seca y proporción tallo:hoja:grano de maíz para ensilar y compararlo con fertilizante químico y sin fertilizar. No se encontró diferencias en el tiempo de fermentación entre las fuentes de estiércol, sin embargo, el bocashi elaborado con estiércol de ovino presentó mayor número de características fisicoquímicas y orgánicas deseables. La producción de forraje en verde y el rendimiento en materia seca fueron similares entre el bocashi de ovino el fertilizante químico. La proporción de hoja y grano fue mayor estadísticamente en el maíz fertilizado con bocashi de ovino, comparado con el resto de los tratamientos, por lo que se concluye que el uso de bocashi elaborado con estiércol de ovino como fertilizante para la producción de maíz para ensilar, puede ser una opción viable para sustituir el uso de agroquímicos sin afectar el rendimiento, por su mayor producción de grano y hoja.

Castillo, (2021) en su trabajo “Efecto del bocashi en el cultivo de la Pitahaya (*Hylocereus spp*) para el incremento de la productividad, cantón Mocache - Los Ríos”, utilizó diferentes dosis de Bocashi, tales como: 90.9, 113.6 y 159 kg/parcela y un testigo absoluto que no recibe ninguna fertilización. Se determinó que el mejor tratamiento fue el T2 (Bocashi 113.6 kg/parcela). Al analizar costo/beneficio económico, se evaluaron los tratamientos, siendo económicamente el mejor T2 Bocashi 113.6 kg con \$ 2.20 seguido de Bocashi 90 kg con 1.97 \$. La aplicación del Bocashi es efectiva para este cultivo y otros cultivos por tanto es rentable.

Medina et al., (2022) en su investigación titulada “Evaluación del efecto de composta tipo bocashi en germinación y desarrollo de plántulas”, determinó el efecto de la adición de bocashi tradicional y adicionado con sangre de bovino agregada en dos porcentajes (10% y 20%) en la obtención de plántulas de jitomate. El experimento

consistió en aplicar 5 tratamientos: T1: 100% peat moss, T2: 90% peat moss + 10% bocashi, T3: 80% peat moss + 20% bocashi, T4: 90% peat moss + 10% bocashi elaborado con sangre de bovino, T5: 80% peat moss + 20% bocashi elaborado con sangre de bovino. Al emerger las plántulas se midió la altura de la planta, diámetro de la raíz, número de hojas y longitud de la raíz. Los resultados mostraron que la adición de bocashi adicionado con sangre de bovino a una concentración del 20% favorece a la obtención de plántulas de tomate en semillero.

Solís et al., (2021) en su investigación “Respuesta del suelo y del cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa*) a la aplicación del Lactofermentos enriquecidos en el sector de Querochaca Cantón Cevallos” preparó bioles con estiércoles de vaca, cabra y borrego. Composta, bocashi y vermicomposta se prepararon con estiércol de vaca y residuos vegetales. Se evaluaron como fertilizantes en el cultivo de espinaca; el control positivo fue usando fertilizante químico y el testigo suelo sin ninguna fertilización. Los análisis de fertilizantes demostraron valores similares a los encontrados con la fertilización química y mayores que en el testigo: las alturas fueron entre el 14 y el 49% superiores; los pesos de las hojas entre 16 y el 53% y el área foliar entre 67 a 264% mayores que en el testigo. Los mejores fertilizantes fueron el bocashi y la composta. Los estiércoles independientemente de donde provengan, son una fuente interesante de materiales para preparar fertilizantes orgánicos.

Dussi et al., (2021) en su estudio “Prácticas Agroecológicas: Uso de bocashi en sistemas familiares de producción de frutillas” evaluó la aplicación de bocashi en un cultivo implantado de frutillas (*Fragaria x ananassa Duch*). Se elaboró un listado de materiales disponibles en la zona y preparó una receta que se aplicó a través del sistema de riego por goteo. Los resultados indican que es posible elaborar un bocashi de calidad equiparable a un compost de Clase A; y aplicándolo de manera líquida se observó aumento en el rendimiento del cultivo.

Gomez, (2021) en su investigación “Evaluación de la calidad microbiológica de hortalizas tratadas con preparados bioorgánicos en la Asociación Cooperativa de Productos Agropecuarios y Servicios Múltiples Productos Orgánicos”, determinó la presencia de *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* en cuatro hortalizas cultivadas orgánicamente: rábano (*Raphanus sativus*), cebollín (*Allium schoenoprasum*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y lechuga (*Lactuca sativa L. var. longifolia*), con preparados bioorgánicos: gallinaza y bocashi.

Mendivil et al., (2020) en su trabajo “Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano”, elaboró el bocashi y evaluó su efecto en la germinación y desarrollo del rábano. Las mezclas de bocashi utilizadas fueron: aserrín-mango- plátano (BA), mango (BM) y tradicional (BT). Se evaluó en semillas de rábano, se realizó ensayos en charolas de poliestireno con mezcla bocashi – peat moss (1:1 v/v), por triplicado. El Testigo fue suelo agrícola (A). Para evaluar el efecto en la calidad de planta, las plantas fueron trasplantadas a mesas organopónicas de madera, con mezcla bocashi – peat moss (1:1 v/v), con riego diario por un mes. A los 30 días del trasplante, se midió: la altura de la planta (cm), el número de hojas y la masa seca de la raíz (g). El tratamiento A, promovió la mayor germinación en las semillas de rábano; en cuanto al desarrollo de la planta, además, estimuló la altura y número de hojas en las plantas de rábano. El tratamiento BT, favoreció la mayor acumulación de biomasa seca, las plantas de rábano fertilizadas con bocashi presentaron mejor desarrollo que las germinadas en suelo agrícola.

Prisa, (2020) en su investigación “Adición de EM-Bokashi a los medios de cultivo para mejorar la calidad de *Kalanchoe Blossfeldiana*”, elaboró un abono realizando un seguimiento a las propiedades químicas y microbiológicas durante cinco meses posteriores a su preparación. A partir de 21 días y hasta los 150 días de elaborado, se determinó los contenidos de macronutrientes, micronutrientes, la relación C:N, el contenido de metales pesados, así como las poblaciones de microorganismos presentes. Igualmente se midió la temperatura del montículo durante los primeros 21 días. Los

contenidos de N, P, K, Ca, Mg, S, MO, C y la relación C:N, se mantuvieron de manera estable durante los cinco meses de duración del trabajo, siendo adecuados los contenidos de nutrientes obtenidos en cada momento de evaluación.

Peralta et al., (2019) en su trabajo “Compost, bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis”, evaluó el efecto de compost, bokashi y EM en el crecimiento, producción de materia fresca y materia seca en dos cultivos de brócolis consecutivos. En el primer cultivo aplicó: 19 t ha⁻¹ de compost (C19), 19 t ha⁻¹ compost + EM 2% (C19+EM2), 15 t ha⁻¹ compost + 2 t ha⁻¹ de bokashi (15C+B2), EM 2% (EM2), 10 t ha⁻¹ de bokashi (B10) y testigo sin fertilización (TSF). En el segundo cultivo se evaluó el efecto residual de los tratamientos sin realizar ninguna fertilización adicional. Con C19, C19+EM2 y B10, se obtuvo mayor cantidad de materia seca en comparación con TSF. En el primer cultivo de brócoli, el tratamiento con mayor rendimiento fue C19+EM2. El efecto residual de los tratamientos fue mayor en B10 al promover mayor producción de materia fresca del tallo en comparación con EM y TSF. La fertilización orgánica no afectó el crecimiento de las plantas en el primer y segundo cultivo. Fertilización exclusiva de compost y bokashi, aplicado solo o en conjunto promueven mayor materia fresca que plantas no fertilizadas, en el primer cultivo. EM potencia el efecto del compost, pues su aplicación conjunta estimula mayor materia fresca y materia seca que plantas no fertilizadas, en el primer cultivo. En los suelos con fertilidad media o alta, el compost aplicado solo o en conjunto con bokashi o EM sólo tiene efecto a corto plazo, pues no promovió efecto residual en el segundo cultivo de brócoli.

Merino & Yahuara, (2019) en “Biofertilización a través del "bocashi" para la mejora de la producción de culantro (*Coriandrium sativum*) y rabanito (*Raphanus sativus*)” determinó el efecto de la biofertilización a través del “Bocashi” para lo cual distribuyó con Bocashi 25%+suelo 75% (T-01), Bocashi 50%+suelo 50% (T-02), Bocashi 0%+suelo agrícola 100% (T-03), previo un análisis de macro y micronutrientes del Bocashi a utilizar. Luego del cultivo, procedió a extraer 25 plantas de manera aleatoria

de cada tratamiento para su medición y evaluación. En el cultivo de culantro, se consideró el tamaño de la raíz y en el rabanito el peso del bulbo, pero en ambos se realizó la medición de la parte aérea de la planta. Los resultados que se obtuvieron en el cultivo, permitieron describir que, la adición del Bocashi al 50% genera un incremento de 952.49 g en el peso del bulbo por metro cuadrado de cultivo; en el caso del cultivo de culantro, la adición de la proporción de 25% de Bocashi genera un incremento de 5.8 cm a la longitud aérea de la planta.

Sequeira, (2019) en su estudio “Uso de lacto-suero ácido en la elaboración de bocashi y su efecto en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Tropicana”, elaboró cinco formulaciones de bocashi con diferentes proporciones agua-lacto suero ácido, estos se incorporaron al suelo y se compararon con un testigo (sin fertilizantes). Las variables evaluadas en la elaboración de bocashi fueron: temperatura, pH y conductividad eléctrica. En el cultivo de lechuga se tomó peso fresco foliar y radicular (g) y rendimiento (t/ha). Todos los bocashi alcanzaron temperaturas superiores a 55°C a los tres días después de elaboración (DDE) y, llegaron a temperatura ambiente a los 21 DDE. Además, todos presentaron un pH cercano a la neutralidad (7.1-7.6), y aumentaron la conductividad eléctrica. Las plantas fertilizadas con bocashi S100 obtuvieron un mayor rendimiento (22.6 t/ha), peso fresco foliar (340 g) y radicular (15.1 g), en comparación con el resto de los tratamientos.

Mota et al., (2019) en su investigación “Respuesta al bocashi y a la lombricomposta de *Moringa oleifera* Lam. después de la poda”, determinó la respuesta vegetativa y reproductiva de la especie a la fertilización orgánica, después de poda en esta región. Se utilizó árboles de moringa de tres años, podados por única vez a una altura de 1.5 m, a los cuales se aplicó dos abonos orgánicos: lombricomposta, bocashi y un control.

Los abonos se aplicaron al inicio del experimento y posteriormente cada cuatro meses. Se analizaron 12 variables, las cuales se midieron cada mes, durante 10 meses. Los resultados mostraron que la aplicación de los abonos orgánicos influyó de forma

significativa en el número total de frutos por planta, donde las plantas con bocashi lograron la mayor productividad. En lombricomposta no se observaron diferencias significativas.

Vásquez et al., (2018) en su trabajo “Evaluación química de bocashi con aplicación de microorganismos eficientes en el cantón Saraguro, provincia de Loja”, analizó que los microorganismos eficientes (EM), como inoculantes microbianos restablecen el equilibrio microbiológico y mejoran las condiciones físico-químicas del suelo; con el objetivo de contribuir a la recuperación de la fertilidad del suelo mediante la aplicación de bocashi elaborado con residuos orgánicos. Se instaló un experimento de bloques al azar con tres réplicas, tres dosis de EM-artesanal, tres dosis de EM-comercial y un testigo, en la comunidad La Matara del cantón Saraguro de la provincia de Loja. Con 0,75 l/m³ de EM-artesanal se obtuvo 0,65 % de nitrógeno total, 0,52 % de fósforo, 1,67 % de potasio, 35 % de materia orgánica y relación C/N de 32; el rango de pH de las pilas de bocashi fue de 5,4 a 7,2. Fue notorio el efecto positivo de los EM en las características químicas del bocashi.

Girón & Martínez (2018) en su trabajo “Influencia de la aplicación de bocashi y lombriabono en el rendimiento de calabacín (*Cucurbita pepo* L.), espinaca (*Spinacia oleracea* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y remolacha (*Beta vulgaris* L.), bajo el método de cultivo biointensivo, San Ignacio, Chalatenango, El Salvador”, aplicó composta + bocashi y composta + lombriabono, y en menor grado por la composta que se encuentra en un proceso de transformación de la materia orgánica, mejoró la densidad del suelo. En los resultados obtenidos se observó la composta + bocashi, produjo los mayores rendimientos ($p \leq 0.01\%$) en peso de bulbo de remolacha, planta de lechuga, cantidad de frutos de calabacín y peso de follaje en espinaca. Al tratamiento de composta + lombriabono, sin embargo, este tratamiento produjo el mayor peso de frutos en calabacín, pero no fue significativo. El análisis con composta), produjo los menores rendimientos, excepto en el caso de largo de fruto de calabacín que fue mayor en los otros 2 tratamientos.

Labarca et al., (2018) en la investigación “Caracterización del abono Bocashi y su aplicación en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum*, L.), en el estado Falcón”, elaboraron un abono tipo Bocashi con una mezcla de estiércoles caprino, equino y bovino, aserrín, melaza, levadura, cenizas y agua, se cubrió con una manta por 28 días. Se analizó las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo antes de la aplicación del abono orgánico Bocashi a los 35 y 135 días después de la aplicación, se aplicó (T1): 10,000 kg/ha y (T2): 5.000 kg/ha del abono Bocashi y (T3); 100% fertilización química. Se realizó un semillero de pimentón de la variedad MAGISTRAL, se hizo el trasplante a los 35 días después de la siembra en bandeja a razón de 2 hileras a 80 x 20 cm. Se efectuó la cosecha a partir de los 78 días del trasplante (cinco cosechas) y se determinó el rendimiento total. (kg/m²).

b) FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

2.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

El crecimiento exponencial de la población (Soto Herranz et al., 2019) en el mundo ha representado una problemática para los agricultores debido a la alta demanda de alimentos, de modo que, buscan generar estrategias que les permitan obtener productos que por sus características puedan competir el mercado y a la vez, les permita obtener rentabilidad económica.

Con dicho crecimiento poblacional y el empoderamiento de un modelo de producción y consumo, el planeta ha reaccionado a esto incrementando la temperatura media del planeta, aumento de sequías e inundaciones, como respuesta al cambio que genera estas prácticas sobre todo en lo ambiental. (Soler-Jiménez & Molano-Carrera, 2020)

Lamentablemente, los agricultores al tratar de alcanzar las metas de producción requeridas, se ven en la obligación de recurrir al uso de los llamados agroquímicos, los

mismos que son costosos (Sequeira, 2019) y afectan en la economía de quienes lo adquieren. Adicional a ello, aportan a la contaminación ambiental, debido a que en su descomposición desprenden compuestos que son dañinos para el ambiente y provocan el desgaste y pérdida de la fertilidad de los suelos.

