

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS



Estudio exploratorio del potencial de utilización del guishe de *Agave*
Lechuguilla para la elaboración de un abono tipo bokashi

Por:

JUAN FELIPE TAPIA CHÁVEZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN DESARROLLO RURAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Octubre, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS

Estudio exploratorio del potencial de utilización del guishe de
Agave Lechuguilla para la elaboración de un abono tipo bokashi

POR:

JUAN FELIPE TAPIA CHÁVEZ

TESIS

**QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN DESARROLLO RURAL

Aprobada por:



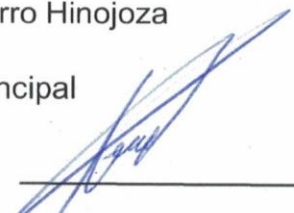
Dr. Ernesto Navarro Hinojoza

Asesor Principal



Dr. Gibran Alejandro Valdez Flores

Coasesor



M. C. Diego Antonio Corona Martínez

Coasesor



Lic. Norma Eugenia Sánchez García

Coordinadora de la División de Ciencias Socioeconómicas

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre, 2025



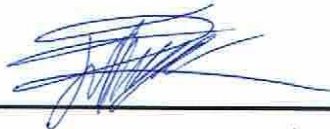
DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega), reproducir un texto propio anteriormente sin hacer referencia al documento original (autoplagio), comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propio, omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas, utilizar ideas o razonamiento de un autor sin citarlo, utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizó por las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



JUAN FELIPE TAPIA CHÁVEZ

CONTENIDO

Resumen.....	vii
Abstract	vii
CAPITULO I	1
Introducción	1
Planteamiento del problema.....	2
Pregunta de investigación	3
Justificación	3
Objetivo general	4
Objetivos específicos.....	4
Hipótesis.....	5
Literatura revisada	5
Compostas orgánicas.....	5
Importancia del guishe	6
Importancia socioeconómica de Jalpa	6
Componentes del bokashi.....	7
Etapas de fermentación del bokashi.....	8
Preparación de mezclas en torno a la relación carbono – nitrógeno	10
Uso del suelo.....	10
Fertilidad de suelos.....	11
Materia orgánica.....	11
Textura.....	12
Porosidad	13
Oxigenación.....	13
Temperatura	14
Ph.....	16

Ce	16
CAPITULO II	19
Metodología	19
Para cumplir con el objetivo 1.....	19
Ubicación y descripción del área de estudio	19
Condiciones climáticas.....	20
Uso del suelo.....	20
Muestreo representante.....	21
Grupos de enfoque	21
Estructura de la guía de entrevista	21
Entrevistas.....	23
Compilación y análisis de la información.....	23
Para cumplir con el objetivo 2.....	23
Método de investigación.....	23
Bacterias de ácido láctico.....	24
Área de estudio	25
Materia prima.....	25
Pretratamiento de materia prima.....	26
Molino	26
Procedimiento de moler.....	26
Reactores.....	26
Materiales reactor.....	27
Elaboración.....	27
Cálculo del porcentaje de los residuos a compostar del reactor 1.....	28
Cálculo del porcentaje de los residuos a compostar del reactor 2.....	29
Cálculo del porcentaje de los residuos a compostar del reactor 3.....	29

Cálculo del porcentaje de los residuos a compostar del reactor 4.....	30
Cálculo del porcentaje de los residuos a compostar del reactor 5.....	31
Aplicación y monitoreo de las mezclas	31
Para cumplir con el objetivo 3.....	31
Ph.....	32
Ce	33
Temperatura	34
CAPITULO III	36
Resultados y discusión (Análisis de la información).....	36
Resultados para el objetivo 1.....	36
Compilación y análisis de la información.....	44
Resultados para el objetivo 2.....	45
Conductividad eléctrica (ce) de los reactores	45
Potencial de hidrogeno (ph) de los reactores	46
Temperatura	47
Temperatura ambiental	48
Resultados para el objetivo 3.....	49
Análisis físico – químico de los tratamientos del bokashi obtenido.....	49
CAPITULO IV	54
Conclusiones.....	54
Literatura Citada.....	55

INDICE CUADROS

Cuadro 1. Materia prima	25
Cuadro 2. Materiales reactor	27

Cuadro 3. Promedio carbón orgánico.....	50
Cuadro 4. Promedio materia orgánica.....	50
Cuadro 5. Promedio ph.	52
Cuadro 6. Promedio ce.....	52
Cuadro 7. Textura	52
Cuadro 8. Color.....	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Oxigenación.....	14
Figura 2. Termómetro.	15
Figura 3. Potenciómetro.	17
Figura 4. Muestra de ce	18
Figura 5. Comunidad de Jalpa	20
Figura 6. Reactores.....	28
Figura 7. Paja triturada	28
Figura 8. Estiércol de bovino	29
Figura 9. Carbón triturado	30
Figura 10. Ceniza	30
Figura 11. Guishe Triturado.....	31
Figura 12. Muestra ph	32
Figura 13. Conductímetro.....	34
Figura 14. Medición de temperatura	35

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. ¿Cuántos habitan en su casa?	36
Grafica 2. ¿Qué hacen con el guishe?.....	37
Grafica 3. ¿Considera que es un problema el guishe?.....	37
Grafica 4. ¿Cuál es el uso actual que le dan al guishe?.....	38
Grafica 5. ¿Han considerado utilizar guishe de agave de lechuguilla como abono para sus cultivos?.....	38
Grafica 6. ¿Qué propiedades creen que podría aportar el guishe al bokashi?	39

Grafica 7. ¿Conocen el uso de bokashi como abono para sus cultivos? _____	39
Grafica 8. ¿Existe alguna problemática con el suelo? _____	40
Grafica 9. ¿Qué beneficios esperan obtener al incorporar guishe al suelo? _____	40
Gráfica 10. ¿Qué hacen para mejorar sueldo? _____	41
Grafica 11. ¿Han utilizado guishe en la preparación de algún abono? _____	41
Grafica 12. ¿De qué manera fertilizan? _____	42
Grafica 13. ¿Qué tipo de abono utiliza para sus cultivos? _____	42
Grafica 14. ¿Considera usted que el guishe es una problemática para su región? _____	43
Grafica 15. ¿Estarían dispuestos a usar guishe para hacer una composta o bokashi? _____	43
Grafica 16. ¿Qué tipo de compostas conocen? _____	44
Grafica 17. Conductividad eléctrica (ce) de los tratamientos durante el periodo de maduración del bokashi _____	45
Grafica 18. Potencial de hidrogeno (ph) _____	46
Grafica 19. Temperatura del bokashi después de elaborado _____	47
Grafica 20. Temperatura ambiente _____	48
Grafica 21. Composición bokashi _____	49
Grafica 22. Promedio materia orgánica _____	51

Resumen

Con el fin de contribuir a desarrollar metodologías que promuevan una mejora en la calidad de los suelos áridos, hacer uso de residuos de vegetales y por ende promover el desarrollo socioeconómico de la región de Jalpa, se llevó a cabo esta investigación con el fin de aprovechar el guishe de lechuguilla, el cual es un residuo obtenido en la fabricación de fibras de ixtle. Este aprovechamiento se logró al utilizar el guishe como sustituyente de la paja en la elaboración de bokashi, el cual es un fertilizante orgánico que hace uso de microorganismos para facilitar la transición de residuos vegetales a materia orgánica capaz de ser incorporada al carbón orgánico del suelo y mejorar la calidad de este.