Las pérdidas de nutrientes, la contaminación del suelo, el inadecuado manejo de desechos son una situación preocupante debido a que hay una disminución significativa de nutrientes, microorganismos benéficos (Solis, 2015) generando una producción agrícola deficiente y pérdidas económicas. Como parte de las actividades antrópicas se encuentran las actividades ganaderas mismas que aportan a la generación de residuos que no son utilizados de manera adecuada como es el estiércol. El manejo inadecuado de este tipo de desecho está relacionado directamente con el ambiente, el agua, interrupción de ciclos biogénicos, emisión de gases de efecto invernadero (Olle, 2021).

En el Ecuador según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP), alrededor del 40 % de la población nacional vive en zonas rurales y se dedican a la agricultura y ganadería (Vásquez et al., 2018). En la comunidad Langos San Alfonso sus habitantes se dedican a las actividades antes mencionadas, siendo la crianza de animales menores un factor importante en su economía, sin embargo, la generación de estiércol no tiene una disposición final tecnificada provocando impacto ambiental negativo debido al inadecuado tratamiento, almacenamiento y disposición final (Huerta-Muñoz et al., 2019)

Por ello, es necesario encontrar alternativas ecológicas que permitan sostener la producción agrícola y, por otro lado, mantener la fertilidad del suelo, siendo una de las opciones el uso del bocashi que permite utilizar el estiércol para producir el abono orgánico y favorecer la recirculación de nutrientes. (Romero et al., 2022)

2.2 AGRICULTURA ECOLÓGICA

La agricultura ecológica, es una modalidad alternativa a la agricultura convencional que produce alimentos hortícolas más saludables, mediante un manejo agronómico de materiales bioorgánicos, a base de ingredientes de origen animal y/o vegetal (Gomez, 2021). Surge como una práctica que se contrapone a la química agrícola, para una producción más limpia, más adaptada a los ecosistemas propios existentes en el suelo y abastecer de productos más saludables a una población.

Varias investigaciones (Solis, 2015) sugieren acudir a la agricultura ecológica, que implica el uso de abonos orgánicos y permiten la reutilización de los desechos que se generan de las actividades agrícolas y ganaderas (Borja, 2018).

La agricultura orgánica, permite realizar un tratamiento de residuos disminuyendo así, el uso de agroquímicos, mediante varias opciones que están disponibles en la actualidad, como es el uso de los abonos orgánicos siendo los más utilizados en la actualidad el bocashi, el compost, lombricompost entre otros (Sequeira, 2019)

2.3 ESTIÉRCOL

El estiércol de conejo constituye un residuo común en las zonas agrícolas dedicadas a la crianza de animales menores debido a que su carne es parte de la dieta humana (Morales et al., 2022). El 'buen estiércol' sólo es 'bueno' en la medida en que afecta positivamente la biología del suelo (van der Ploeg, 2021)

Se caracteriza por disponer de una gran cantidad de nutrientes, sin embargo, uno de las prácticas comunes con respecto a este desecho es esparcirlo en el suelo sin previo tratamiento, lo cual, es contraproducente para los cultivos y al suelo (Solís et al., 2021). Por ello, es fundamental que se someta a un proceso de descomposición para que los nutrientes se transformen en sales y, en esta forma sean aprovechadas por las plantas.

Por ejemplo, el nitrógeno orgánico se convierte en nitrógeno amoniacal (Vásquez et al., 2018).

Se estima que una tonelada de estiércol de vaca con un contenido del 50% de humedad contiene alrededor de 42 kg de nitrógeno, 18 kg de P_2O_5 y 26 kg de K_2O , esto es de gran importancia considerando que los volúmenes de estiércol que se acumulan en las zonas rurales son generalmente altos (Sánchez & Hernández, 2011).

El estiércol tratado se emplea para reducir la erosión del suelo, además, es importante considerar el mantenimiento de la capacidad productiva del suelo, mediante la integración de prácticas de nutrición vegetal y de mejoramiento del suelo, que permitan un manejo adecuado de los nutrimentos para evitar su deficiencia o pérdidas por lixiviación; así como aplicar prácticas agroecológicas como es el uso de fertilizantes orgánicos (Álvarez-Solís et al., 2010).

2.4 BOCASHI

Este término fue desarrollado por el profesor Teruo Higa en 1980 en Japón, es un abono orgánico inodoro generado por microorganismos efectivos (Ginting, 2019), los cuales por un proceso de fermentación aerobia se combinan con la materia orgánica para dar lugar la formación del “Bocashi”(Prisa, 2020).

Los microorganismos involucrados en el proceso pueden ser alrededor de 80 especies diferentes pertenecientes a cinco grupos primarios de microorganismo y dentro de las poblaciones predominantes de bacterias de ácidos láctico (*Lactobacillus plantarum*, *L. casei*, *L. fermentum*, *L. salivarius*, *L. delbrueckii*) y levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), menor número de bacterias fotosintéticas (*Rhodobacter sphaeroides*, *R. capsulatus* y *Rhodopseudomonas palustris*), actinomicetos y hongos moho. (Ginting, 2019), las bacterias del ácido láctico permiten la conservación y producción de

alimentos saludables, las fermentaciones son económicas y requieren poco o ningún calor para la preparación (Olle, 2021).

Según (Mendivil et al., 2020), este elemento, es una alternativa que permite reutilizar el estiércol de los animales el cual mejora y estimula la vida microbiana propia del suelo, incrementa los nutrientes y micronutrientes en el suelo, la nutrición de las plantas (Loarte et al., 2018), y el crecimiento del producto de cosecha (FAO, 2011), se trata de una tecnología que convierte el uso de sistemas agrícolas que se fundamentan en el uso de agroquímicos en una agricultura más sostenible con lo cual se mejora la calidad y fertilidad de los suelos.

Se puede evaluar la calidad de un abono orgánico como el bocashi midiendo el efecto sobre el crecimiento y producción de los cultivos (Medina et al., 2022)

2.5 COMPONENTES DEL BOCASHI

(Ramos & Terry, 2014) indican que los componentes principales para elaborar el bocashi son básicos y de fácil adquisición, entre los que podemos mencionar celulosa, hemicelulosa, ligninas, azúcares y compuestos nitrogenados, lo que le hace una opción para sustituir el uso de agroquímicos.

Para preparar el bocashi se requiere mezclar varios residuos orgánicos en diferentes proporciones a los cuales se les añade ciertos aditivos que ayudan en el proceso de fermentación, su elaboración es sencilla y se disponen en la localidad. La calidad de este se determina a partir de su contenido nutricional, que está directamente relacionado, con las concentraciones de nutrientes presentes en los materiales utilizados para su elaboración. (SADER, 2022)

Entre los componentes que se utilizan comúnmente se tienen:

Carbón vegetal. - Este componente tiene como finalidad mejorar la estructura del suelo, lo cual permite una adecuada distribución de las raíces, una adecuada aireación y absorción de humedad y calor.

Por su alto nivel de porosidad favorece la actividad microbiológica del suelo, puesto que, retiene, filtra y libera paulatinamente los nutrientes a las plantas; con todo esto se disminuye la pérdida de nutrientes por lavado de la tierra en el riego. También proporciona una buena oxigenación, facilitando el proceso aeróbico de fermentación, funciona como un regulador térmico para el sistema radicular de las plantas, lo cual las hace más resistentes contra las bajas temperaturas nocturnas. (FAO, 2011)

Estiércol. - Constituye la principal fuente de nitrógeno en la composición de los abonos orgánicos fermentados. Mejora la fertilidad de la tierra, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, y otros.

Aporta el inóculo microbiológico y otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad, mejorando así las condiciones biológicas, químicas y físicas del terreno donde se aplicarán los abonos.

Cascarilla de arroz. - Por su estructura, mejora las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, facilita la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes.

Beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas, mejora la actividad simbiótica con la microbiología de la rizosfera.

Constituye una fuente rica en silicio, el cual favorece a las plantas haciéndolos más resistentes a los insectos y enfermedades. Como cascarilla semi-calcinada o

carbonizada, aporta de silicio, fósforo, potasio y otros minerales los cuales ayudan a corregir la acidez de los suelos.

Salvado de arroz. - Favorece la fermentación de los abonos, aporta la activación hormonal, nitrógeno, es un componente rico en carbohidratos, minerales como el fósforo, potasio, calcio y magnesio

Melaza de caña. - Constituye la fuente energética para la fermentación de los abonos, ayuda a la multiplicación de la actividad microbiológica, es rica en potasio, calcio, fósforo, magnesio, boro, zinc y hierro.

Levadura. - Es la fuente de inóculo microbiológico y será el punto de partida para los procesos de fermentación

Tierra común. - Forma parte de la tercera parte del volumen total de abono a preparar, brinda homogeneidad física del abono, distribuye la humedad, incrementa el medio para la actividad microbiológica del abono facilitando la fermentación, retiene, filtra y libera los nutrientes a las plantas.

Carbonato de Calcio. - Sirve para regular la acidez que se presente en el proceso de fermentación del bocashi, permite el adecuado desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica.

Agua no clorada. - Permite la homogenización de la humedad de los componentes del abono (FAO, 2011). Previo a la preparación se debe disolver la melaza junto con la levadura en agua tibia mezclar homogéneamente y dejarla reposar por toda la noche, el área en la cual se va a preparar debe ser cubierto para evitar q el abono se moje (SADER, 2022).

2.6 PREPARACIÓN DEL BOCASHI

Los componentes y su constitución son aspectos básicos en la elaboración, ya que de ellos dependerá la velocidad de descomposición o tasa de mineralización gobernada por la actividad microbiológica y, las disponibilidades posteriores y nutrientes.

No existe una receta exclusiva o fórmula única para la elaboración de Bocashi, la elaboración de este abono se ajusta a las condiciones y materiales existentes en las comunidades (Marín, 2019).

En la aplicación de la técnica de Bocashi para aprovechamiento de desechos orgánicos, es relativamente corto (Dussi et al., 2021), debido a las bacterias, ya que aceleran la descomposición mediante el aumento de temperatura en un proceso aerobio (Arizaga Gamboa & Balladares Montero, 2021)

El bocashi preparado debe ser removido o volteado (Figura 1), en la primera semana 2 veces al día y en la siguiente semana una sola vez al día (Peralta et al., 2019), hasta alcanzar la temperatura ambiente. Otro aspecto que se debe controlar es la medida de la temperatura, como se muestra en la figura 2.

Figura 1

Volteos que se realizan en el proceso de preparación del bocashi



Se debe realizar controles de pH, temperatura y conductividad eléctrica (Figura 2), los cuales son índices de descomposición de la materia orgánica en la elaboración de este abono orgánico (Morales et al., 2022)

Figura 2

Medición de la temperatura del bocashi



Tiempo de duración para elaborar los abonos

Los agricultores, por lo general, realizan esta actividad en aproximadamente quince días. En los cuatro o cinco primeros días de fermentación, se debe voltear o revolver dos veces al día, en la mañana y en la tarde.

Los días posteriores, se voltea solo una vez al día, durante el proceso se debe controlar la altura la misma que no debe superar los 70 cm y el ancho del montón no debe superar los 2.50 m, esto para garantizar la correcta aireación (FAO, 2011).

Dosis a utilizar

Según la FAO, (2011) la cantidad de dosis a utilizar depende del terreno, según lo descrito en la Tabla 1:

Tabla 1.

Cantidad de bocashi a utilizar según el tipo de terreno y actividad.

| Tipo de terreno | Dosis a utilizar por m² | Observación |
|--|---|--|
| Con proceso de fertilización orgánica | 4 lb | Se debe aplicar 15 días antes de la siembra, trasplante o desarrollo del cultivo |
| Sin proceso de fertilización orgánica | 10 lb | |
| Para cultivos anuales (granos básicos) | 2 lb | Se debe realizar una segunda aplicación entre 15 y 20 días |
| Para cultivos de largo ciclo (Frutales) | 1 lb para siembra 1 lb aplicar por tres ocasiones. | Se utilizará en la etapa de crecimiento |
| Para hortalizas | 4 lb | En una sola aplicación 15 días antes de la siembra ó el trasplante |

Nota: Esta tabla indica las dosis a utilizar del bocashi según la actividad (FAO, 2011)

* lb libra

2.7 PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL BOCASHI

La fermentación del Bocashi constituye un tratamiento biológico que busca estabilizar los bioresiduos, proporcionando un fertilizante rico en nutrientes, aprovechando de mejor manera los residuos o desperdicios (Olle, 2021). El proceso de descomposición se realiza por medio de poblaciones de microorganismos propios de los residuos utilizados (Morocho & Leiva-Mora, 2019).

La fermentación aerobia se adapta a una gran variedad de sustratos, el cual es mezclado con microbios propios del estiércol que se desarrollan en estas condiciones. Para preparar el inoculante, se prepara una infusión rica en carbohidratos, se sumerge el material huésped y se permite que los microbios fermenten el material biogénico. Un sustrato portador, como lo es la melaza, proporciona una fuente de energía inicial para los microbios.

Una vez que finaliza la etapa de fermentación, después de entre 10 a 21 días, el huésped inoculado se puede empaquetar y almacenar durante períodos prolongados como iniciador de Bocashi.

En el proceso se genera dos fracciones, una sólida y otra líquida (té de Bocashi), los cuales pueden conservarse por separado. La regulación de la humedad es necesaria para una fermentación óptima, así como temperaturas mayores a 18–20°C.

El proceso de aireación que garantiza las condiciones aeróbicas se realiza según los datos mostrados en la Tabla 2:

Tabla 2

Etapas, números de volteos en la preparación del bocashi

| Semana | Etapas | Días | Número de volteos | Hora de volteo |
|---------------|---------------|-------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | Termófila | 1 | 2 | Mañana y tarde |
| | | 2 | 2 | |
| | | 3 | 2 | |
| | | 4 | 2 | |
| | | 5 | 2 | |
| | | 6 | 2 | |
| | | 7 | 2 | |
| 2 | Maduración | 8 | 1 | Tarde |

| | | | | |
|---|--------------|----|---|--------|
| | | 9 | 1 | |
| | | 10 | 1 | |
| | | 11 | 1 | |
| | | 12 | 1 | |
| | | 13 | 1 | |
| | | 14 | 1 | |
| 3 | Enfriamiento | 15 | 1 | Mañana |
| | | 16 | 1 | |
| | | 17 | 1 | |

Nota: La tabla indica las etapas en el proceso de maduración del bocashi (SADER, 2022).

Los productos se pueden almacenar durante varios meses en condiciones oscuras, herméticas y temperaturas más bajas sin cambiar sus propiedades (Olle, 2021).