Palabras clave: Suelos, Materia orgánica, Bokashi.

Abstract

In order to contribute to the development of methodologies that promote improved arid soil quality, utilize plant residues, and thus promote the socioeconomic development of the Jalpa región, this research was conducted to harness lechuguilla guishe, a residue obtained from the production of ixtle fibers. This use was achieved by using guishe as a substitute for Straw in the production of bokashi, an organic fertilizer that utilizes microorganisms to facilitate the transition of plant residues into organic matter capable of being incorporated into soil organic carbón and improving its quality.

Keywords: Soils, Organic matter, Bokashi.

CAPITULO I

Introducción

El campo mexicano ha tenido un papel sumamente importante, ya que provee alimentos para la población y también como importador de materias primas y recursos humanos, de igual manera se le está dando mucha importancia a la agroecología, ya que aporta soluciones para preservar nuestros recursos naturales y el medio ambiente, “lo cual implica el hecho de rescatar prácticas tradicionales de producción y relacionarlos con tecnologías sostenibles, con la intención de sostener los ciclos de la vida, enfrentar los efectos de degradación del suelo, su contaminación y la del agua” (Rural, 2025).

Dichos problemas que afectan al medio ambiente suelen ser por efectos de residuos ya que no deben ser esparcidos al suelo de manera directa dado a que su descomposición no controlada y su toxicidad puede generar efectos perjudiciales, debido a que tienen materia orgánica no estabilizada. En consecuencia, poseen altos niveles de fitotoxicidad y una gran cantidad de agentes patógenos (virus, bacterias, hongos y parásitos), perjudiciales para los seres humanos, animales y plantas.

La composta es una alternativa de la agroecología que se lleva a cabo bajo un proceso por diferentes microorganismos (bacterias y hongos) elaboradas de material orgánico, bajo condiciones aeróbicas que aceleran la fermentación de los materiales tales como pastos, hojas, subproductos agrícolas, subproductos maderables, podas, estiércoles. Cuando la composta alcanza su estabilización se vuelven de color marrón oscuro y de textura terrosa.

De modo que la composta es la forma más apropiada de utilizar la materia orgánica, así mismo, el bokashi es un método que provee una enorme cantidad de macro y microorganismos que equilibran la red trófica en el suelo y que facilitan la disponibilidad de nutrientes necesarios para las plantas.

Puede ser utilizada como fertilizante orgánico, mejorando las propiedades físicas y químicas del suelo, además es un aporte de materia orgánica que podría remplazar la utilización de fertilizantes químicos, ya que la planta absorbe los nutrientes lentamente gracias a los materiales utilizados.

Dentro de los beneficios previamente investigados se encuentra que el guishe de agave de lechuguilla, puede aportar ciertos nutrientes que pueden ayudar al desarrollo de las plantas y fertilidad del suelo.

Con base en lo antes expuesto, se planteó realizar bokashi a partir de guishe, este residuo orgánico se utilizó para realizar diferentes tratamientos para evaluar los beneficios que aporta a la fertilidad del suelo y con esto, a la mejora del desarrollo de los cultivos. Por lo anterior, El propósito principal de este estudio fue evaluar la importancia de incorporar guishe de agave de lechuguilla en el bokashi para mejorar la fertilidad del suelo. “El bokashi puede ser utilizado como un mejorador del suelo que aumenta la diversidad microbiana, mejora las condiciones físicas y químicas, previene enfermedades del suelo y lo suple de nutrientes para el desarrollo de los cultivos” (Anderson Julian, 2016).

Planteamiento del problema

Las comunidades rurales del semidesierto del norte de México se enfrentan a un entorno muy adverso, ya que sus suelos presentan baja calidad, por lo que es indispensable buscar alternativas que sean más rentables de manera económica y que ecológicamente aporten beneficios a los suelos agrícolas de las comunidades rurales.

La agroecología trata de rescatar prácticas tradicionales de producción y relacionarlos con tecnologías sostenibles que existen en la actualidad. En este sentido, los abonos orgánicos fermentados siguen, un proceso de semi - descomposición aeróbica (con presencia de oxígeno) de desechos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos, que existen en los propios residuos, con condiciones controladas, por lo que producen un material parcialmente estable y en

condiciones favorables que es capaz, de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir la tierra.

En este sentido el bokashi, es una alternativa viable para su manejo en comunidades rurales, contribuyendo a su vez a la sostenibilidad de los agro ecosistemas. Sin embargo, en las zonas semidesérticas la materia orgánica para su elaboración suele ser una limitante puesto que, por ejemplo, el rastrojo que se necesitaría es usado como alimento para el ganado, en lugar de ser usado como ingrediente para los abonos. Esto obliga a repensar las fuentes de materia orgánica que no compita su uso con otras formas de utilización para que estén disponibles.

Para el caso de Coahuila, como ya se mencionó, una fuente de este material es el guishe. Sin embargo, no se cuenta con evidencia que demuestre cuál porcentaje de utilización de este residuo se presenta las mejores características fisicoquímicas del abono.

Por lo tanto, el trabajo de investigación se realizó con el fin de evaluar la importancia de incorporar el guishe a las prácticas de cultivo en las regiones áridas y semiáridas a través de la validación de su contenido enriquecedor de acuerdo con diversos porcentajes de guishe utilizados en la elaboración de un abono orgánico a base de diversos residuos domésticos y agropecuarios.

Pregunta de investigación

¿Cuál porcentaje de incorporación de guishe en la elaboración de bokashi presenta mejores parámetros fisicoquímicos en el resultado final?

Justificación

La investigación muestra la posibilidad de reutilizar residuos orgánicos y desechos de animales para mejorar la fertilidad del suelo mediante la adición de materia orgánica como guishe y estiércol de bovino, creando un abono tipo bokashi (materia orgánica en fermentación) en su proceso convierte los desechos de

alimentos y materia orgánica similar en una enmienda del suelo. Las enmiendas orgánicas varían en su composición química de acuerdo al proceso de elaboración, duración del proceso, actividad biológica y tipos de materiales que se utilizan.

Esto mejora la composición biológica, química y física del suelo incorporando materiales orgánicos y nutrientes esenciales, estos abonos tipo bokashi tienen como objetivo estimular la vida microbiana del suelo y la nutrición de las plantas.

Para producir este abono, se necesita un componente rico en carbono, generalmente suele ser paja o esquilmos agrícolas, lo que presenta un desafío en las comunidades del semidesierto, ya que estos esquilmos son esenciales para alimentar al ganado, por lo que, si se quieren realizar este tipo de abonos, es necesario buscar alternativas que puedan sustituir a este componente.

Objetivo general

Evaluar los parámetros fisicoquímicos en el suelo que ofrece un abono tipo bokashi a base de guishe de agave de lechuguilla por medio de un análisis comparativo.

Objetivos específicos

- ✓ Analizar cómo percibe la población de Jalpa el uso actual y potencial del guishe como abono.
- ✓ Cuantificar los parámetros de conductividad eléctrica (CE), nivel de pH y temperatura (T°) a través del tiempo de fermentación del bokashi y contrastar en cinco formulaciones diferentes (Tratamiento 1: 0% de guishe, Tratamiento 2: 25% de guishe, Tratamiento 3: 50% de guishe, Tratamiento 4: 75% de guishe, Tratamiento 5: 100% de guishe).
- ✓ Describir el rendimiento que genera el bokashi en los parámetros: PH, Ce, Temperatura, Materia orgánica, Textura y Porosidad de los diferentes tratamientos elaborados.