Características físicas y químicas del producto final

El aroma deberá ser a fermentado con un ligero olor a tierra de monte, en el caso de los ingredientes deberán estar a un 80% de desintegración, la temperatura estará entre 19 a 23°C con un pH deberá estar entre 7.8 y 8.8 al finalizar la fermentación (SADER, 2022)

Los beneficios de aplicar bocashi al suelo radican en la capacidad para fermentar la materia orgánica, liberando así microorganismos efectivos los cuales consisten en un cultivo mixto de microorganismos benéficos que ocurren naturalmente, tales como bacterias púrpuras no sulfurosas (PNSB), lactobacilos (LAB), levaduras y actinomicetos (Olle, 2021).

Todos los microbios en inóculo microbiano se derivan de la naturaleza con los sustratos para cambiar el equilibrio y así crear un microbioma mejorado, que favorezca una mayor productividad.

Los nutrientes y ácidos orgánicos se utilizan por las plantas mejorando parámetros fisiológicos como la fotosíntesis, que se traduce en mayores rendimientos de los cultivos, un factor clave en la agricultura orgánica. El entorno ácido suprime rápidamente la viabilidad de los patógenos, por lo que incluso los residuos biológicos contaminados pueden reciclarse. (Olle, 2021). En la Tabla 3, se presenta la comparación entre el compostaje y el bocashi.

Tabla 3

Comparación Compostaje - bocashi

| Problema | Limitaciones del compostaje tradicional | Avances con el Bocashi |
|---|--|--|
| Susceptibilidad de las plantas a condiciones desfavorables en la etapa de germinación | En algunos casos mala germinación | Germinación mejorada |
| Crecimientos limitados sin nutrición extra | El crecimiento depende de la composición. | Crecimiento mejorado debido a la rica composición incluyendo compuestos bioactivos |
| Retrasa la maduración de las plantas | Tiempo de maduración prolongado debido al vigor del crecimiento vegetativo | Fija la maduración |
| Pocos métodos para aumentar la fotosíntesis | Baja influencia en la capacidad fotosintética | Aumenta la capacidad fotosintética |
| Contenido de nutrientes | Contenido de nutrientes ligeramente modificado | Mayor contenido de nutrientes |

Nota: La tabla compara entre el compostaje y el bocashi. (Olle, 2021)

2.8 VENTAJAS DEL USO DEL BOCASHI EN LA AGRICULTURA

- Amplia variedad de fracciones de bioresiduos, incluidos los domésticos orgánicos, los subproductos animales, los residuos contaminados y otros tipos como bioresiduos de panaderías y cervecerías se pueden utilizar.
- La composición química de los bioresiduos no es tan crucial como la del compost tradicional.
- No es necesario mezclar mecánicamente los residuos (como en el caso del compostaje) durante el proceso.
- Su obtención es más rápida que el compostaje tradicional, se puede utilizar a cualquier escala y a temperatura ambiente.
- No presenta problemas de insectos o roedores como para el compostaje. Sin olores pútridos como para plantas de compostaje.
- Mínima emisión de gases de efecto invernadero en comparación con el compostaje.
- No hay pérdida de nutrientes y carbono en el suelo o la atmósfera durante el procesamiento lo que resulta en valores nutricionales más altos de los productos.
- Los productos fertilizantes terminados son ricos en microorganismos benéficos.
- Los compuestos de bajo pH y antimicrobianos aseguran la inactivación de patógenos.
- Mejora la salud y la estructura del suelo.
- Mejora tanto la calidad del fertilizante como la absorción del mismo
- Mejora la estabilización de metales pesados y la descomposición de residuos de pesticidas en suelos.
- Mejora la sanidad animal, vegetal y la calidad de los productos alimenticios.
- Mejora del rendimiento de los cultivos y la producción de carne (Olle, 2021).
- Preparación rápida, 21 días aproximadamente (Barrionuevo et al., 2020).
- Bajo costo de inversión para la elaboración (Girón & Martínez, 2018).

- Mejora las condiciones físicas y químicas del suelo (Sarmiento et al., 2019).
- Favorece el desarrollo y crecimiento de las plantas (Mota et al., 2019).
- Previene enfermedades del suelo (Medina et al., 2022).
- Reduce la acidez del suelo (Cotrina et al., 2020).

La recomendación general es aplicar un kilogramo de bocashi por cada metro cuadrado de superficie, la aplicación deberá ser 15 días antes de la siembra o trasplante, se puede aplicar directamente en los surcos, camellones o camas ya sembradas, pero a una distancia de 15 cm de las plantas.

Trabajos previos indican que se quiere utilizar como fuente de sustrato para almácigo y, se deberá utilizar 1kg de bocashi en combinación con 10 kg de otros ingredientes como tierra de monte, composta, vermicomposta, peat moss, agrolita, etc (SADER, 2022).

La biología del suelo se enriquece mediante la aplicación del estiércol (Sonneveld, 2004), lo que a su vez da como resultado una mejor producción de pastizales (van der Ploeg, 2021), debido a que la mayor parte del carbono orgánico se retiene y se mantienen en el suelo, además, favorece la retención C:N en una relación mucho más alta que el compostaje cual estimula la actividad microbiana meso y macro faunística así como la tasa de mineralización y la estabilidad de los agregados del suelo.

El aporte y estabilización de la materia orgánica mejora el drenaje, aireación y fertilidad del suelo (Olle, 2021) beneficiando en tres aspectos: las propiedades físicas como la porosidad, retención de agua, estabilidad de agregados, mineralización y capacidad de intercambio catiónico (Ávila Franco et al., 2021), se reporta mayor contenido de materia orgánica, fósforo, potasio, calcio y magnesio en el tratamiento con bocashi y lombricompost (Coraspe & González, 2020)

Este abono de carácter orgánico ayuda al desarrollo sustentable de la pedoflora bacteriana y componentes del suelo, controla la salinización, la contaminación de aguas subterráneas, protege los cultivos del ataque de patógenos y proporciona de nutrientes asimilables por las raíces de las plantas. (Prisa, 2020)

2.9 RÁBANO

El rábano *Raphanus sativus L.* es una planta originaria del Mediterráneo, considerada como fuente de Ca, Fe, P, vitaminas (C, B1, B2 y ácido nicotínico), fibra dietética, carbohidratos, proteínas, lípidos y fluoruros, tiene efecto diurético, antiescorbútico, y contiene compuestos azufrados con actividad anticancerígena (Ayub et al., 2013). Según (Lobato & Vega, 2023), un cultivo de rábano se ubica taxonómicamente según los datos presentados en la Tabla 4.

Tabla 4

Descripción taxonómica del rábano

| Orden | Descripción |
|------------------|----------------------|
| Reino: | Plantae |
| División: | Magnoliophyta |
| Clase: | Magnoliopsida |
| Orden: | Brassicales |
| Género: | <i>Rhapanus</i> |
| Especie: | <i>R. sativus L.</i> |

Nota: La tabla describe taxonómicamente al rábano (Lobato & Vega, 2023)

Se trata de una hortaliza que presenta un bajo aporte calórico debido al alto contenido de agua, se desarrolla de manera óptima en climas templados. El desarrollo de esta planta lleva dos etapas, la primera en la que se desarrollan el follaje y sus raíces carnosas y la segunda, es la etapa reproductiva, en la que se desarrolla los flores, frutos y semillas.

La producción del rábano no es intensiva, se trata de un cultivo rentable, esto se debe a que tiene un ciclo de cultivo corto y el requerimiento de nutrientes es muy bajo, favorece la diversificación de cultivos y el proceso de rotación de los mismos (Cecilio & Dutra, 2017).

Presenta alta capacidad productiva, esto gracias a su genética y condiciones del ambiente. Se trata de un sembrío a pequeña escala el cual puede variar entre 20 y 60 días; se adapta a cualquier tipo de suelo, excepto en los suelos profundos, arcillosos, el pH del suelo deberá encontrarse entre 5,5 y 6,8. (Calero et al., 2019)

Al ser un cultivo con baja demanda de fertilización, el bocashi es una buena alternativa, la fertilización orgánica contribuye a mejorar las condiciones fisicoquímicas y orgánicas del suelo, y en la planta favorece la elongación celular del tejido meristemático y radicular, lo que contribuye al desarrollo de la planta. (Ramos et al., 2014).

Según, HydroEnvironment, (2021) se indica que el rábano es una hortaliza de corto tiempo aproximadamente se puede cosechar al mes luego de la siembra según el clima en el que se desarrolle, además Mendivil et al., (2020), demostraron que el bocashi enriquece el suelo del cultivo lo cual se mide valorando la germinación y crecimiento del rábano, encontrando favorable este tratamiento sobre esta especie de hortaliza.

2.10 PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL RÁBANO

Siembra. - En cuanto al suelo, prefiere desarrollarse en suelos arenosos, neutros, con buen drenaje y con alto contenido de materia orgánica, para retener la humedad y facilitar el crecimiento. Este proceso se lo puede realizar de 2 maneras, por siembra directa o indirecta.

La directa en la cual la semilla se esparce a volteo a razón de 12 kg de semilla por Ha o, a su vez, se pueden sembrar en líneas a 50 cm, aquí generalmente se emplea 8 kg por hectárea.

La siembra indirecta se realiza utilizando una charola germinadora, la cual contiene un sustrato, para facilitar la germinación se coloca una o dos semillas por cada orificio, esta charola se puede colocar en un ambiente oscuro para estimular la germinación. El riego se lo realiza por aspersor o atomizador según sea el tipo de siembra.

Germinación. - La temperatura óptima de germinación está entre 20-25 °C, el tiempo para este proceso es entre 7 ó 10 días, lo primero que se observa son los cotiledones, los cuales alimentan la plántula en unos días, luego salen las hojas verdaderas, en este momento es necesario la incidencia de la luz solar de manera indirecta.

Trasplante. - Se realiza cuando se trata de una siembra indirecta y cuando las plantas tengan una longitud entre 7 y 10 cm o, de 3 a 4 hojas, cuando se realiza este proceso, se debe evitar no tocar mucho la raíz y el sustrato debe estar húmedo, esta planta se introduce en el orificio, se riega y se tapa. Se continua el proceso a una distancia de 5 o 10 cm entre planta y planta.

Riego. - El agua debe ser distribuida uniformemente, la humedad del suelo debe estar en un rango del 60 al 65 % para que se desarrolle el ciclo vegetativo, cada planta debe recibir aproximadamente 450 mL de solución al día, esto dependiendo del clima, tipo del sustrato, temporada, entre otros factores. La falta de agua ocasiona que la raíz se vuelva dura, o se agriete perdiendo su calidad comercial.

Poda de hojas. - Esta actividad da fuerza y vigor a las plantas, mejora la floración y el desarrollo, se elimina las hojas cloróticas, amarillentas, pardas y negras; se utiliza tijeras limpias y desinfectadas y, se corta en la zona cercana al tallo ligeramente inclinado hacia él.

Cosecha. - Se hace cuando el rábano ha alcanzado el tamaño adecuado (Figura 3) y, cuando la raíz empieza a ablandarse, para esto, se extrae con todo su follaje, este proceso se realiza 30 días después de la siembra. Se recolecta a mano, se lavan y se amarran formando manojos de 6 a 10 unidades. Si no se cosecha en el tiempo dado las raíces crecen más y se rajan, lo cual no beneficia a la hortaliza. (HydroEnvironment, 2021)

Figura 3

Cosecha del rábano



Nota: Esta fotografía muestra la cosecha del rábano

Una vez cosechado, el rábano se somete a un proceso de lavado y, se lo puede expender en los mercados o supermercados agrupados en manojos conservando sus hojas. Esta medida se realiza para evitar la pérdida de turgencia y extender el tiempo de vida útil de la hortaliza.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

La preparación y aplicación del bocashi, así como la siembra y cosecha del rábano se realizó en el cantón Guano, en la comunidad de Langos San Alfonso, ubicado en las siguientes coordenadas -1.616964, -78.652107, a 3200 msnm. Su suelo es del tipo franco arenoso, en cuanto a su uso algunos de sus habitantes se dedican a las actividades agropecuarias, produciéndose el monocultivo, minifundio, uso de agroquímicos, labranza total. En las parroquias del cantón Guano se ha identificado que un 45 % del suelo está afectado por algún proceso de degradación, la crianza de animales menores también es parte de las actividades. En relación con la agricultura, el 61.77 % corresponden al cultivo del maíz (GAD Municipal del Cantón Guano, 2014).

Los análisis físicos y químicos del bocashi, del suelo con y sin tratamiento y el análisis proximal de rábano, se realizaron en el laboratorio de Química y Biología de la Universidad Nacional de Chimborazo y en el laboratorio MAJES QUIM, de la ciudad de Riobamba

3.1 Tipo de investigación

Es mixta y experimental, es decir se trata de una investigación de campo y de laboratorio. De campo, debido a que la preparación del bocashi y la siembra del rábano se realizó en la comunidad de Langos San Alfonso, mientras que, a nivel experimental, los análisis físicos químicos del bocashi preparado con el estiércol de conejo, análisis del suelo tratado con bocashi, análisis del suelo tratado con el abono comercial y el análisis proximal del rábano cosechado se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional de Chimborazo. Los datos obtenidos se compararon con resultados de investigaciones publicadas.

3.2 Población o muestra:

Las muestras de suelo, antes y después de los tratamientos, se tomaron de las parcelas de 2 x 2 m, a una profundidad de 20 cm. La técnica de muestreo que se utilizó es por cuadrícula hasta recoger 1 kg.

El muestreo del bocashi se realizó al azar en el lugar en el que se elaboró, mientras que, el muestreo del rábano se lo realizó al azar in situ en cada una de las parcelas recolectando 1 kg.

Para el pesaje de las muestras se utilizó una balanza digital portátil, luego se colocó en una funda zipper debidamente rotuladas, posteriormente se las llevó al laboratorio y realizar los análisis.

3.3 Prueba de Hipótesis

Se aplicó la prueba T para muestras independientes, para evaluar el cambio de características antes y después de la aplicación del abono orgánico bocashi, que fue elaborado con el estiércol de conejo. Además, la evaluación de normalidad para la elección de diseños experimentales

La hipótesis a comprobar fue: ¿El bocashi elaborado con el estiércol de conejo mejora el suelo de cultivo en la producción del rábano?

3.4 Recolección de información:

Tratándose de una investigación experimental, la recolección de datos primarios inició con la preparación del bocashi utilizando el estiércol de conejo, el tiempo para la obtención del bocashi fue de 21 días, durante el proceso se controló la temperatura y el pH.

Luego se preparó el suelo de cultivo para los tratamientos, el primer grupo de parcelas está conformado por 3 parcelas de 2 x 2 m, en las cuales no se aplicó ningún

tratamiento, este grupo corresponde al grupo de Control o tratamiento 1. El segundo grupo de 3 parcelas de 2 x 2 m, recibió 1 kg del abono orgánico bocashi, para ello a medida que se formaban los surcos, se añadió el abono preparado con el estiércol de conejo. En el tercer grupo de 3 parcelas de 2x2 m, se añadió abono comercial, el cual fue incorporado a medida que se formaron los surcos.

Luego de 15 días de la aplicación del abono orgánico y del abono comercial se realizó el análisis físico químico del suelo con tratamiento y sin tratamiento, luego se realizó la siembra de la semilla certificada de rábano en las 9 parcelas. El riego, se realizó utilizando una bomba de aspersión en el horario de las 8:00 y las 16:00 todos los días.

Finalmente, una vez que se cosechó el rábano del suelo con tratamientos bocashi y abono comercial y sin tratamiento, se realizó el análisis proximal respectivo para posterior comparación.

EQUIPOS, MATERIALES Y METODOLOGÍA

Preparación del bocashi

En la Tabla 5, se describe los materiales, equipos e insumos utilizados para la preparación del bocashi en la comunidad Langos San Alfonso del Cantón Guano.

Tabla 5

Equipos, materiales e insumos utilizados para la preparación del bocashi

| Materiales | Equipos | Insumos |
|---------------------|----------------|---------------------|
| Palas | Balanza | Carbón vegetal |
| Tenedores metálicos | | Estiércol de conejo |
| Baldes Plásticos | | Cascarilla de arroz |
| Manguera | | Salvado de arroz |

| | |
|---|--|
| Termómetro BRIXCO -10+150°C - 1°C / ± 2°C aprox. | Melaza de caña |
| | Levadura |
| | Carbonato de Calcio CaCO ₃ |

Determinación de Humedad

La Tabla 6, describe los equipos y materiales utilizados para la determinación de humedad desarrollado en el laboratorio de Química y Biología de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Tabla 6

Equipos y materiales para la determinación de humedad.

| Equipos | Materiales |
|---|------------------|
| Balanza METTLER TOLEDO BPA121. ± 0.1 g | Espátula |
| Estufa ESCO Isotherm, mufla VULCAN A- 550°C. ±1 °C | Papel Absorbente |
| | Vidrio reloj |

Determinación de pH

Los materiales, equipos y reactivos utilizados para la determinación de pH, se describen en la tabla 7, esto fue desarrollado en el laboratorio de Química y Biología de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Tabla 7

Materiales, equipos y reactivos para la determinación de pH.

| Materiales | Equipos | Reactivos |
|------------|---------|-----------|
|------------|---------|-----------|

| | | |
|-------------------------------------|---|----------------------|
| Vaso de precipitación de 100 mL ±10 | Potenciómetro Orion Modelo 230 A calibrado a pH 4 y 7. ± 0.002. ± 2000.0 mV. ±0.2 mV ó ±0.05 % de lectura | Solución Tampón pH 7 |
| Varillas de vidrio | | Solución Tampón pH 4 |

Determinación de conductividad Eléctrica

En la Tabla 8, se describe los materiales, equipos y reactivos utilizados para la determinación de conductividad eléctrica, estas mediciones, también se desarrollaron en el laboratorio de Química y Biología de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Tabla 8

Materiales, equipos y reactivos para la determinación de conductividad eléctrica.

| Materiales | Equipos | Reactivos |
|-------------------|--|------------------------|
| Filtro a Presión | Conductímetro BOECO CT- 676. 0,0 to 475µS/cm. ±1% of reading | Agua destilada +2µS/cm |
| Papel filtro | | |
| Varilla de vidrio | | |

Determinación Materia Orgánica

Los materiales, equipos y reactivos utilizados para la determinación de materia orgánica, son los presentados en la tabla 9, estos parámetros se valoraron en el laboratorio de Química y Biología de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Tabla 9*Materiales, equipos y reactivos para la determinación de Materia orgánica.*

| Materiales | Equipos | Reactivos |
|---|--|---|
| Pipetas | Balanza analítica ME 204. ±0,1 mg | Ácido fosfórico al 85% H ₃ PO ₄ |
| Erlenmeyer de 500 mL ±5mL | Estufa ESCO Isotherm, mufla VULCAN A-550°C. ±1 °C | Ácido sulfúrico al 95% H ₂ SO ₄ |
| Pípetta volumétrica de 10 mL. ±0.02 mL | | Dicromato de potasio K ₂ Cr ₂ O ₇ |
| Bureta de 25 mL. ±0,1 mL | | Difenil amino sulfunoato de bario o O-fenantrolina C ₁₂ H ₈ N ₂ Sulfato ferroso Fe ₂ SO ₄ |

ANÁLISIS PROXIMAL DEL RÁBANO

Los materiales y equipos para la determinación de Proteína Cruda, Lípidos crudos, fibra cruda y cenizas; se presentan en las tablas 10, 11, 12 y 13, respectivamente. Estos análisis se realizaron el laboratorio de Química y Biología de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Proteína Cruda**Tabla 10***Reactivos y materiales para la determinación de proteína.*

| Reactivos | Materiales |
|-----------------------|--------------------------------|
| Óxido de mercurio HgO | Digestor y destilador Kjeldhal |

| | |
|--|--------------------------------|
| Sulfato de potasio 98% K_2SO_4 | Matraz Kjeldahl 300 mL |
| Parafina | Erlemneyer 250 mL \pm 2.5 mL |
| Hidróxido de sodio 40% Na(OH) | Perlas de ebullición |
| Sulfato de sodio 40% Na_2SO_4 | |
| Solución indicadora de ácido bórico H_3BO_3 | |
| Rojo de metilo al 0.1 % $C_{15}H_{15}N_3O_2$ | |
| Verde bromocresol $C_{21}H_{14}Br_4O_5S$ | |
| Ácido bórico H_3BO_3 | |
| Ácido clorhídrico 0.1 N. HCl | |

Lípidos crudos

Tabla 11

Materiales, equipos y reactivos para la determinación de lípidos.

| Materiales | Equipos | Reactivos |
|-----------------------|---|------------------|
| Desecador | Estufa ESCO Isotherm, mufla VULCAN A-550°C. \pm 1 °C | Éter de petróleo |
| Dedales de extracción | | |
| Aparato de Soxhlet | | |

Fibra cruda

Tabla 12

Materiales y equipos para la determinación de fibra cruda

| Materiales | Equipos |
|--|---|
| Matraz fondo plano, cuello esmerilado | Estufa ESCO Isotherm, mufla VULCAN A-550°C. \pm 1 °C |
| Matraz Kitasato 1000 mL. | |

| |
|----------------------|
| Embudo Buchner |
| Crisol de filtración |
| Papel Filtro |
| Desecador |

Determinación de cenizas

Tabla 13

Materiales y equipos para la determinación de cenizas.

| Materiales | Equipos |
|-------------------|--|
| Crisol | Estufa ESCO Isotherm, mufla VULCAN A-550°C. ±1 °C |
| | Desecador |

La determinación de nitrógeno total siguió el método PEE/F/14; fósforo con el método PEE/F/04, potasio con el método PEE/F/19 se realizaron en el Laboratorio MAJES QUIM.

METODOLOGÍAS PARA LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL BOCASHI, SUELO CON Y SIN TRATAMIENTO Y ANÁLISIS PROXIMAL DEL RÁBANO

Determinación de Humedad:

Se pesó 10 g de la muestra previamente molida de bocashi o suelo. Se colocó la muestra en un horno a 105 °C por 24 h, se enfrió en el desecador, luego se pesó la muestra (Olvera et al., 1993). Se realizó el cálculo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Contenido de humedad} = \frac{(B-A)-(C-A)}{(B-A)} * 100 \quad [1]$$

Donde:

A = Peso de la charolilla seca y limpia (g)

B = Peso de la charolilla (g)+ muestra húmeda (g)

C = Peso de la charolilla (g) + muestra seca (g)

Determinación de Cenizas:

Primero se taró los crisoles en la mufla a 550 °C por 60 min, luego de este tiempo se sacaron de la mufla y enfriaron en el desecador a temperatura ambiente, una vez frío se pesó el crisol vacío y se tomó dicho valor. Luego se pesó 1 g de la muestra de rábano, se colocó en la mufla a 250°C por 60 min y luego se incrementó la temperatura a 550 °C por 60 min. Luego de este tiempo se dejó enfriar las muestras, se sacaron al desecador y enfriaron a temperatura ambiente, se pesó (Olvera et al., 1993) y aplicó la siguiente ecuación para el cálculo

$$\% C = \frac{P3-P1}{P2-P1} * 100 \quad [2]$$

Donde:

P1: masa del crisol vacío y tarado (g)

P2: masa del crisol (g) + 1 g de muestra

P3: masa del crisol + la muestra una vez que termina el proceso (g)

Determinación de pH:

Se calibró el potenciómetro utilizando una solución de pH 7 hasta que la medición se mantuvo estable (valor de 7.0), se enjuagó el electrodo con agua destilada y luego se introdujo el electrodo en una solución de pH 4. Luego se tomó 5 g de la muestra de suelo o de bocashi y, se agrega 50 mL de agua destilada, se agitó durante una hora, se filtró y se realizó la lectura utilizando el potenciómetro, se tomó este valor (Muñoz Araque, 1984).

Determinación de conductividad Eléctrica:

Se calibró el conductímetro usando una disolución patrón KCl 0.01 M, con una conductividad de 1413 S/cm. Luego se recogió 100 g de la muestra de suelo o de bocashi sobre un vaso precipitado al cual se le agregó 100 mL de agua destilada, se agitó con la varilla por 10 minutos. Esta mezcla se filtró y se determinó la Conductividad Eléctrica utilizando un conductímetro (Muñoz Araque, 1984).

Determinación Materia Orgánica:

Se utilizó un crisol de 15 mL y colocó en la mufla por 2 h a 105°C, seco el crisol de la mufla, enfrió en el desecador por 30 min, pesar. En el crisol se colocó 3 g de muestra pesó y anotó, se colocó en la mufla por 430 °C por 24 h, sacar los crisoles, colocarlos en el desecador por 30 min, pesar y anotar (Muñoz Araque, 1984). Aplicar la siguiente ecuación para el cálculo:

$$MO = \frac{M1-M2}{M1-M0} * 100 \quad [3]$$

Donde:

M0: masa del crisol vacío y tarado (g)

M1: masa del crisol + la muestra seca (g)

M2: masa del crisol + la muestra calcinada (g)

Determinación de Proteína Cruda:

Pesó 1g de muestra, colocó en el matraz Kjeldahl; agregó 10g de sulfato de potasio, 0.7g de óxido de mercurio y 20 ml de ácido sulfúrico concentrado. Colocó el matraz en el digestor en un ángulo inclinado, calentó a ebullición hasta que la solución se vuelva clara, continúe calentando por media hora más. Si se produce mucha espuma, es recomendable adicionar un poco de parafina. Dejar enfriar; durante esto se adicionó poco a poco alrededor de 90 mL de agua destilada y desionizada. Cuando la muestra estuvo fría se agregaron 25 mL de solución de sulfato de sodio y se mezcló. Agregar una perla de ebullición y 80 ml de la solución de hidróxido de sodio al 40% manteniendo inclinado el matraz. Se formarán dos capas. Conecte rápidamente el matraz a la unidad de destilación, caliente y colecte 50 ml del destilado conteniendo el amonio en 50 ml de solución indicadora. Al terminar de destilar, remueva el matraz receptor, enjuague la punta del condensador y titule con la solución estándar de ácido clorhídrico (Olvera et al., 1993). Aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{Nitrógeno en la muestra (\%)} = \frac{(A*B)}{C} * 0.014 \quad [4]$$

Donde:

A = Ácido clorhídrico usado en la titulación (ml)

B = Normalidad del ácido estándar 0.1 N

C = Peso de la muestra (g)

Proteína cruda (%) = Nitrógeno en la muestra * 6.25

Determinación de Lípidos crudos:

Sacar del horno los matraces de extracción sin tocarlos con los dedos, enfríelos en un desecador y pesarlos. Pesar de 3 a 5 g de la muestra seca, colocar en la unidad de extracción. Conectar al extractor el matraz con éter de petróleo a 2/3 del volumen total. Llevar a ebullición y ajustar el calentamiento hasta obtener 10 reflujos por hora. La duración de la extracción dependerá de la cantidad de lípidos en la muestra; para materiales muy grasosos será de 6 horas.

Para finalizar evaporar el éter por destilación o con rotovapor. Colocar el matraz en el horno durante hora y media para eliminar el éter. Enfriar los matraces en el desecador y pesar. La muestra desengrasada puede usarse para la determinación de fibra cruda (Olvera et al., 1993). Aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{Lípidos crudos (\%)} = 100 \frac{(B-A)}{C} \quad [5]$$

Donde:

A = Peso del matraz limpio y seco (g)

B = Peso del matraz con grasa (g)

C = Peso de la muestra (g)

Determinación de Fibra cruda:

Pesó 3 g de la muestra desengrasada y seca. Colocó en el matraz y adicione 200mL de la solución de ácido sulfúrico en ebullición. Colocó el condensador y llevó a ebullición en un minuto. Dejarlo hervir por 30 min, mantener constante el volumen con agua destilada y mover periódicamente el matraz para remover las partículas adheridas a las paredes. Instalar el embudo Buchner con el papel filtro y precaliéntelo con agua hirviendo. Simultáneamente y al término del tiempo de ebullición, retire el matraz, déjelo reposar por un minuto y filtre cuidadosamente usando succión; la filtración se realizó en menos de 10 min. Transferir el residuo al matraz con ayuda de una piceta conteniendo 200mL de solución de NaOH en ebullición y deje hervir por 30 min. Precalienta el crisol de filtración con agua hirviendo y filtrar cuidadosamente después de dejar reposar el hidrolizado por 1 min. Lavar el residuo con agua hirviendo, con la solución de HCl y nuevamente con agua hirviendo, para terminar con tres lavados con éter de petróleo. Coloque el crisol en el horno a 105°C por 12 horas y enfríe en desecador. Pesar rápidamente los crisoles con el residuo sin manipularlos y colóquelos

en la mufla a 550°C por 3 horas, déjelos enfriar en un desecador y péselos nuevamente (Olvera et al., 1993). Aplique la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de fibra cruda (\%)} = 100 \frac{(A-B)}{C} \quad [6]$$

Donde:

A = Peso del crisol con el residuo seco (g)

B = Peso del crisol con la ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

Determinación de cenizas:

En un crisol de porcelana que previamente se calcinó y se llevó a peso constante, colocó de 2.5 a 5 g de muestra seca. Colocó el crisol en una mufla y calcínelo a 550°C por 12 horas, deje enfriar y páselo a un desecador. Pesar nuevamente el crisol conteniendo la ceniza (Olvera et al., 1993). Aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de ceniza (\%)} = 100 \frac{(A-B)}{C} \quad [7]$$

Variables respuesta o resultados alcanzados

La variable de respuesta es la composición proximal del rábano cultivado en el suelo mejorado con el bocashi que se elaboró usando el estiércol de conejo.

Se intentó comprobar si el tratamiento con bocashi elaborado con el estiércol de conejo mejora la calidad del suelo, para esto se realizó el análisis proximal del rábano cosechado, los valores obtenidos se compararon con las del rábano que se ha cosechado del suelo sin el tratamiento y del suelo con abono comercial.