Hipótesis

Al menos una de las cinco mezclas en sus diferentes porcentajes de guishe y paja tendrán un resultado óptimo en cuanto a los parámetros (PH, CE, TEMP) y podrán ser aplicadas al suelo.

Literatura revisada

Para iniciar, es necesario explicar que el guishe es un residuo orgánico que se genera a partir de la producción de ixtle de lechuguilla, una especie abundante en zonas áridas y semiáridas de México de la familia de asparaggaceae, según (Tropicos, 2020), el ixtle un producto que se utiliza en la fabricación de cepillos y brochas, tanto industriales como domésticos, gracias a que no produce electricidad estática que adhiera el polvo y es muy resistente, superando a otras fibras duras.

Por otro lado, (Morreuw, 2021) señala que del procesamiento de las hojas de ixtle se genera un residuo conocido como guishe, un elemento que suma cerca de 150 mil toneladas al año en México. Este residuo orgánico generalmente se desecha, aunque en algunos lugares se usaba como detergente al disolverla en agua caliente. El objetivo es realizar diversos tratamientos para evaluar los beneficios potenciales para la fertilidad del suelo y el desarrollo de cultivos y con ello evaluar si la incorporación de guishe de agave de lechuguilla en el bokashi reporta mejoras en la fertilidad del suelo.

Compostas orgánicas

“El compostaje es un método que permite la transformación de la materia orgánica en un producto con precursores de sustancias húmicas a través de descomposición aeróbica, que da como resultado un producto final estable” (Arroyo, 2018).

Es crucial gestionar adecuadamente el manejo de residuos de guishe, debido al daño que pueden causar al medio ambiente, utilizar residuos orgánicos de procesos agrícolas es una manera efectiva de aprovechar estos materiales, ya que

incrementan la fertilidad del suelo y mejoran sus propiedades fisicoquímicas, así como la actividad microbiana. “El compostaje se destaca como uno de los métodos más eficaces para tratar los residuos orgánicos, convirtiéndolos en acondicionadores de suelo ricos en nutrientes y fertilizantes orgánicos”, menciona (Institute, 2017). La calidad de un abono orgánico se determina a partir de su contenido nutricional, que está directamente relacionados con las concentraciones de nutrientes presentes en los materiales utilizados para su elaboración.

Importancia del guishe

La lechuguilla es crucial como recurso ecológico, contribuyendo a la formación, conservación y retención del suelo. Esta actividad de carácter familiar, ha generado empleo directo para los recolectores y ha facilitado la comercialización de la materia prima, utilizada en la fabricación de diversos productos industriales y domésticos. “El procesamiento de las hojas de la lechuguilla genera un residuo que se desecha o se quema, provocando problemas de contaminación ambiental y de la salud” (Morreuw, 2021). Sin embargo, es de suma importancia utilizar los residuos generados en compostas orgánicas, para utilizar de mejor manera este recurso.

Importancia socioeconómica de Jalpa

En la comunidad rural de Jalpa, se encuentra un conflicto sociocultural debido a los residuos tóxicos derivados del tallado del agave de lechuguilla, los cuales provocan contaminación ambiental afectando a la comunidad local. Según el (INEGI, 2023), las principales actividades económicas incluyen la agricultura, con énfasis en la recolección de lechuguilla, cosecha de maíz, alfalfa, trigo, y la cría y venta de animales como caprinos, porcinos y ovinos. Además, se destacan actividades como la siembra de árboles, el comercio y se destacan las artesanías que se realizan con la extracción de la lechuguilla.

Componentes del bokashi

(Silvestre Alondra M, 2022) destaca la importancia de la lechuguilla (Agave lechuguilla Torr.) como una fuente de fibra natural. Durante el proceso de extracción, conocido como desfibrado mecánico, se desecha el 85% de la materia prima. Esta biomasa orgánica no se utiliza por los pobladores de la comunidad y contamina el ambiente. El objetivo de la investigación fue desarrollar una metodología para crear composta a partir del guishe y tres residuos orgánicos.

Se evaluaron cuatro mezclas: 1) Guishe + esquilmo de frijol + estiércol caprino, 2) Guishe + esquilmo de frijol + estiércol de vaca, 3) Guishe + esquilmo de frijol, y 4) Testigo (guishe), todas con una relación carbono-nitrógeno inicial adecuada y tres repeticiones. Se realizó a nivel piloto en reactores de plástico de 20 L, con un peso inicial de 1.250 kg por reactor. El estudio duró 114 días. Los análisis mostraron que las compostas tienen una relación carbono-nitrógeno dentro de los estándares especializados, aunque el pH y la conductividad eléctrica estaban fuera de los parámetros óptimos.

(Medelaine Q., 2018) menciona que su objetivo es aplicar enmiendas orgánicas al suelo, como el bokashi, para incrementar el nitrógeno. El estudio evaluó el nitrógeno disponible en el bokashi, su estabilidad biológica y madurez química. Los tratamientos incluyeron bokashi de aves (WVP), de cerdo (WVS) y un control (WVC), que contenían paja de trigo y desechos vegetales. Se analizaron la temperatura, el nitrógeno mineral, el pH y la conductividad eléctrica. Las temperaturas de los tratamientos superaron la ambiental. El WVP mostró un mayor contenido de nitrógeno mineral (1.054 mg kg^{-1}) que el WVS (844 mg kg^{-1}) y el WVC (907 mg kg^{-1}) en todos los casos. La conductividad eléctrica alcanzó niveles fitotóxicos ($\text{CE} > 3 \text{ dS m}^{-1}$) en todos los tratamientos. Ninguno demostró estabilidad biológica ni madurez química (IG de WVP, WVS y WVC: 10%, 29% y 19%, respectivamente). El estudio concluyó que aplicar estos tipos de bokashi al suelo podría limitar el crecimiento de cultivos debido a la fitotoxicidad y la inmovilización del nitrógeno.

(Flor D., 2020) investigo el bokashi elaborado con residuos orgánicos domésticos y agropecuarios, utilizando insumos como cascarilla de arroz, restos de comida (vegetales y frutas), estiércol de vaca, gallinaza, tierra, carbón vegetal, ceniza, paja, melaza y levadura. Estos se colocaron en capas, formando una pila de aproximadamente 60 cm de altura.

El experimento se realizó durante 31 días, con volteos diarios dos veces al día, y se monitorearon la temperatura ambiente, la temperatura del abono, la humedad y el ph. Al finalizar, se realizaron análisis del abono para medir parámetros físico-químicos: ph, nitrógeno, potasio, fosforo, calcio, magnesio y conductividad eléctrica. Todos los parámetros analizados en laboratorio estuvieron dentro de los rangos comparativos de otros estudios, excepto del magnesio y el nitrógeno, que estuvieron por debajo del promedio.

Después de comparar con varias investigaciones, el presente trabajo de tesis destaca acciones para apoyar la autosuficiencia en las comunidades del semidesierto del norte del país, especialmente en Jalpa, municipio de General Cepeda, Coahuila. Busca reutilizar y mejorar el uso del guishe al producir bokashi en condiciones aeróbicas con estándares adecuados gracias a que se trata de un proceso relativamente sencillo y de bajo costo, beneficiando a los agricultores al proporcionar una mejora orgánica para sus cultivos. Además, permite a los ejidatarios de Jalpa transformar el guishe en abono natural, aprovechando mejor este recurso.