Se realizaron los análisis físicos químicos del suelo con los tratamientos y, se los comparó con los resultados del análisis físico químico del suelo sin tratamiento.

Preparación del Bocashi: Para 1 m² de terreno se preparó 4536 g de bocashi, para lo cual se utilizaron 1512 g de suelo “negro” de bosque, 1814,4 g de cascarilla de arroz, 453,6 g de afrecho de trigo, 18 mL de melaza, 453,6 g de estiércol de conejo, 453,6 g de carbón vegetal, 21 g de ceniza, 0,45 g de levadura, 500 mL de agua lluvia y 1360,8 g de rastrojos frescos finamente picados. Los datos se calcularon considerando el Programa especial para la seguridad alimentaria de El Salvador (FAO, 2011).

Previo a la preparación del bocashi se realizó la dilución de la melaza y la levadura, utilizando 100 mL de agua lluvia, esta mezcla se dejó reposar toda la noche.

Los componentes se extendieron en capa en el siguiente orden: cascarilla de arroz, estiércol de conejo, tierra, ceniza, afrecho de trigo, carbón vegetal, en este punto se humedeció con la mezcla de agua, melaza y levadura preparado previamente.

Se mezcló constantemente todos los componentes procurando que la altura no exceda los 70 cm de altura. Al culminar, se realizó la prueba del puño la cual sirve para verificar la humedad del bocashi preparado, esta prueba consiste en comprimir con nuestro puño un poco del abono verificando que no existe un goteo y después se mantenga una sola masa de la mezcla fresca y moldeable (SADER, 2022).

Dentro de los primeros 7 días se realizó los volteos dos veces al día, en la mañana y en la tarde, adicional a ello se controló la temperatura y el pH. Luego a partir 6to día el volteo se lo realizó una vez al día, todo el proceso duró 21 días. Para la medición de la temperatura se introduce introdujo el termómetro en el interior de la mezcla por 3 minutos, y se realizó la lectura.

Preparación del suelo: En el suelo destinado a la siembra se realizó en primer lugar una limpieza, utilizando un rastrillo para descartar las piedras, ramas secas, y mala

hierba. Luego con la ayuda de un azadón se realizó una remoción de la tierra de cada una de las parcelas a la vez que se fueron formando surcos dentro de los primeros 20 cm de profundidad y 15 días antes de sembrar el rábano.

Para el tratamiento 1 o control, solo se formaron los surcos sin adicionar ningún tipo de abono o aditivo. Para el tratamiento 2 (suelo con abono orgánico bocashi), al formar los surcos se fue incorporando el bocashi recordando que por cada m^2 se debe añadir 1 kg del abono y; para el tratamiento 3 (suelo abonado con comercial), al formar los surcos también se adicionó 1 kg por m^2 , este proceso en cada tratamiento se realizó por 15 días antes de la siembra.

Siembra y cosecha del rábano: Se utilizó la siembra directa, en los surcos sin tratamientos y con los tratamientos (bocashi y comercial) se realizó orificio con la ayuda de un palo y se colocó 2 semillas cada 20 cm, se tapó con tierra y se regó con agua, manteniendo los surcos húmedos, a los 15 días se procedió a deshierbar alrededor de las plantitas. A los 30 días, se cosechó el rábano manteniendo el follaje y agrupándolos en manojos de 10 unidades.

3.5 Procesamiento de la información y análisis estadístico:

Se aplicó un Diseño Experimental completo al azar con 3 tratamientos: Tratamiento 1 ó Control (sin tratamiento), Tratamiento 2 (suelo más bocashi con estiércol de conejo) y, Tratamiento 3 (suelo más Abono comercial) con 3 repeticiones por tratamiento.

Se realizó una evaluación de la normalidad para la elección de diseños experimentales y para evaluar el cambio del antes respecto al después según (Mendivil et al., 2020). Se aplicó la prueba T, (Prisa, 2020) se compararon los valores medios con la prueba Tukey, tanto para las muestras independientes se evalúa la variación de características antes y después del tratamiento con el abono bocashi y el abono comercial,

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se detallan los resultados obtenidos en esta investigación con su respectiva discusión y análisis estadístico

4.1 Preparación y parámetros de control del bocashi

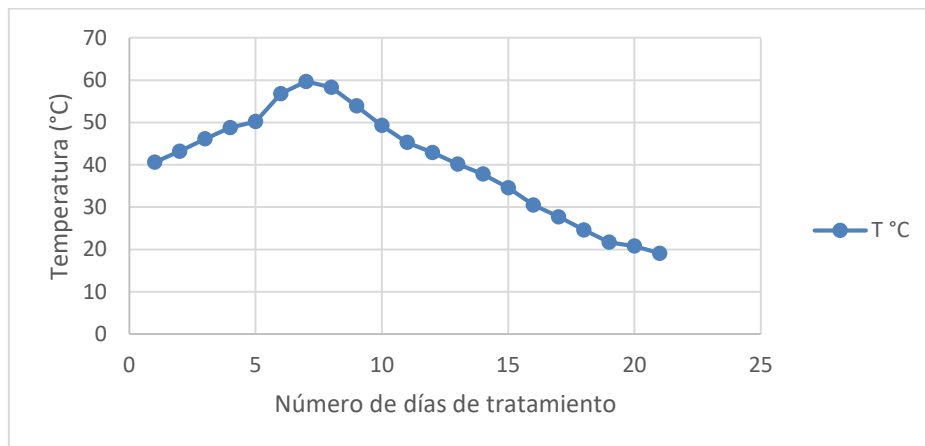
El bocashi se preparó considerando el Manual Práctico para la Elaboración de Bioinsumos (SADER, 2022), volteando 2 veces al día en la primera semana y luego una sola vez al día según (Peralta et al., 2019), el tiempo estimado para la preparación fue de 21 días (Barrionuevo et al., 2020), durante el proceso se controló la temperatura, pH y conductividad eléctrica (Morales et al., 2022) lo cual se muestra en las figuras 1, 2 y 3

Variación de la Temperatura

En la Figura 4, se observa las variaciones de la temperatura en el proceso de fermentación del bocashi durante los 21 días.

Figura 4

Variación de temperatura en el proceso de fermentación del bocashi



Como se observa en los primeros días hay un ascenso en la temperatura, esto se debe al incremento de la actividad microbiana del estiércol y de los componentes utilizados.

En esta etapa se acelera la descomposición de la materia orgánica en el proceso aerobio (Arizaga Gamboa & Balladares Montero, 2021), se considera una etapa mesofílica representada por los microorganismos mesófilos que inician la degradación de los hidratos de carbono de la materia orgánica. Por tratarse en este punto de un proceso exotérmico se favorece el crecimiento de los microorganismos termófilos, en la cual, se puede observar que existe una zona en la que la variación de la temperatura es menor, esta etapa corresponde a la etapa termofílica registrándose como temperatura máxima de 59.7 °C.

A partir del décimo día es evidente el descenso de temperatura logrando llegar a una temperatura ambiente entre 19 y 23°C, más menos a partir de los 17 días.

Cada vez que se realiza el volteo, se verifica la temperatura, la misma que alcanza la primera semana hasta 50 °C, con el transcurso de los días, la temperatura del bocashi irá disminuyendo hasta alcanzar una temperatura ambiente entre 19 y 23°C. No se agrega agua durante todo el proceso de fermentación.(SADER, 2022)

Finalmente, a los 21 días, la temperatura desciende hasta los 19.1 °C, esta etapa corresponde a la etapa de enfriamiento y maduración, esto indica que hay una disminución en la cantidad de materia orgánica fermentable lo que provoca que la población de termófilos disminuya mientras la población de mesófilos se incrementa para consumir el resto de carbohidratos. Por último en la etapa de maduración y enfriamiento se descomponen los compuestos menos degradables los cuales forman precursores húmicos que caracterizan a un bocashi de buena calidad (Romero et al., 2022).

La variación de la temperatura demuestra que el proceso de fermentación es el adecuado debido a que dentro de los primeros 5 días se debe realizar los volteos dos veces al día, en la mañana y en la tarde, adicional a ello se controla la temperatura y el pH, luego a partir 6to día el volteo se lo realiza una vez al día, los volteos son necesario

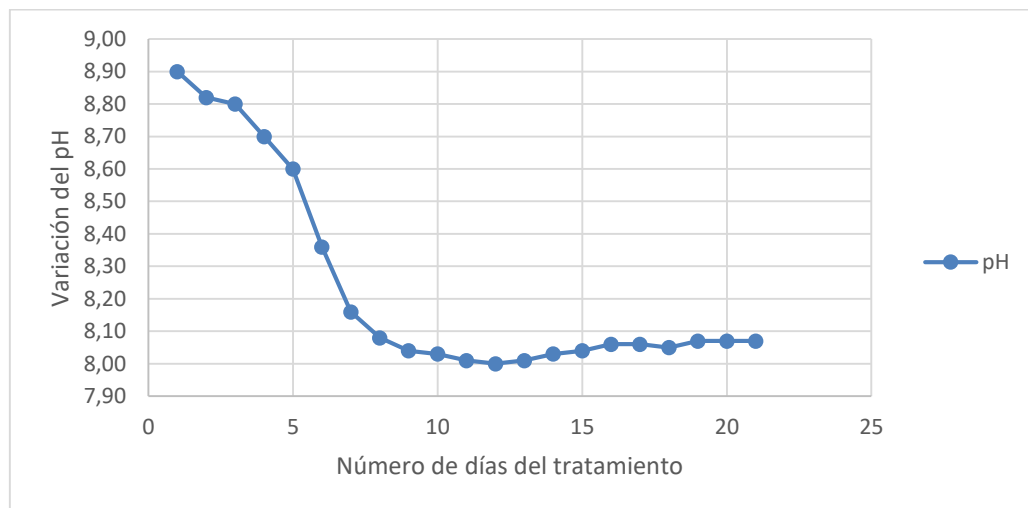
porque ayudan a controlar la temperatura de fermentación que no sobrepase los 60 °C, todo el proceso dura 21 días (Martínez Monter et al., 2022)

Variación del pH

Observase analizó la variación del pH durante el proceso de fermentación, los valores obtenidos se muestran en la figura 5. Al inicio de la preparación del bocashi el pH es básico y luego va disminuyendo, esto coincide con lo determinado por Sarmiento et al., (2019). Este comportamiento se observó en el abono preparado el cual inicia con un pH de 8.90 en el día cero y paulatinamente decrece hasta alcanzar un pH de 8.07 en el día 21. Este comportamiento se debe a la presencia de ceniza y a la acción del microbiota sobre el abono orgánico, que genera compuestos orgánicos entre ellos ácidos. Además, la variación del pH demuestra el cambio en las condiciones de los organismos mesófilos a termófilos produciendo estas condiciones alcalinas (Morales et al., 2022), el pH final presentado se encuentra dentro del rango de 7.8 a 8.8 (Mendivil et al., 2020), por tanto, se considera un bocashi completamente desarrollado cuando el pH oscila entre 8 a 9 (Sundberg et al., 2004).

Figura 5

Variación del pH en el proceso de fermentación del bocashi durante los 21 días.

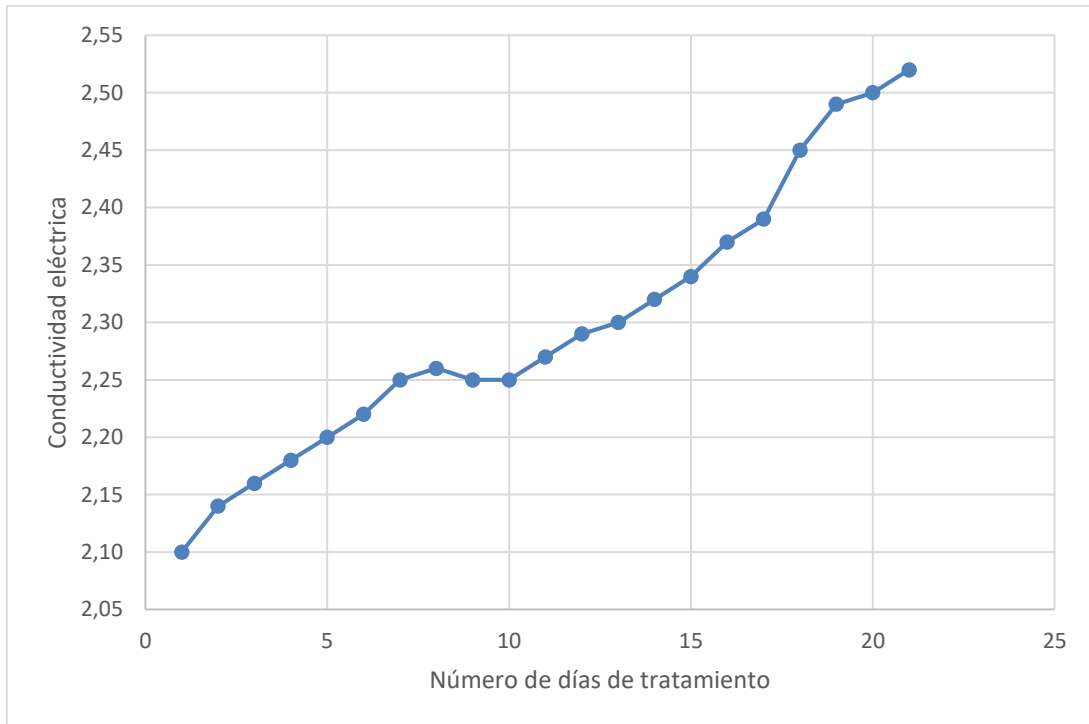


Variación de la conductividad eléctrica

En la Figura 6, se observa los datos obtenidos sobre conductividad eléctrica durante el proceso de fermentación. Al inicio de la preparación del bocashi el valor de la conductividad eléctrica es de 2.1 dS/m, el cual, va ascendiendo hasta alcanzar un valor de 2.52 dS/m en el día 21. Este aumento se debe a la mineralización de la materia orgánica, lo cual se relaciona al incremento en la concentración de nutrientes (Gordillo & Chávez, 2010). Este valor cambia según los materiales utilizados. Un bocashi con una conductividad alta mejora el crecimiento vegetativo y rendimiento de las plantas, esto en mejor grado que un fertilizante inorgánico (Gondek et al., 2020).

Figura 6

Variación de la conductividad eléctrica en el proceso de fermentación del bocashi



4.2. Análisis Físico Químico del Bocashi

Las muestras para los análisis físicos químicos del bocashi se recolectaron en el día cero y en el día 21, al concluir la preparación se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 14.

Tabla 14

Resultados del Análisis Físico Químico del Bocashi

| RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL BOCASHI | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| ANÁLISIS | UNIDADES | INICIO | FIN (Día 21) | | | |
| | | DÍA 0 | RÉPLICAS | | | Promedio |
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| COLOR | - | Café claro | Café oscuro | Café oscuro | Café oscuro | - |
| OLOR | - | Amoniaca | Tierra húmeda | Tierra húmeda | Tierra húmeda | - |
| pH | Unidad | 8,90 | 8,01 | 8,07 | 8,05 | 8,04 ± 0,03 |
| Humedad | % | 70,60 | 45,50 | 45,58 | 45,60 | 45,56 ± 0,05 |
| Conductividad eléctrica | dS/m | 2,10 | 2,52 | 2,40 | 2,20 | 2,37 ± 0,16 |
| Materia orgánica | % | 60,11 | 30,60 | 30,50 | 30,48 | 30,53 ± 0,06 |
| Nitrógeno total | % | 0,69 | 1,48 | 1,46 | 1,46 | 1,47 ± 0,01 |
| Carbono/ Nitrógeno | Unidad | 32,97 | 13,15 | 13,20 | 13,22 | 13,19 ± 0,04 |
| Fósforo | % | 0,39 | 0,69 | 0,70 | 0,72 | 0,70 ± 0,02 |
| Potasio | % | 0,39 | 0,90 | 0,98 | 1,00 | 0,96 ± 0,05 |

La composición del bocashi en el día cero difiere del obtenido en el día 21. En cuanto al color y el olor, debe ser negro a café oscuro y el olor a tierra húmeda (Soto &

Meléndez, 2014), lo cual se cumple para el bocashi elaborado. En el caso de la humedad este parámetro descende conforme avanzan los días, esto se debe a que, este parámetro está relacionado con la actividad microbiana y el grado de descomposición de la materia orgánica, adicional a ello constituye un medio por el cual se transportan sustancias solubles, indispensables para los microorganismos permitiendo la sobrevivencia de los mismos. Los rangos óptimos de humedad en la preparación del bocashi oscilan entre 45% y 70 % (Garces, 2014), por tanto la humedad en nuestro abono se ubica dentro de los rangos establecidos.

Al analizar 1 kg del bocashi preparado se reporta: 30,53 % de materia orgánica, 1,47 % de Nitrógeno total, 0,70 % de fósforo, 0,96 % de potasio y 13,19 de C/N. En 1 kg de buen abono se debe tener 20-24 % de materia orgánica, 1,2 – 1,8 % de N, 0,3 -0,5 % de fósforo y 1,0-2,0 % de potasio (Castro et al., 2009). En relación con el nitrógeno total, fósforo y potasio nuestro abono orgánico se encuentra dentro de los parámetros. La relación C/N se encuentra en 10-14 (Gamarra et al., 2018), lo cual indica una adecuada ruptura de tejidos y mineralización, para el caso de la materia orgánica se verifica un descenso paulatino conforme avanza la preparación, esto se puede asociar a que existe un buen proceso de descomposición de la materia orgánica, por tanto el abono preparado se puede considerar de buena calidad.

Confirmación de hipótesis para el análisis físico químico del bocashi

En la Tabla 15, se presenta los resultados de la composición química y física del bocashi elaborado con el estiércol de conejo, al inicio es decir en el día cero y al final de la preparación del bocashi en el día 21.

Tabla 15

Análisis físico químico del bocashi al día cero y día 21

| ANÁLISIS DEL BOCASHI | Día cero | Día 21 |
|--------------------------------|-----------------|---------------|
| pH | 8,90 | 8,04 ±0.03 |
| Humedad | 70,60 | 45,56 ±0.05 |
| Conductividad eléctrica | 2,10 | 2,37 ±0.16 |
| Materia orgánica | 60,11 | 30,53 ±0.06 |
| Nitrógeno total | 0,69 | 1,47 ±0.01 |
| Carbono/Nitrógeno | 32,97 | 13,19 ±0.04 |
| Fósforo | 0,39 | 0,70 ±0.02 |
| Potasio | 0,39 | 0,96 ±0.05 |

Hipótesis

Ho: El promedio de las características físico químicas del bocashi al inicio de la preparación \geq a las características físico químicas del bocashi al finalizar la preparación.

Hi: El promedio de las características físico químicas del bocashi al inicio de la preparación $<$ a las características físico químicas del bocashi al finalizar la preparación.

Nivel de Significancia $\alpha = 0.05$

Estadístico de Prueba: Se realiza la Prueba de muestras independientes aplicando la prueba T, para la igualdad de medias, los datos se detallan en la Tabla 16.

Tabla 16*Prueba de muestras independientes*

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|------------|-------------------------------------|--|-------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|----------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Mediciones | Se han asumido varianzas iguales | 4,343 | 0,056 | 0,775 | 14 | 0,451 | 9,166 | 11,820 | -16,186 | 34,519 |
| | No se han asumido varianzas iguales | - | - | 0,775 | 11,15 | 0,454 | 9,166 | 11,820 | -16,808 | 35,140 |

Región de Rechazo: Si el $valor\ p \leq \alpha$ se rechaza la hipótesis nula, en el presente caso el valor de probabilidad fue de 0,45 que supera la significancia por lo que no se rechaza la hipótesis nula.

Decisión: El promedio de las características físico químicas del bocashi antes de la preparación, son mayores a las características físico químicas del bocashi al finalizar la preparación, es decir, a los 21 días. Sin embargo, hay que destacar que la superioridad de los resultados se muestra por la presencia elevada de conductividad eléctrica, nitrógeno total, fósforo y potasio.

4.3 Análisis del suelo sin tratamiento y después del tratamiento con el bocashi y el abono comercial.

Se realizaron los análisis físicos químicos del suelo antes del tratamiento y con los tratamientos bocashi y abono comercial, obteniendo los siguientes resultados mostrados en la Tabla 17.

Tabla 17*Análisis físico químico del suelo.*

| ANÁLISIS | CONTROL T1 | | | | CON BOCASHI T2 | | | | CON COMERCIAL T3 | | | |
|---------------------------------------|------------|-------|-------|----------------|----------------|-------|-------|----------------|------------------|-------|-------|----------------|
| | RÉPLICAS | | | X | RÉPLICAS | | | X | RÉPLICAS | | | X |
| | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | |
| pH | 6,38 | 6,45 | 6,35 | 6,39 ±0,05 | 8,00 | 8,10 | 8,10 | 8,07 ±0,06 | 7,92 | 7,88 | 7,90 | 7,90 ±0,02 |
| Humedad (%) | 14,00 | 13,90 | 14,20 | 14,03 ±0,15 | 14,00 | 14,20 | 14,40 | 14,20 ±0,20 | 13,90 | 13,98 | 14,00 | 13,96 ±0,05 |
| Conductividad eléctrica (dS/m) | 7,05 | 6,98 | 7,01 | 7,01 ±0,04 | 6,92 | 6,90 | 6,98 | 6,93 ±0,04 | 6,74 | 6,69 | 6,72 | 6,72 ±0,03 |
| Materia orgánica (%) | 2,95 | 2,98 | 3,01 | 2,98 ±0,03 | 18,24 | 18,00 | 18,30 | 18,18 ±0,16 | 18,02 | 18,00 | 17,99 | 18,00 ±0,02 |
| Nitrógeno total (%) | 0,20 | 0,22 | 0,19 | 0,20 ±0,02 | 1,30 | 1,35 | 1,32 | 1,32 ±0,03 | 1,49 | 1,50 | 1,50 | 1,50 ±0,01 |
| Carbono/ Nitrógeno | 12,50 | 12,70 | 12,20 | 12,47 ±0,25 | 16,18 | 16,20 | 16,12 | 16,17 ±0,04 | 10,05 | 10,00 | 10,03 | 10,03 ±0,03 |
| Fósforo (mg/kg) | 7,10 | 7,18 | 7,00 | 7,09 ±0,09 | 25,95 | 25,99 | 26,00 | 25,98 ±0,03 | 20,00 | 20,01 | 20,00 | 20,00 ±0,01 |
| Potasio (%) | 0,49 | 0,43 | 0,46 | 0,46 ±0,03 | 17,21 | 17,31 | 17,28 | 17,27 ±0,05 | 12,63 | 12,70 | 12,75 | 12,69 ±0,06 |

Se muestran los resultados de los análisis del suelo T1, T2 y T3. El suelo enriquecido con el bocashi T2 muestra mayor cantidad de pH, humedad, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono/nitrógeno, fósforo y potasio, esto en comparación a los resultados obtenidos en el suelo sin tratamiento y el suelo tratado con abono comercial. El bocashi es el que permite mejorar dichos componentes que son indicadores de fertilidad, según (Coraspe & González, 2020). Los abonos orgánicos, por tanto, aportan varios nutrientes al suelo. Se puede decir que, nuestro bocashi mejoraría la alcalinidad del suelo, dato que es consistente con el estudio de Mota et al., (2019). Con respecto al nitrógeno total se observa una disminución, según Cotrina et al., (2020) esto se debe a la dinámica del N en el suelo la cual está sujeta a condiciones edafoclimáticas como temperatura, humedad, contenido de amonio y nitratos en el suelo. Por tanto, el uso de bocashi como abono incorpora al suelo materia orgánica y nutrientes como fósforo,

potasio, mejorando las condiciones físicas y químicas y por ende garantiza el desarrollo microbiano del suelo y nutrición de las plantas (Cotrina et al., 2020)

Confirmación de hipótesis para el análisis del suelo con los tratamientos

Evaluación de Normalidad: Para la evaluación de normalidad se utilizó el contraste de Shapiro Wilk con una significancia del 5% (Tabla 18).

Tabla 18

Pruebas de normalidad

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|------------------|---------------------------------|----|--------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| pH | 0,370 | 9 | 0,001 | 0,706 | 9 | 0,052 |
| Humedad | 0,317 | 9 | 0,010 | 0,849 | 9 | 0,073 |
| Conductividad | 0,202 | 9 | 0,200* | 0,878 | 9 | 0,149 |
| Materia orgánica | 0,410 | 9 | 0,000 | 0,630 | 9 | 0,020 |
| Nitrógeno | 0,351 | 9 | 0,002 | 0,710 | 9 | 0,032 |
| Carbono | 0,219 | 9 | 0,200* | 0,827 | 9 | 0,041 |
| Fósforo | 0,275 | 9 | 0,048 | 0,791 | 9 | 0,016 |
| Potasio | 0,296 | 9 | 0,022 | 0,773 | 9 | 0,010 |

Los valores de probabilidad evidenciaron que las características físico y químicos se ajustaron a la distribución normal por lo que, para la elección del mejor tratamiento se utiliza un diseño completamente al azar para cada característica.

Hipótesis

$$H_0: \mu_C = \mu_B = \mu_M$$

Hi: Al menos un promedio de las características físicos y químicos del suelo μ_i es diferente

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: Se realiza el análisis de varianza para cada tratamiento aplicado en el suelo detallado en la Tabla 19

Tabla 19

Análisis de varianzas de las características físico químicas del suelo en los tratamientos.

| Características fisicoquímicas | Sig. | Decisión |
|---------------------------------------|-------------|-----------------|
| pH | 0,000 | Rechazar Ho |
| Humedad | 0,009 | Rechazar Ho |
| Conductividad | 0,000 | Rechazar Ho |
| Materia orgánica | 0,000 | Rechazar Ho |
| Nitrógeno | 0,000 | Rechazar Ho |
| Carbono | 0,000 | Rechazar Ho |
| Fósforo | 0,000 | Rechazar Ho |
| Potasio | 0,000 | Rechazar Ho |

Decisión: El análisis de varianza aplicada en los diseños experimentales para las características fisicoquímicas evidenció que al menos un tratamiento genera un efecto diferente en cada propiedad.

Elección del Tratamiento: Se realizaron comparaciones múltiples entre los tratamientos utilizando Honestly significant difference HSD de Tukey, (Tabla 20).

Tabla 20*Comparaciones múltiples de los tratamientos aplicados en el suelo*

| Variable dependiente | (I) Tratamientos | (J) Tratamientos | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|------------------|------------------|----------------------------|--------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| pH | 1,00 | 2,00 | -1,67333* | ,03761 | ,000 | -1,7887 | -1,5579 |
| | | 3,00 | -1,50667* | ,03761 | ,000 | -1,6221 | -1,3913 |
| | 2,00 | 1,00 | 1,67333* | ,03761 | ,000 | 1,5579 | 1,7887 |
| | | 3,00 | ,16667* | ,03761 | ,010 | ,0513 | ,2821 |
| | 3,00 | 1,00 | 1,50667* | ,03761 | ,000 | 1,3913 | 1,6221 |
| | | 2,00 | -,16667* | ,03761 | ,010 | -,2821 | -,0513 |
| Humedad | 1,00 | 2,00 | -,16667 | ,12123 | ,410 | -,5386 | ,2053 |
| | | 3,00 | ,07333 | ,12123 | ,823 | -,2986 | ,4453 |
| | 2,00 | 1,00 | ,16667 | ,12123 | ,410 | -,2053 | ,5386 |
| | | 3,00 | ,24000 | ,12123 | ,198 | -,1320 | ,6120 |
| | 3,00 | 1,00 | -,07333 | ,12123 | ,823 | -,4453 | ,2986 |
| | | 2,00 | -,24000 | ,12123 | ,198 | -,6120 | ,1320 |
| Conductividad | 1,00 | 2,00 | ,08000 | ,02828 | ,067 | -,0068 | ,1668 |
| | | 3,00 | ,29667* | ,02828 | ,000 | ,2099 | ,3835 |
| | 2,00 | 1,00 | -,08000 | ,02828 | ,067 | -,1668 | ,0068 |
| | | 3,00 | ,21667* | ,02828 | ,001 | ,1299 | ,3035 |
| | 3,00 | 1,00 | -,29667* | ,02828 | ,000 | -,3835 | -,2099 |
| | | 2,00 | -,21667* | ,02828 | ,001 | -,3035 | -,1299 |
| Materia orgánica | 1,00 | 2,00 | -15,20000* | ,07650 | ,000 | -15,4347 | -14,9653 |
| | | 3,00 | -15,02333* | ,07650 | ,000 | -15,2580 | -14,7886 |
| | 2,00 | 1,00 | 15,20000* | ,07650 | ,000 | 14,9653 | 15,4347 |
| | | 3,00 | ,17667 | ,07650 | ,130 | -,0580 | ,4114 |
| | 3,00 | 1,00 | 15,02333* | ,07650 | ,000 | 14,7886 | 15,2580 |
| | | 2,00 | -,17667 | ,07650 | ,130 | -,4114 | ,0580 |
| Nitrógeno | 1,00 | 2,00 | -1,12000* | ,01414 | ,000 | -1,1634 | -1,0766 |
| | | 3,00 | -1,29333* | ,01414 | ,000 | -1,3367 | -1,2499 |
| | 2,00 | 1,00 | 1,12000* | ,01414 | ,000 | 1,0766 | 1,1634 |
| | | 3,00 | -,17333* | ,01414 | ,000 | -,2167 | -,1299 |
| | 3,00 | 1,00 | 1,29333* | ,01414 | ,000 | 1,2499 | 1,3367 |
| | | 2,00 | ,17333* | ,01414 | ,000 | ,1299 | ,2167 |
| Carbono | 1,00 | 2,00 | -3,70000* | ,12083 | ,000 | -4,0707 | -3,3293 |
| | | 3,00 | 2,44000* | ,12083 | ,000 | 2,0693 | 2,8107 |
| | 2,00 | 1,00 | 3,70000* | ,12083 | ,000 | 3,3293 | 4,0707 |
| | | 3,00 | 6,14000* | ,12083 | ,000 | 5,7693 | 6,5107 |