Etapas de fermentación del bokashi

El bokashi siendo un abono fermentado dadas sus condiciones de adaptabilidad al uso de recursos de la misma región, se ha planteado como una estrategia adaptable a pequeños productores de las comunidades rurales. Las enmiendas orgánicas tipo bokashi se utilizan para modificar las características de los suelos al aumentar los nutrientes disponibles, mejorar la retención de humedad y la infiltración, permitiendo mejorar la producción de alimentos y reduciendo el uso

de agroquímicos. También promueven el uso y aprovechamiento de residuos o subproductos vegetales que de otra forma se desaprovechan.

Se utiliza un proceso de compostaje que de manera eficiente proporcione el valor de la relación de carbono y nitrógeno, para cada uno de los elementos de la materia orgánica que se mezcla para obtenerlo de mejor calidad. Una mezcla de materiales que contienen 30 partes de carbono por 1 parte de nitrógeno se considera ideal para el compost.

“El bokashi, en su proceso de fermentación, convierte biológicamente desechos sólidos en materia orgánica estabilizada con un alto contenido de nutrientes para las plantas. Residuos orgánicos como restos de comida, desechos de preparación de alimentos y residuos de jardín, tales como hojas, ramas de árboles y recortes de césped, pueden transformarse fácilmente en compost. Esto no solo contribuye a la conservación de energía y recursos naturales, sino que también ayuda a reducir la contaminación del aire y del agua” (Saswat M, 2022).

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

El bokashi está diseñado para estimular las poblaciones microbianas en el abono fermentado, que generalmente consisten en materiales de partículas pequeñas. Durante la primera etapa de fermentación, la temperatura puede alcanzar entre 70°C y 75°C si no se controla adecuadamente, debido al aumento de la actividad microbiana. Después, cuando superan los 45-50°C, la temperatura comienza a descender. Inicialmente se humedece y luego se seca con volteos frecuentes, quedando listo para almacenarse por una o dos semanas. En esta fase, destacan los materiales más difíciles de degradar rápidamente. Luego, el abono entra en la etapa de maduración, donde el procesamiento de los materiales orgánicos restantes es más lento, hasta llegar a su estado ideal para uso inmediato (Soto G., 2004).

Posteriormente para ayudar con la fermentación del bokashi se agregó un litro de melaza con 300 gr levadura, se le agrega el agua necesaria, se necesitó dejar reposar la melaza y la levadura durante 24 horas para que esta fermentara y poderla agregar al bokashi y así ayudar a mantener una humedad óptima.

Además, se agregan las bacterias de ácido láctico que pueden ser benéficos en la producción agrícola y ganadera, al producir ácido láctico como metabolito de la fermentación, estos microorganismos se acumulan para acelerar la descomposición de los materiales orgánicos.

Se agrega leche para que sirva como fuente de alimento para las bacterias, después se divide en fracciones sólidas y líquidas, las fracciones sólidas sirven como alimento del ganado y la parte líquida es la que contiene BAL. Se necesitó dos litros de agua para enjuagar el arroz, un kilogramo de arroz, un litro de leche entera y un frasco para almacenarlo. Después de cinco días el cultivo de BAL debe de tener un olor dulce.

Preparación de mezclas en torno a la relación carbono – nitrógeno

Por otro lado, la forma de preparar bokashi varían y se ajusta a las condiciones y los materiales que cada campesino dispone en su finca o comunidad. Es decir, no existe una receta única o fórmula para hacer los abonos.

Para obtener un balance adecuado de la relación C/N en las mezclas, se adicionaron residuos con alto contenido de carbón como la paja y el estiércol, se tomó un peso de 4.11 kg de guishe, 2.055 kg de carbón de mezquite, 4.11 kg de estiércol de vaca y también se agregó 4.11 kg de suelo, 300 gr de ceniza, 0.15 lts de melaza, 3 gr de levadura y agua la necesaria, se realizó el cálculo de la cantidad de materia prima que se utiliza para cada tratamiento.

Uso del suelo

El uso del suelo se caracteriza principalmente por matorrales y pastizales. Una parte considerable del terreno se destina a la agricultura, y otra gran parte

alberga una abundante cantidad de agave de lechuguilla que crece en esta región. También hay una pequeña zona rural y áreas dedicadas a actividades ganaderas. Los suelos son mayormente áridos.

Fertilidad de suelos

Las investigaciones indican que el suelo ha sufrido pérdidas significativas con el tiempo. Los terrenos montañosos son especialmente vulnerables a la degradación, lo que lleva a la pérdida de suelo fértil, materia orgánica, nutrientes y microbios benéficos, afectando a la salud del suelo. La materia orgánica es crucial para reducir la vulnerabilidad del suelo y prevenir la pérdida de nutrientes, además de optar por una suplementación nutricional. “El material derivado del ixtle es rico en nutrientes y oxígeno, lo que ayuda a aumentar la materia orgánica y las poblaciones microbianas del suelo, mejorando así su calidad” (Raj K Singh., 2018).

“El bokashi contribuye a crear un suelo que promueve el crecimiento óptimo de las plantas y reduce la presencia de patógenos. Los mecanismos a través de los cuales la composta limita los organismos que causan enfermedades en el suelo incluyen la resistencia inducida, el parasitismo directo que sucede cuando un organismo consume a otro, la competencia por nutrientes y la inhibición directa a través de antibióticos secretados por organismos benéficos” (Sullivan D., 2005).

Materia orgánica

Las muestras de guishe y paja se obtuvieron del ejido de Jalpa Municipio de General Cepeda. La recolección del guishe se obtuvo de los pobladores que aprovechan el ixtle mientras que el guishe es utilizado para hacer zanjas y muchas de las veces es tirado. La materia orgánica hace referencia de los residuos sólidos orgánicos que se transforman en materia orgánica estabilizada rica en nutrientes para las plantas, gracias a su aumento de contenido de nutrientes en el suelo, la materia orgánica tiene una elevada competencia en el intercambio catiónico,

significa que puede retener cationes en el suelo, todos estos factores hacen del compostaje una técnica óptima para el manejo de estos desechos.

Por lo tanto, la aplicación de compostas puede mejorar la retención de agua en el suelo. Estos beneficios surgen de efectos directos e indirectos del biocarbón. El efecto directo se debe principalmente a sus propiedades fisicoquímicas, como su estructura porosa, lo que incrementa la porosidad y la superficie específica del suelo. “Por otro lado, el efecto indirecto se relaciona con la mejora de la estructura del suelo a través de interacciones con la materia orgánica y los minerales, así como un aumento en la actividad microbiana. Además, las compostas pueden disminuir la densidad aparente del suelo al incrementar el carbono orgánico del mismo” (Ornelle C., 2021).

Textura

La textura del suelo es muy importante ya que se refiere a la porosidad de las partículas de suelo que constituyen el componente mineral del mismo. Estas se denominan arena, limo y arcilla. Las partículas están clasificadas acorde a su tamaño, de acuerdo con los siguientes rangos.

Arena = <2 a $0,05$ mm

Limo = $0,05$ a $0,002$ mm

Arcilla = $<0,002$ mm

En las compostas el tamaño de partículas de los materiales afecta tanto a su superficie interna como al número y tamaño de los poros. Cuanto menor es el tamaño de partícula, mayor es la superficie interna del suelo: es decir, mayor es la suma de la superficie de las partículas del suelo. Por otro lado, un menor tamaño de partículas disminuye el tamaño de los poros del suelo, de manera que partículas más pequeñas originan suelos con poros más escasos y pequeños.

Porosidad

Por lo tanto, el tamaño de partícula está relacionado principalmente por la porosidad entre las partículas de composta. A diferencia de la materia orgánica y la relación Carbono-Nitrógeno, la porosidad no se calcula como parte de su receta de compost, aunque se considera igual de importante, porque una receta porosa permite que el aire se mueva más libremente a través del reactor, manteniendo la aerobividad.

Por lo general una composta debe de tener entre un 30% y un 33% de espacio poroso, que se pueda medir. El uso de entre un 5% y un 10 % de partículas leñosas grandes por volumen, suelen ser ideal para aumentar el volumen de una mezcla de compost, ayudaría a respirar y a mantener su forma.

Oxigenación

El este sentido tener aeración adecuada para permitir la respiración de los microorganismos y evitar exceso de humedad y poder llevar un buen control de temperatura, se realizaron volteos en forma manual para cada uno de los reactores. Con el propósito de suministrar oxígeno para la realización del metabolismo aeróbico, se mantuvo una adecuada aeración para permitir que los microorganismos pudieran respirar.

(FAO, 2011) Menciona que la presencia de oxígeno es necesaria para que no exista limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación del abono. Se calcula que se debe de tener como mínimo un 5% y 10% de concentración de oxígeno, sin embargo, si el micro poro se encuentra en estado anaeróbico (sin oxígeno) debido a exceso de humedad puede perjudicar obteniendo un producto de mala calidad.

Figura 1. Oxigenación.



“La oxigenación es esencial para suministrar oxígeno para la relación del metabolismo aeróbico, por lo que se mantuvo una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos y evitar excesos de humedad de las mezclas y llevar un buen control de la temperatura mencionada” (Silvestre Alondra M, 2022).

Temperatura

La temperatura del bokashi se incrementa las primeras dos semanas por lo regular ya que se incrementa la actividad microbiana, el registro de la temperatura se realizó todos los días del experimento con ayuda de un termómetro de laboratorio expresado en °C, se toma la muestra del centro del reactor. La temperatura durante el proceso de compostaje ocurre principalmente en tres fases: Mesófila, Termófila y de enfriamiento. La fase mesófila ocurre durante los primeros días donde la temperatura aumenta, las poblaciones microbianas de los mesófilos van siendo remplazados por otros microorganismos, también heterotróficos pero termófilos, la temperatura comienza a descender y se establece una nueva etapa mesofílica y se inicia la maduración del abono (Saswat M, 2022).

La mezcla en los reactores comienza con una rápida descomposición en las etapas de calentamiento, alta temperatura, enfriamiento y maduración. “Al principio los compuestos orgánicos como el almidón, los azúcares y grasas descomponen y el calor generado durante este proceso calienta la mezcla. En la etapa máxima, la pérdida de calor es más o menos igual a la cantidad de calor generado por los microorganismos” (Raj K Singh., 2018).

Figura 2. Termómetro.



La temperatura del aire exterior también afecta el proceso de descomposición. Las temperaturas en primavera y el verano pueden estimular las bacterias y aceleran la descomposición, mientras que en las bajas temperaturas del invierno detienen temporalmente el proceso de compostaje. El periodo de evaluación del proceso de compostaje del guishe de agave de lechuguilla fue de 2 meses, al final del proceso de compostaje en este estudio se tomó una muestra de cada uno de los reactores y se realizó la caracterización fisicoquímica en laboratorio y beneficios finales del bokashi.

Ph

El pH es uno de los parámetros más importantes del suelo directamente asociados con el desarrollo de las plantas, si el pH aumenta puede deberse a la acumulación de cenizas y la posterior disolución de hidróxidos y carbonatos.

Durante la elaboración del bokashi se tomó una muestra de los reactores para medirla con un potenciómetro diariamente, al terminar el proceso de compostaje del bokashi se realizaron análisis físicos y químicos, el pH vario entre las mezclas utilizadas. “Los valores obtenidos para cada uno de los reactores considerados alcalinos, el pH influye en la asimilación de nutrientes por las plantas, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. Cuando el pH es alto se puede corregir mediante adición de azufre, sulfato ferroso, sulfato de aluminio u otros componentes azufrados” (Barbaro Lorena ., 2019).

Ce

La conductividad eléctrica es una variable que se estima por la salinidad y está relacionada con la concentración de sales disueltas en una composta, la unidad de medición de la CE es dS/m (deciSiemens por metro) es decir a mayor CE, mayor cantidad de sales. Debido a la mineralización de la materia orgánica, además la CE a menudo tiende incrementar durante el proceso del compostaje.

“El alto contenido de CE dificulta la absorción de agua por las raíces de las plantas de cultivos tradicionales y por lo tanto, podrían disminuir el desarrollo de las plantas debido a desbalances nutricionales o efectos fitotóxicos, pero si se quisieran utilizar para la producción de otras plantas que no toleran altos contenidos de salinidad, se podría corregir con lixiviación en las mezclas previas al composteo” (Barbaro Lorena ., 2019).

Figura 3. Potenciómetro.



La conductividad eléctrica del suelo (CE) mide la capacidad del agua del suelo para transformar corriente eléctrica. La conductividad eléctrica es un proceso electrolítico que tiene lugar principalmente a través de poros llenos de agua, se expresa en deciSiemens por metro (dS/m). En la agricultura la conductividad eléctrica se ha utilizado principalmente como medida de salinidad del suelo. Menciona (Medelaine Q., 2018) que la conductividad eléctrica del suelo no afecta el crecimiento de las plantas, pero se ha utilizado como un indicador indirecto de la cantidad de nutrientes disponibles para la absorción de las plantas y los niveles de salinidad. Los suelos con una conductividad eléctrica alta como resultado de una alta concentración de sodio generalmente tienen una estructura y un drenaje deficientes, y el sodio se vuelve tóxico para las plantas.

Figura 4. Muestra de ce.



Se espera que el guishe sea una fuente potencial para la elaboración de bokashi, debido al volumen generado después del aprovechamiento para la obtención de la fibra para lograr disminuir la contaminación o ya sea para fines agronómicos en cultivos, huertos o bien para venta de bokashi generando un ingreso extra a los pobladores.

CAPITULO II

Metodología

La investigación se llevó a cabo en etapas, cada una con un enfoque metodológico diseñado para cumplir con los objetivos específicos establecidos. A continuación, se describen las actividades correspondientes a cada objetivo.

Para cumplir con el objetivo 1

- ✓ Analizar cómo percibe la población de Jalpa el uso actual y potencial del guishe como abono.

La investigación comenzó en noviembre de 2023 con una visita de campo a la comunidad de Jalpa, en el municipio de General Cepeda, Coahuila, ubicada en el norte del país. Durante esta visita, se realizaron entrevistas y se emplearon metodologías participativas con los campesinos y campesinas de la comunidad. Se emplearon herramientas como entrevistas semiestructuradas, observación participante, diálogos con informantes clave y la revisión de fuentes de información secundaria (VÉLEZ, 2022).

Ubicación y descripción del área de estudio

Las experiencias destacadas se encuentran en la región del semidesierto del estado de Coahuila, en la localidad de Jalpa, municipio de General Cepeda. La comunidad ha participado en programas gubernamentales mediante la formación de asociaciones de productores de ixtle.

Figura 5. Comunidad de Jalpa.