| | | | | | | | |
|---------|------|-----------|------------|--------|---------|----------|----------|
| Fósforo | 3,00 | 1,00 | -2,44000* | ,12083 | ,000 | -2,8107 | -2,0693 |
| | | 2,00 | -6,14000* | ,12083 | ,000 | -6,5107 | -5,7693 |
| | 1,00 | 2,00 | -18,88667* | ,04439 | ,000 | -19,0229 | -18,7505 |
| | | 3,00 | -12,91000* | ,04439 | ,000 | -13,0462 | -12,7738 |
| | 2,00 | 1,00 | 18,88667* | ,04439 | ,000 | 18,7505 | 19,0229 |
| | | 3,00 | 5,97667* | ,04439 | ,000 | 5,8405 | 6,1129 |
| Potasio | 3,00 | 1,00 | 12,91000* | ,04439 | ,000 | 12,7738 | 13,0462 |
| | | 2,00 | -5,97667* | ,04439 | ,000 | -6,1129 | -5,8405 |
| | 1,00 | 2,00 | -16,80667* | ,03991 | ,000 | -16,9291 | -16,6842 |
| | | 3,00 | -12,23333* | ,03991 | ,000 | -12,3558 | -12,1109 |
| | 2,00 | 1,00 | 16,80667* | ,03991 | ,000 | 16,6842 | 16,9291 |
| | | 3,00 | 4,57333* | ,03991 | ,000 | 4,4509 | 4,6958 |
| 3,00 | 1,00 | 12,23333* | ,03991 | ,000 | 12,1109 | 12,3558 | |
| | 2,00 | -4,57333* | ,03991 | ,000 | -4,6958 | -4,4509 | |

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

La elección del mejor tratamiento se desarrolló con base en la comparación de valores de los reportes control del estudio; en este sentido, el pH, humedad, conductividad, materia orgánica, carbono/nitrógeno, fósforo y potasio, se incrementaron luego de abonar el suelo con el bocashi; el nitrógeno total por su parte ganó significancia cuando se utilizó el abono comercial.

4.4. Análisis proximal del rábano

Se realizó el análisis proximal del rábano cosechado en cada uno de los tratamientos: suelo sin tratamiento T1(control), suelo tratado con el bocashi T2, suelo tratado con el abono comercial T3, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21

Análisis proximal del rábano obtenido en cada tratamiento

| ANÁLISIS | CONTROL T1 | | | | BOCASHI T2 | | | | ABONO COMERCIAL T3 | | | |
|--------------------|------------|-------|-------|----------------|------------|-------|-------|----------------|--------------------|-------|-------|----------------|
| | RÉPLICA | | | | RÉPLICA | | | | RÉPLICA | | | |
| | 1 | 2 | 3 | X | 1 | 2 | 3 | X | 1 | 2 | 3 | X |
| Humedad (%) | 94,80 | 94,70 | 94,84 | 94,78 ±0,07 | 90,10 | 89,91 | 90,06 | 90,02 ±0,10 | 79,31 | 79,54 | 79,81 | 79,55 ±0,25 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|
| Proteína (%) | 0,60 | 0,59 | 0,62 | 0,60 ±0,02 | 0,71 | 0,70 | 0,75 | 0,72 ±0,03 | 0,56 | 0,61 | 0,58 | 0,58 ±0,03 |
| Lípidos (%) | 0,31 | 0,27 | 0,31 | 0,30 ±0,02 | 0,28 | 0,29 | 0,26 | 0,28 ±0,02 | 0,24 | 0,28 | 0,28 | 0,27 ±0,02 |
| Fibra (%) | 1,20 | 1,19 | 1,23 | 1,21 ±0,02 | 1,40 | 1,36 | 1,43 | 1,40 ±0,04 | 1,19 | 1,22 | 1,22 | 1,21 ±0,02 |
| Cenizas (%) | 0,62 | 0,64 | 0,60 | 0,62 ±0,02 | 0,78 | 0,80 | 0,79 | 0,79 ±0,01 | 0,68 | 0,70 | 0,69 | 0,69 0,01 |

La Tabla 21, muestra los resultados del análisis proximal del rábano en los T1, T2 y T3. El rábano cosechado en el T1, presenta un contenido del 94,78 % de humedad; 0,30 % de lípidos, mientras tanto en el rábano cosechado del T2 presenta mayor contenido de proteína 0,72 %, 1,40% de fibra y 0,79% de cenizas. Finalmente en el rábano cosechado en el T3 se evidencia valores inferiores con respecto a los ya mencionados. Según FAO, (2014), el rábano cultivado en el T2, supera el contenido proximal en humedad, proteína, fibra y cenizas, lo cual demuestra que el bocashi preparado contribuye al contenido nutricional del rábano.

Análisis estadístico del análisis proximal del rábano

Evaluación de Normalidad: Se utilizó el contraste de Shapiro Wilk con una significancia del 5%, (Tabla 22)

Tabla 22

Prueba de normalidad

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|----------|---------------------------------|----|--------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Humedad | 0,271 | 9 | 0,055 | 0,799 | 9 | 0,200 |
| Proteína | 0,259 | 9 | 0,084 | 0,882 | 9 | 0,163 |
| Lípidos | 0,167 | 9 | 0,200* | 0,942 | 9 | 0,603 |
| Fibra | 0,331 | 9 | 0,005 | 0,782 | 9 | 0,130 |
| Cenizas | 0,190 | 9 | 0,200* | 0,911 | 9 | 0,325 |

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Los valores de probabilidad evidenciaron que las características fisicoquímicas se ajustaron a la distribución normal, por lo que, para la elección del mejor tratamiento se utilizó un diseño completo al azar para cada característica.

Hipótesis

$$H_0: \mu_c = \mu_B = \mu_M$$

$$H_o: \mu_c = \mu_B = \mu_M$$

Hi: Al menos un producto de las características físicos y químicos del rábano μ_i es diferente

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: Se realizó el análisis de varianza para el análisis proximal del rábano, (Tabla 23)

Tabla 23

Análisis de varianza en el análisis proximal del rábano

| Análisis proximal del rábano | Sig. | Decisión |
|------------------------------|-------|----------------|
| Humedad | 0,001 | Rechazar Ho |
| Proteína | 0,000 | Rechazar Ho |
| Lípidos | 0,275 | No Rechazar Ho |
| Fibra | 0,000 | Rechazar Ho |
| Cenizas | 0,000 | Rechazar Ho |

Decisión: El análisis de varianza aplicada en los diseños experimentales para las características fisicoquímicas, evidenció que al menos un tratamiento genera un efecto diferente en las características de humedad, proteína, fibra y cenizas. Sin embargo, en

lo referente a lípidos los tratamientos: control, bocashi y comercial generaron los mismos valores promedios.

Elección del Tratamiento: Se procedió a realizar comparaciones múltiples para los resultados del análisis proximal del rábano entre los tratamientos, utilizando Honestly significant difference HSD de Tukey, los resultados se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24

Comparaciones múltiples de los resultados de los análisis proximales del rábano

| Variable dependiente | (I) Tratamientos | (J) Tratamientos | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|------------------|------------------|----------------------------|--------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Humedad | 1,00 | 2,00 | 4,75667* | 0,13154 | 0,000 | 4,3531 | 5,1603 |
| | | 3,00 | 15,22667* | 0,13154 | 0,000 | 14,8231 | 15,6303 |
| | 2,00 | 1,00 | -4,75667* | 0,13154 | 0,000 | -5,1603 | -4,3531 |
| | | 3,00 | 10,47000* | 0,13154 | 0,000 | 10,0664 | 10,8736 |
| | 3,00 | 1,00 | -15,22667* | 0,13154 | 0,000 | -15,6303 | -14,8231 |
| | | 2,00 | -10,47000* | 0,13154 | 0,000 | -10,8736 | -10,0664 |
| Proteína | 1,00 | 2,00 | -,11667* | 0,01866 | 0,002 | -,1739 | -,0594 |
| | | 3,00 | ,02000 | 0,01866 | 0,564 | -,0373 | ,0773 |
| | 2,00 | 1,00 | -,11667* | 0,01866 | 0,002 | ,0594 | ,1739 |
| | | 3,00 | -,13667* | 0,01866 | 0,001 | ,0794 | ,1939 |
| | 3,00 | 1,00 | -,02000 | 0,01866 | 0,564 | -,0773 | ,0373 |
| | | 2,00 | -,13667* | 0,01866 | 0,001 | -,1939 | -,0794 |
| Lípidos | 1,00 | 2,00 | ,02000 | 0,01700 | 0,507 | -,0322 | ,0722 |
| | | 3,00 | ,03000 | 0,01700 | 0,259 | -,0222 | ,0822 |
| | 2,00 | 1,00 | -,02000 | 0,01700 | 0,507 | -,0722 | ,0322 |
| | | 3,00 | ,01000 | 0,01700 | 0,831 | -,0422 | ,0622 |
| | 3,00 | 1,00 | -,03000 | 0,01700 | 0,259 | -,0822 | ,0222 |
| | | 2,00 | -,01000 | 0,01700 | 0,831 | -,0622 | ,0422 |
| Fibra | 1,00 | 2,00 | -,19000* | 0,02091 | 0,000 | -,2541 | -,1259 |
| | | 3,00 | -,00333 | 0,02091 | 0,986 | -,0675 | ,0608 |

| | | | | | | | |
|---------|------|------|----------|---------|-------|--------|--------|
| | 2,00 | 1,00 | ,19000* | 0,02091 | 0,000 | ,1259 | ,2541 |
| | | 3,00 | ,18667* | 0,02091 | 0,000 | ,1225 | ,2508 |
| | 3,00 | 1,00 | ,00333 | 0,02091 | 0,986 | -,0608 | ,0675 |
| | | 2,00 | -,18667* | 0,02091 | 0,000 | -,2508 | -,1225 |
| | 1,00 | 2,00 | -,17000* | 0,01155 | 0,000 | -,2054 | -,1346 |
| | | 3,00 | -,07000* | 0,01155 | 0,002 | -,1054 | -,0346 |
| Cenizas | 2,00 | 1,00 | ,17000* | 0,01155 | 0,000 | ,1346 | ,2054 |
| | | 3,00 | ,10000* | 0,01155 | 0,000 | ,0646 | ,1354 |
| | 3,00 | 1,00 | ,07000* | 0,01155 | 0,002 | ,0346 | ,1054 |
| | | 2,00 | -,10000* | 0,01155 | 0,000 | -,1354 | -,0646 |

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Con relación a maximizar la humedad, proteína, lípidos, fibra y cenizas el tratamiento que maximiza su propiedad fue el abono comercial.

El software utilizado para los análisis estadísticos fue el Paquete estadístico SPSS versión 21, que permitió gestionar grandes volúmenes de datos, facilitó el desarrollo estadístico descriptivo, estadística bivariada y representación gráfica de los datos. Además, proporcionó resultados que incluyeron la estadística de la prueba, el valor de probabilidad, los números de casos y resaltó los datos significativos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1 Conclusiones

La investigación realizada cumple con los objetivos planteados para determinar que el uso del estiércol de conejo en la elaboración del bocashi influyó favorablemente en el cultivo de rábano (*Phaseolus vulgaris*), debido a que, el abono orgánico mostró un buen contenido de materia orgánica, nitrógeno total, carbono/nitrógeno, fósforo y potasio.

El bocashi puede utilizarse como sustituto al uso de fertilizantes químicos, se trata de un abono de bajo costo debido a que en la preparación de 1kg se invirtió aproximadamente \$ 3.84, en comparación con el precio de 1 kg del abono comercial que tiene un costo de \$ 6.30. Su tiempo de preparación es corto, en 21 días ya podemos utilizarlo, no requiere de mayor tratamiento o cuidado. El abono orgánico permite utilizar residuos orgánicos propios del lugar como son el estiércol de conejo y otros residuos.

Al analizar la composición química y física del suelo antes y después de los tratamientos, permitió determinar que el tratamiento con el bocashi preparado con el estiércol de conejo, incrementó el pH, humedad, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono/nitrógeno, fósforo y potasio, lo cual indica que el abono orgánico elaborado incrementa el contenido de los nutrientes, de tal modo que, favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas, es decir existe un mejoramiento de las características físico químicas del suelo.

El contenido proximal del rábano cosechado en el T2 (suelo abonado con bocashi), mostró un incremento de humedad, proteína, fibra y cenizas. Se evidencia mejora en el tamaño y peso del bulbo del rábano del T2, esto en comparación a los otros tratamientos, haciéndolo más competitivo al mercado, esto beneficia a los pobladores de la comunidad para la comercialización de sus productos a un precio justo y rentable.

El bocashi al establecerse como un abono orgánico, permite utilizar desechos disponibles producidos en la localidad, como el estiércol de conejo, desechos domésticos, de la agricultura entre otros, evitando así, el deterioro ambiental por el uso de productos químicos.

5.2 Recomendaciones

Preparar bocashi utilizando residuos domiciliarios clasificados, es decir, residuos de frutas y hortalizas, para comprobar el comportamiento microbiano y el proceso de fermentación del abono. Además de determinar la variación en componentes como nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica, C/N entre otros.

Implementar investigaciones a gran escala y de manera constante utilizando los residuos que se generan en los mercados de las ciudades, los abonos producidos pueden ser utilizados para fertilizar parques, huertos, en proyectos de forestación o, para la potenciar cultivos y productos que tengan una alta demanda en cuanto al contenido bromatológico.