La entrevista es el medio utilizado para obtener información, por lo que se empleó como fuente de investigación debido a su fiabilidad, especialmente porque parte de la información proporcionada se puede confirmar con la revisión de documentos. La entrevista fue realizada a un grupo de 10 personas, 5 mujeres y 5 hombres que fueron escogidos estratégicamente, por lo tanto, se recolecto experiencias que nos ayudan para obtener la mejor información.

Condiciones climáticas

Según el (INEGI, 2023), el clima en el ejido de Jalpa, municipio de General Cepeda, Coahuila, es predominantemente seco y semiseco. La temperatura media anual oscila entre 18°C y 22°C. las temperaturas más altas, que superan los 30°C, se registran entre mayo y agosto, mientras que las más bajas, alrededor de 4°C, ocurren en enero. Las precipitaciones son escasas y se concentran en el verano, con un promedio anual de 400 mm.

Uso del suelo

Gracias a las precipitaciones el suelo se caracteriza principalmente por matorrales y pastizales. Una parte considerable del terreno se destina a la agricultura, y otra gran parte alberga una abundante cantidad de agave de

lechuguilla que crece en esta región. También hay una pequeña zona rural y áreas dedicadas a actividades ganaderas. Los suelos son mayormente áridos.

Muestreo representante

Este estudio comenzó con entrevistas semiestructuradas a informantes clave en el ejido de Jalpa, lo cual permitió ajustar el cuestionario y hacerlo más comprensible para su aplicación. La entrevista semiestructurada facilitó un diálogo sobre la percepción del campesinado y las estrategias de supervivencia desarrolladas por ellos, obteniendo así una visión propia del campesinado. Se explicó el objetivo de esta actividad, y la información fue comparada y complementada con los diálogos realizados con informantes clave. Los informantes clave fueron 5 mujeres y 5 hombres.

Grupos de enfoque

Por lo tanto, mi grupo de enfoque se centró principalmente en los productores de Jalpa, que proporcionan información sobre las actividades que se realizan allí. La actividad principal es la agricultura, destacando el cultivo de frijol y maíz. Entrevisté a tres mujeres que trabajan en las tres tiendas principales del ejido, quienes mencionaron que varias familias trabajan el guishe artesanalmente para venderlo, y que los agricultores lo utilizan para prevenir la erosión del suelo.

Estructura de la guía de entrevista

En la entrevista, se exploraron aspectos generales de cada individuo mediante datos personales básicos, como nombre, nombre de la comunidad y fecha de la entrevista. Además, se incluyeron preguntas relacionadas con las dimensiones del estudio, tales como la economía productiva, el uso del suelo, la utilización y beneficios del guishe, el apoyo institucional o gubernamental recibido y las prácticas culturales. En cuanto a la dimensión ambiental, se evaluaron las prácticas y la

planificación agropecuaria. El tiempo puede ser un factor limitante para interactuar con la gente del ejido, aunque ellos muestran interés en mejorar el suelo utilizando el guishe de la comunidad.

La muestra se eligió según la disponibilidad e interés de las personas en participar. Para cumplir con el primer objetivo, se llevó a cabo una entrevista semiestructurada, complementada con recorridos por las unidades de producción para realizar observación participante y del entorno, además de mantener conversaciones informales con los actores clave involucrados en el proceso.

Se formularon preguntas dirigidas a explorar la posibilidad de combinar bokashi con guishe, incluyendo:

1. ¿Cuánto habitan en su casa?
2. ¿Qué hacen con el guishe?
3. ¿Considera que es un problema el guishe?
4. ¿Cuál es el uso actual que le dan al guishe?
5. ¿Han considerado utilizar guishe de agave de lechuguilla como abono para sus cultivos?
6. ¿Qué propiedades creen que podría aportar el guishe al bokashi?
7. ¿Conocen el uso de bokashi como abono para sus cultivos?
8. ¿Existe alguna problemática con el suelo?
9. ¿Qué beneficios esperan obtener al incorporar guishe al suelo?
10. ¿Qué hacen para mejorar el suelo?
11. ¿Han utilizado guishe en la preparación de algún abono?
12. ¿De qué manera fertilizan?
13. ¿Qué tipo de abono utiliza para sus cultivos?
14. ¿Considera usted que el guishe es una problemática para su región?
15. ¿Estarían dispuestos a usar guishe para hacer una composta o bokashi?
16. ¿Qué tipo de compostas conocen?
17. ¿Cuál es su nombre?
18. ¿Qué impacto tiene el guishe en el suelo y la productividad a largo plazo?
19. ¿Porque acumulan el guishe?

20. ¿Cómo afectaría esto a los costos y la disponibilidad de materiales?

Entrevistas

El objetivo es fomentar una conversación semiestructurada sobre cómo se percibe al campesinado y las estrategias que este ha desarrollado para sobrevivir. Al comenzar la entrevista, se clarificaron los objetivos de la actividad y se explicaron las preguntas si era necesario. La información obtenida fue contrastada y enriquecida con las entrevistas a informantes clave, utilizando herramientas participativas.

Compilación y análisis de la información

Este proceso consistió en sistematizar la información recopilada en el campo mediante entrevistas con informantes clave, diálogos participativos y observaciones registradas. Al mismo tiempo, se vinculó con estrategias para el uso de guishe y la elaboración de bokashi.

Para cumplir con el objetivo 2

- ✓ Cuantificar los parámetros de conductividad eléctrica (CE), potencial de hidrogeno (PH) y temperatura (T°) atreves del tiempo de fermentación del bokashi y contrastar en 4 formulaciones diferentes (Tratamiento 2: 25%de guishe, Tratamiento 3: 50% de guishe, Tratamiento 4: 75% de guishe, Tratamiento 5: 100% de guishe).

Método de investigación

El presente estudio realizo una investigación cuasi experimental en la que se evaluaron cinco formulaciones diferentes de bokashi, utilizando estiércol de bovino y remplazando la proporción de paja por guishe en las siguientes cantidades: 100/0%, 75/25%, 50/50%, 25/75%, 0/100%. Para la elaboración de bokashi, se siguió el método propuesto por (Anderson Julian, 2016) que busca incrementar la

diversidad microbiana y mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo. Los tratamientos variaron según el material orgánico utilizado.

Para elaborar bokashi se construyó un biodigestor para procesar los productos fermentados y los residuos orgánicos que generan los agricultores rurales de la comunidad de Jalpa, con el fin de analizar la cantidad de materia orgánica que puede aportar el bokashi al suelo. Según (Scarlet Vania., 2022), hasta el 50% de la materia orgánica puede transformarse en CO₂, agua, sales minerales, y se observan pérdidas de nitrógeno y fósforo entre el 20% y el 77% del nitrógeno inicial, mientras que el fósforo se reduce en un 39% debido al lixiviado.

Es importante mejorar la uniformidad de los materiales secos, por lo tanto, estos fueron triturados por separado en un molino con cuchillas, obteniendo partículas de tres milímetros para facilitar la homogenización. El diseño del modelo de biorreactor requirió cinco reactores idénticos, que permitieran recolectar el lixiviado y agregar los materiales adicionales. La mezcla se mantuvo cubierta durante el proceso. Cada preparación se realizó en reactores de 19 litros, con un volumen de mezcla de aproximadamente 15 litros. Es importante ayudar en el proceso de fermentación por lo que, se inoculó el sustrato inicial con bacterias de ácido láctico, y las diferentes temperaturas dentro del reactor se controlaron mediante un sistema de recirculación.

Bacterias de ácido láctico

Para la preparación de bacterias de ácido láctico como metabolito de la fermentación de los materiales, el autor (M. Ikeda David., 2013) menciona que las bacterias de ácido láctico (BAL) son uno de los principales microorganismos utilizados en la fermentación de alimentos, contribuyendo e inhibiendo el deterioro de los residuos.

Para preparar bacterias de ácido láctico primero se debe lavar los granos de arroz con agua limpia ya que se pueden acumular colonias de ácido láctico en el agua de enjuague. Se procede a dejar reposar el enjuague del arroz de 3 a 5 días.

Después se agrega leche con alto contenido en lactosa como fuente de alimento para las bacterias de ácido láctico, después de 3 a 5 días adicionales, el cultivo se separa en fracciones sólidas y líquidas. La fracción líquida es el cultivo de bacterias de ácido láctico y la fracción sólida se puede utilizar para alimentar al ganado.

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en 2023 en el área de permacultura de la división de ciencias socioeconómicas departamento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Materia prima

Para la elaboración del bokashi se utilizó una cierta cantidad de residuos orgánicos vegetales y animales. Además, necesitamos de algunos materiales que nos ayudaron a monitorear las muestras: Termómetro digital, medidor de pH, medidor de conductividad eléctrica, plásticos, cámara fotográfica, balanza digital, probeta y guantes.

Cuadro 1. Materia prima.

No.	Componentes	Bibliografía (kg)	Literatura (%)	Contenedor (l)
1	Estiércol	350	28	4.2
2	Paja/Guishe	350	28	4.2
3	Carbón	175	14	2.1
4	Tierra	300	24	3.6
5	Ceniza	47.5	3.8	0.57
6	Melaza	2	0.16	0.024
7	Levadura	0.5	0.04	0.006
8	Agua	25	2	0.3
	Total	1250	100	15

Composición del bokashi, estos datos se ajustaron a un volumen de 15 litros por reactor, siguiendo las relaciones mencionadas en la literatura, modificando las relaciones de paja y guishe, así como sustituyendo el agua por la solución de bacterias de ácido láctico. En la literatura se realizaron los cálculos para generar 1250 kg de bokashi, con la diferencia que este fue trabajado en pilas en el suelo y no en reactores individuales.

Pretratamiento de materia prima

Es importante primero que nada procesar y preparar las muestras antes de realizar las pruebas analíticas, es importante recordar que los microorganismos son los encargados de compostar los diferentes tamaños de partícula, se debe de tratar de lograr reducir la dimensión del material a compostar para alcanzar un tamaño de partícula promedio a tres mm en todos los materiales.

Molino

Los molinos de dos aspas nos permiten fracturar los materiales para lograr reducir su tamaño con el objetivo de lograr una mezcla homogénea entre los materiales en este caso 3 mm.

Procedimiento de moler

Se colocó un costal en la parte de abajo del molino para recolectar los materiales, dentro del molino los agregados se rompen golpeándolos ligeramente con un palo de madera por la parte de arriba del molino.

Reactores

Las muestras de bokashi deben de estar en perfectas condiciones para poder realizar su proceso de fermentación, por lo tanto, se crearon reactores para poder

darles a las muestras y a los microorganismos unas óptimas condiciones en el proceso de compostaje.

Materiales reactor

Para almacenar las muestras del bokashi fue necesario crear 5 reactores idénticos, se necesitaron los siguientes materiales.

Cuadro 2. Materiales reactor.

No.	Producto	Cantidad	Unidad
1	Cubeta plástico 20 Lts	10	Pz
2	Malla metálica	2	m2
3	Tornillos	25	Pz
4	Taladro	1	Pz
5	Llave de plástico	5	Pz
6	Vaso de vidrio	5	Pz

Elaboración

Para crear un reactor fue necesario perforar una cubeta por la parte de abajo con el taladro esto con la finalidad de que el lixiviado del bokashi puede ser recolectado, se coloca una malla metálica y se atornilla con la cubeta. Otra cubeta será perforada por un costado en la parte de abajo para colocar la llave que nos permitirá recolectar el lixiviado.

Figura 6. Reactores.



Cálculo del porcentaje de los residuos a compostar del reactor 1

Se puede observar que la cantidad de guishe fue remplazado completamente por la paja. En este sentido se compara la cantidad utilizada de guishe y paja en cada uno de los reactores, la paja es un material muy utilizado para elaborar bokashi gracias a que es fácil de encontrar en la región, pero es utilizada como alimento para el ganado.

Figura 7. Paja triturada.



En la imagen se puede observar que la paja fue triturada por un molino para obtener un tamaño de partícula uniforme con los demás materiales que se van compostar, se agregaron 4.11 kg de paja.

Cálculo del porcentaje de los residuos a compostar del reactor 2

En el segundo tratamiento se puede observar que el guishe es agregado a un 25% de su peso inicial (1.027 kg) en comparación con el primer reactor, la paja disminuye su cantidad en el reactor (3.082 kg). Se continúa agregando el guishe en los siguientes reactores, con la regla de tres para cada material que se agrega al bokashi.

Figura 8. Estiércol de bovino.



De igual manera se le agregan los demás materiales para elaborar el bokashi, el estiércol de bovino (4.11) contiene alto contenido en nitrógeno y carbono por lo que ayudara en el proceso de compostaje.

Cálculo del porcentaje de los residuos a compostar del reactor 3

Tratamiento que muestra una igualdad de proporciones entre el guishe (2.055 kg) y la paja (2.055 kg). La regla de tres de la paja y guishe son las mismas para equilibrar las proporciones adecuadas. Los demás materiales utilizados en el bokashi no cambian en ningún reactor.

Figura 9. Carbón triturado.



Es importante agregar una fuente importante de material mineral, por lo tanto, se agrega el carbón (2.055) que se trituro con un molido, para alcanzar un tamaño de partícula adecuado para homogeneizar con los demás materiales del bokashi.

Cálculo del porcentaje de los residuos a compostar del reactor 4

En el siguiente tratamiento se identifica una disminución de paja (1.027) a comparación del otro tratamiento y por el contrario el guishe (3.082) aumento. Se realiza una regla de tres simples para obtener los valores en kilogramos de guishe y paja.

Figura 10. Ceniza.



Cálculo del porcentaje de los residuos a compostar del reactor 5

El Tratamiento cinco con una proporción adecuada para el reactor con capacidad de 15 kg se le agrega el guishe (4.11) proporcionado por los ixtleros de Jalpa, se utiliza una regla de tres simples para obtener las cantidades adecuadas.

Figura 11. Guishe Triturado.



En este tratamiento se observa que la cantidad de paja fue remplazada totalmente por la de guishe, este residuo vegetal es utilizado por los productores ixtleros para rellenar zanjas y hacer bordos, pero no es tratado adecuadamente para su compostaje.

Aplicación y monitoreo de las mezclas

Cada reactor se le analizaba 2 veces al día (mañana y tarde) para reconocer posibles cambios de las mezclas, en el muestreo a cada reactor se le retiraba 20 gr de muestra para poder hacer los análisis. El porcentaje de humedad se tomó con un puño de la mezcla de bokashi y se comprimió con la mano dejando escurrir unas pocas gotas.