Promover la elaboración y uso de los abonos orgánicos en las comunidades para fomentar una agricultura ecológica, y así, evitar la formación de compuestos contaminantes producto del uso de fertilizantes químicos que alteran la calidad del agua, suelo y aire

5.3 Bibliografía

- Álvarez-Solís, J. D., Gómez-Velasco, D. A., León-Martínez, N. S., & Gutiérrez-Miceli, F. A. (2010). Integrated management of inorganic and organic fertilizers in maize cropping. *Agrociencia*, 44(5), 575–586.
- Arizaga Gamboa, R. E., & Balladares Montero, J. C. (2021). Elaboración de abonos orgánicos mediante dos técnicas de compostaje en mercados del cantón La Troncal. *Sathiri*, 16(1), 144–154. <https://doi.org/10.32645/13906925.1046>
- Ávila Franco, A., Vargas Guillén, P. I., & Mora Briones, N. A. (2021). Influencia del bocashi como complemento de la fertilización nitrogenada en el cultivo del maíz (*zea mays*). *Sathiri*, 16(1), 155–166. <https://doi.org/10.32645/13906925.1047>
- Ayub, R. A., Spinardi, B., & Gioppo, M. (2013). Armazenamento e processamento mínimo de rabanete. *Acta Scientiarum - Agronomy*, 35(2), 241–245. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i2.15461>
- Barrionuevo, M., Flores, L., & Dussi, M. (2020). PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS : USO DE BOCASHI EN SISTEMAS FAMILIARES DE. In VII CONGRESO LATINOAMERICANO AGROECOLOGÍA 2020 (pp. 1545–1550). https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/84648626/Memorias_VOLUMEN_1_2021.11.04.1545_1550-libre.pdf?1650593853=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPRACTICAS_AGROECOLOGICAS_USO_DE_BOCASHI.pdf&Expires=1684943988&Signature=UqXIswploCDX37fCN5NH4GT
- Borja, F. (2018). CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS PROCEDENTES DE ALMAZARA EN ZONAS RURALES DEL INTERIOR DE LA PROVINCIA DE ALICANTE (Issue plan 2003). ESCUELA POLIECNICA SUPERIOR DE ORIHUELA.
- Calero, A., Díaz, Y., Peña, K., Quintero, E., & Olivera-Viciedo, D. (2019). Efeito de três bioestimulantes no comportamento morfológico e produtivo da cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.). *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Del Zulia*, 36, 54–79.
- Castillo, M. (2021). Efecto del bocashi en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus* spp .) para el incremento de la productividad, cantón Mocache - Los Ríos.
- Castro, A., Henríquez, C., & Bertsch, F. (2009). Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(1), 31–43. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3022570>

- Cecilio, A., & Dutra, A. (2017). Phosphate and potassium fertilization for radish grown in a latosol with a high content of these nutrients. *Revista Caatinga*, 30(2), 412–419. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n216rc>
- Coraspe, J., & González, R. (2020). Efecto de Fertilizantes Orgánicos e Inorgánicos Naturales sobre el Aluminio Intercambiable en suelos ácidos cafetaleros. 38, 18–24.
- Cotrina, V., Alejos, I., Cotrina, G., Córdova, P., & Córdova, I. (2020). Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú. *Centro de Investigaciones Agropecuarias*, 47(2), 31–40.
- Dussi, M., Barrionuevo, M., & Flores, L. (2021). PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS : USO DE BOCASHI EN SISTEMAS FAMILIARES. November.
- FAO. (2011). Elaboracion Y Uso Del Bocashi. Ministerio De Agricultura Y Ganadería, 1–12. <http://www.fao.org/3/at788s/at788s.pdf>
- FAO. (2014). Fichas Técnicas: productos frescos de verduras. In FAO. <http://www.fao.org/3/a-au174s.pdf>
- Gamarra, C., Díaz Lezcano, M. I., Vera de Ortíz, M., Galeano, M. D. P., & Cabrera Cardús, A. J. N. (2018). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46), 4–26. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.134>
- Garces, M. D. (2014). Aprovechamiento de residuos solidos domiciliarios en la obtencion de bocashi con la aplicación de ceniza volcanica y la construcción de composteras domesticas.
- Gavilanes, I. (2014). Oportunidades y desafios de la gestion de residuos orgánicos procedentes del sector agroindustrial en América del Sur. In *Igarss 2014 (Issue 1)*.
- Ginting, S. (2019). Promoting Bokashi as an Organic Fertilizer in Indonesia: A Mini Review. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 21(4), 142–144. <https://doi.org/10.19080/ijesnr.2019.21.556070>
- Girón, C., & Martinez, C. (2018). Influencia de la aplicación de bocashi y lombriabono en el rendimiento de calabacín (*Cucurbita pepo* L.), espinaca (*Spinacia oleracea* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y remolacha (*Beta vulgaris* L.), bajo el método de cultivo biointensivo, San ignacio, Chal. *Revista Agrociencia*, 1(3), 28–40. <http://ri.ues.edu.sv/1588/1/13101291T.pdf>
- Gomez, R. (2021). Evaluación de la calidad microbiológica de hortalizas tratadas con preparados bioorgánicos en la asociación cooperativa de productos agropecuarios y

- servicios múltiples productos orgánicos (ACOPO de R. L.). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Gondek, M., Weindorf, D. C., Thiel, C., & Kleinheinz, G. (2020). Soluble Salts in Compost and Their Effects on Soil and Plants: A Review. *Compost Science and Utilization*, 28(2), 59–75. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2020.1772906>
- Gordillo, F., & Chávez, E. (2010). Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. *Centro de Investigación Científica y Tecnológica*, 1–10. [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9112/1/Evaluación Comparativa de la calidad del compost.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9112/1/Evaluación%20Comparativa%20de%20la%20calidad%20del%20compost.pdf)
- Guano, M. del C. (2014). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL GUANO. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Hallo, C. V. (2015). Evaluación del comportamiento forrajero de tres variedades de festulolium con tres tipos de estiércol en la Estación Experimental Tunshi. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5196>
- Huerta-Muñoz, E., Cruz-Hernández, J., & Aguirre-Álvarez, L. (2019). La apreciación de abonos orgánicos para la gestión local comunitaria de estiércoles en los traspatios. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(53). <https://doi.org/10.24836/es.v29i53.702>
- HydroEnvironment. (2021). Guía para el Cultivo de Rábano. [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=406#:~:text=El rábano y el rabanito,temperaturas no sean muy elevadas](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=406#:~:text=El%20r%C3%A1bano%20y%20el%20rabanito,temperaturas%20no%20sean%20muy%20elevadas)
- Labarca, R., González, L., González, O., & Jiménez, M. (2018). Caracterización del abono Bocashi y su aplicación en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum*, L.), en el estado Falcón. *KOINONIA. Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de La Educación, Turismo, Ciencias Sociales y Económica, Ciencias Del Agro y Mar y Ciencias Exactas y Aplicadas.*, III(15), 180–193. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7441210%0Ahttps://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7062706>
- Loarte, L., Apolo, V., & Alvarez, P. (2018). Efecto del tiempo de maduración y de microorganismos eficientes en el contenido nutricional del bocashi. *Cedamaz*, 8, 30–36. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/570/531>
- Lobato, G., & Vega, J. (2023). Producción del cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.) con

diferentes dosis de bioestimulantes en el cantón la Maná.

- Marín, D. (2019). Impacto del uso de biofertilizantes a base de residuos orgánicos en los suelos. *ConCiencia Tecnológica*, ISSN-e 1405-5597, N°. 58, 2019, Págs. 47-50, 58, 47–50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7253417&info=resumen&idioma=EN>
[G%0Ahttps://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7253417&info=resumen&idioma=SPA%0Ahttps://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7253417](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7253417&info=resumen&idioma=SPA)
- Martínez Monter, J. P., García López, E., Castillo Martínez, A., Romero Santos, R. D., Fajardo Franco, M. L., Ortega Acosta, S. Á., & Palemón Alberto, F. (2022). Sustratos orgánicos en el desarrollo de raíces en esquejes de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews). *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8(1). <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081014>
- Medina, T., Mexicano, L., Espinoza, M., Hernández, V., Martínez, N., Pérez, B., Martínez, P., & Ramírez, A. (2022). Evaluación del efecto de composta tipo bocashi en germinación y desarrollo de plántulas. *Jóvenes En La Ciencia*, 16, 1–7. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3625>
- Mendivil, C., Nava, E., Armenta, A., Ruelas, R., & Félix, J. (2020). Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano. *Biocencia*, 22(1), 17–23. <http://www.scielo.org.mx/pdf/biotech/v22n1/1665-1456-biotech-22-01-17.pdf>
- Merino, J., & Yahuara, L. (2019). BIOFERTILIZACIÓN A TRAVÉS DEL “BOCASHI” PARA LA MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE CULANTRO (*Coriandrium sativum*) Y RABANITO (*Raphanus sativus*), PAKUY 2019.
- Morales, M., Plaza, G., Bouciguez, A., & Jaramillo, R. (2022). Bioensayo anaerobico del estiercol de conejo. *Agricultural Sciences Research*, 47–53.
- Morocho, M. T., & Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos ecientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas Efficient microorganisms, functional properties and agricultural applications. *Cagricola*, 46(2), 93–103. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Mota, I., Valdés, O., Quintas, G., & Pérez, A. (2019). Respuesta al bocashi y a la lombricomposta de *Moringa oleifera* Lam. después de la poda. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(2), 289–299. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.827>
- Muñoz Araque, R. de J. (1984). Análisis de suelos. http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Suelos/MetodosQuimicosSuelos.htm

- Olle, M. (2021). Review: Bokashi technology as a promising technology for crop production in Europe. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 96(2), 145–152. <https://doi.org/10.1080/14620316.2020.1810140>
- Olvera, M., Martinez, C., & Real de Leon, E. (1993). ANÁLISIS PROXIMAL ALIMENTOS. In Documento preparado para el Proyecto GCP/RLA/102/ITA Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura para América Latina y el Caribe (AQUILA II), FAO.: Vol. No 7. (p. 120). <https://www.fao.org/3/ab489s/ab489s03.htm>
- Peralta, N., de Freitas, G., Watthier, M., & Silva, R. (2019). Compost, bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis. *Idesia (Arica)*, 37(2), 59–66. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292019000200059>
- Pocoví, G. (2016). Revisión y análisis de los manuales de compostaje doméstico suministrados en las campañas municipales. In TFM. Universidad Miguel Hernández.
- Prisa, D. (2020). Mejora de Kalanchoe Blossfeldiana.
- Ramos, D., & Terry, E. (2014). GENERALIDADES DE LOS ABONOS ORGÁNICOS: IMPORTANCIA DEL BOCASHI COMO ALTERNATIVA NUTRICIONAL PARA SUELOS Y PLANTAS Review Generalities of the organic manures: Bocashi's importance like nutritional alternative for soil and plants. 35(4), 52–59. <http://ediciones.inca.edu.cu>
- Ramos, D., Terry, E., Soto, F., & Cabrera, J. (2014). Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. *Cultivos Tropicales*, 35(2), 90–97. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000200012&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Romero, M., Ramírez, J., García, S., Contreras, G., De Gasperin, I., & López, S. (2022). Caracterización de abono tipo bocashi elaborado con diferentes fuentes de estiércol y su efecto en la producción de maíz para ensilar . Characterization of a bokashi-type compost made from different manure source and its effect on fodder corn production . *Revista Bio Ciencias*, 1–12.
- SADER, I. (2022). Elaboración Bocachi. In Estrategia de acompañamiento técnico (p. 25).
- Sánchez, S., & Hernández, M. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios Management alternatives of soil fertility in livestock production ecosystems. *Pastos y Forrajes*, 34(4), 375–392.
- Santoyo, L., Medina, T., Arroyo, G., Mexivano, A., & Rafael, P. (2022). Uso de estiércol bovino en la elaboración y maduración de un bocashi. *Journal of Agricultural Sciences*

- Research (2764-0973), 2(15), 2–7. <https://doi.org/10.22533/at.ed.9732152212118>
- Sarmiento, G., Amézquita, M., & Mena, L. (2019). Use of bocashi and effective microorganisms as an ecological alternative in strawberry crops in arid zones. *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 55–61. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.06>
- Sequeira, J. (2019). Uso de lacto-suero ácido en la elaboración de bocashi y su efecto en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Tropicana.
- Soler-Jiménez, E. D., & Molano-Carrera, R. (2020). Comprensión problema de contaminación ambiental por uso de agroquímicos a través de la educación ambiental. *Pensamiento y Acción*, 30, 53–68. <https://doi.org/10.19053/01201190.n30.2021.12271>
- Solis, J. (2015). Respuesta del suelo y del cultivo de Fresa aplicando lactofermentos.
- Solís, M., Castro, R., Villegas, A., Cruz, A., Solís, A., Castro, J., Romero, A., Juárez, A. P., Pacheco, J. A., & Aguilar, G. (2021). Evaluación de biol, bocashi, composta y vermicomposta en las variables morfológicas del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) / Evaluation of digestate, bocashi, compost and vermicompost on the morphological variables in spinach crop (*Spinacia olerac*. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(3), 3649–3662. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-070>
- Soto, G., & Meléndez, G. (2014). Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. 72, 91–97.
- Soto Herranz, M., Sánchez Báscones, M., Antolin Rodriguez, J. M., & Conde Cid, D. (2019). Estudio de un proceso de compostaje de estiércol de conejo mediante técnicas espectroscópicas y análisis de ácidos húmicos y fúlvicos. 554–562. https://doi.org/10.26754/c_agroing.2019.com.3430
- Sundberg, C., Smårs, S., & Jönsson, H. (2004). Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Bioresource Technology*, 95(2), 145–150. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2004.01.016>
- van der Ploeg, J. D. (2021). The political economy of agroecology. *Journal of Peasant Studies*, 48(2), 274–297. <https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1725489>
- Vásquez, E., Sosoranga-Paqui, C., Chamba-Morales, M., & Mora, M. (2018). Chemical evaluation of bocashi with application of Efficient microorganisms in Saraguro canton, Loja province. *Bosques Latitud Cero*, 8(1), 85–95.

5.4 Anexos

Anexo 1. Datos de la temperatura, pH y conductividad eléctrica recopilados durante 21 días en la preparación del bocashi

| Día | T °C | pH | Conductividad eléctrica |
|-----|------|------|-------------------------|
| 1 | 40,6 | 8,90 | 2,1 |
| 2 | 43,2 | 8,82 | 2,14 |
| 3 | 46,1 | 8,80 | 2,16 |
| 4 | 48,8 | 8,70 | 2,18 |
| 5 | 50,2 | 8,60 | 2,2 |
| 6 | 56,8 | 8,36 | 2,22 |
| 7 | 59,7 | 8,16 | 2,25 |
| 8 | 58,3 | 8,08 | 2,26 |
| 9 | 53,9 | 8,04 | 2,25 |
| 10 | 49,3 | 8,03 | 2,25 |
| 11 | 45,3 | 8,01 | 2,27 |
| 12 | 42,9 | 8,00 | 2,29 |
| 13 | 40,2 | 8,01 | 2,3 |
| 14 | 37,8 | 8,03 | 2,32 |
| 15 | 34,6 | 8,04 | 2,34 |
| 16 | 30,5 | 8,06 | 2,37 |
| 17 | 27,7 | 8,06 | 2,39 |
| 18 | 24,6 | 8,05 | 2,45 |
| 19 | 21,7 | 8,07 | 2,49 |
| 20 | 20,8 | 8,07 | 2,5 |
| 21 | 19,1 | 8,07 | 2,52 |

Anexo 2. Proceso de preparación del bocashi



Anexo 3. Preparación del suelo, siembra y cultivo del rábano



Anexo 4. Análisis de laboratorio