Para cumplir con el objetivo 3

- ✓ Identificar el impacto que genera el bokashi en los parámetros: PH, Ce, Temperatura, Materia orgánica, Textura y Porosidad

Después de cinco meses de que el bokashi fuera incorporado al suelo, se analizaron los cambios generados por el bokashi, por medio de las diferencias entre el suelo sin tratar y el suelo tratado, se determinó el cambio de propiedades químicas al medir en contenido de materia orgánica (MO), potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE), así como sus propiedades físicas al medir los cambios en textura, densidad y contenido de espacio poroso del suelo. La elaboración de las mezclas y la toma de mediciones de temperatura se llevaron a cabo en el centro de permacultura de la UAAAN, las mediciones de los demás parámetros se realizaron en el laboratorio de análisis de suelo de la misma institución.

Ph

Durante la elaboración del bokashi se tomaron muestras de los reactores para medir su pH diariamente y al terminar el proceso de compostaje del bokashi se realizaron análisis físico y químicos.

Figura 12. Muestra ph.



La escala de pH va de 0 a 14, con valores por debajo de 7.0 ácido y valores por encima de 7.0 alcalino. Un valor de pH de 7 se considera neutro, un pH de 4.0 es diez veces más ácido que un pH 5.0.

Para determinar el pH de una muestra de suelo se debe de interpretar los resultados obtenidos, primero se calibra el potenciómetro para realizar las mediciones correctamente, posteriormente se siguió el siguiente procedimiento.

1. Pesar 20 gr de muestra de bokashi de cada reactor, colocarlos en un vaso.
2. Agregar 40 ml de agua destilada.
3. Mezclar con una varilla para hacerla homogénea.
4. Medir el pH de la solución y registrar el valor obtenido cuando llegue el equilibrio cuidando de no sumergir el electrodo del potenciómetro en la parte sedimentada de la muestra.
5. Limpiar el potenciómetro con agua destilada para desprender partículas del suelo.
6. Repetir el proceso de medición de pH 5 veces para generar un promedio representativo del pH de la muestra.

Ce

Para poder determinar la conductividad eléctrica de una muestra del bokashi, se debe de hacer toma de muestras para poder interpretar adecuadamente los resultados, a continuación, se mencionan los pasos a seguir para realizar correctamente el procedimiento para toma de muestras de cada uno de los reactores.

Figura 13. Conductímetro.



1. Pesar 20 gr de bokashi, sin materia orgánica, y colocarlos en un vaso.
2. Agregar 40 ml de agua destilada.
3. Mezclar con una varita hasta formar una solución homogénea.
4. Medir la conductividad eléctrica de la solución y registrar el valor obtenido cuando llegue al equilibrio realice esta operación sin sumergir el electrodo del conductímetro en la parte sedimentada de la muestra.
5. Limpiar el electrodo del conductímetro con agua destilada para desprender partículas de la mezcla.
6. Repetir el proceso de medición de la conductividad eléctrica al menos 5 veces para generar un promedio representativo de la conductividad de muestra de suelo.

Este proceso se repitió en la mañana y en tarde durante el tiempo del experimento.

Temperatura

Al igual que el pH y la conductividad eléctrica, la temperatura también es un proceso principal en el bokashi por lo que se realizó un monitoreo todos los días, 2 veces al día durante el proceso de compostaje. Durante el proceso de compostaje ocurren tres fases: Mesófila, Termófila y de enfriamiento. El periodo de evaluación del proceso de compostaje del guishe de agave de lechuguilla fue de 2 meses y para realizar su monitoreo se siguió con el siguiente procedimiento:

1. Con ayuda de un termómetro de laboratorio expresado en °C, se toman las muestras de temperatura.
2. Se procede a tomar la temperatura ambiental.
3. Se debe esperar como mínimo 1 minuto en lo que la temperatura se estabiliza en el termómetro.
4. Se capturan los datos obtenidos de la temperatura ambiental.
5. Después se tomó una muestra de cada uno de los reactores, la lectura del termómetro se tomó de la parte media de cada uno de los reactores.
6. Se debe de limpiar el termómetro para después utilizarlo para los demás reactores
7. Antes de meter el termómetro en el siguiente reactor, la lectura de termómetro debe estar a temperatura ambiente, así evitando datos alterados por los demás reactores.
8. Se capturaron las lecturas de los reactores.

Figura 14. Medición de temperatura.



CAPITULO III

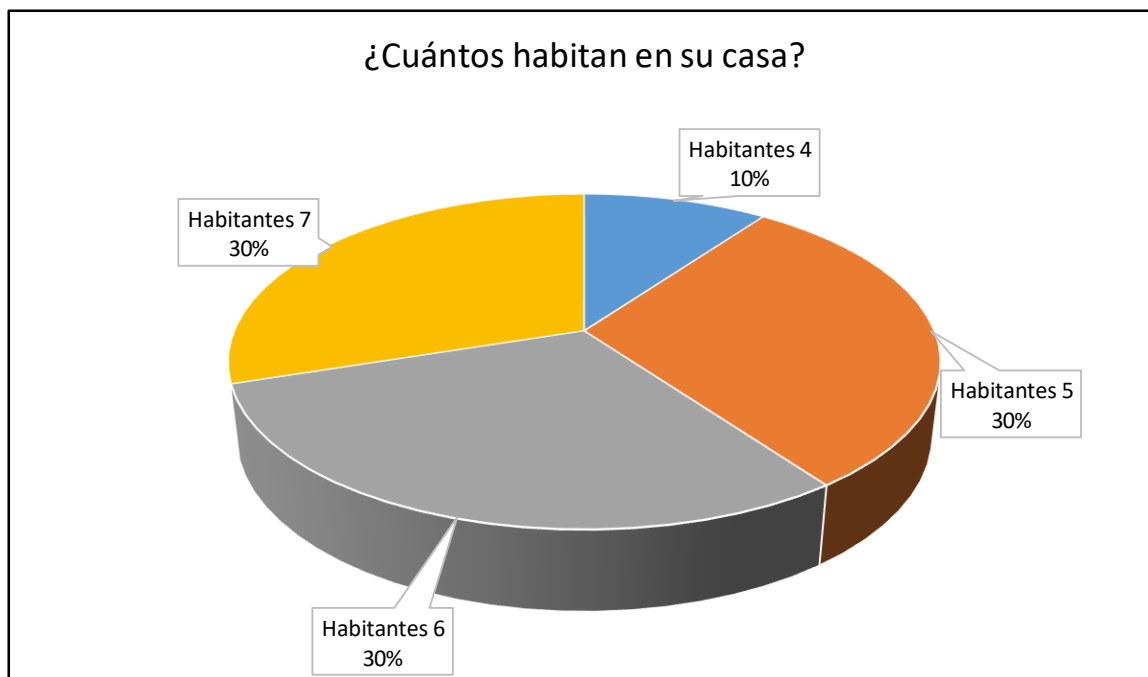
Resultados y discusión (Análisis de la información)

Resultados para el objetivo 1

- ✓ Analizar cómo percibe la población de Jalpa el uso actual y potencial del guishe como abono.

Se realizó una visita de campo con las personas del ejido, utilizando la observación y entrevistas. Las personas fueron elegidas estratégicamente para obtener mejor información, se entrevistaron 5 mujeres y 5 hombres, Durante la entrevista, se obtuvo una percepción del campesinado y se aplicó un cuestionario a un grupo de 10 personas que viven en Jalpa, lo cual permitió ajustar el cuestionario y hacerlo más comprensible para su aplicación. Los resultados obtenidos de la aplicación de entrevistas a los habitantes del ejido Jalpa, ubicado en el municipio de General Cepeda, indican que:

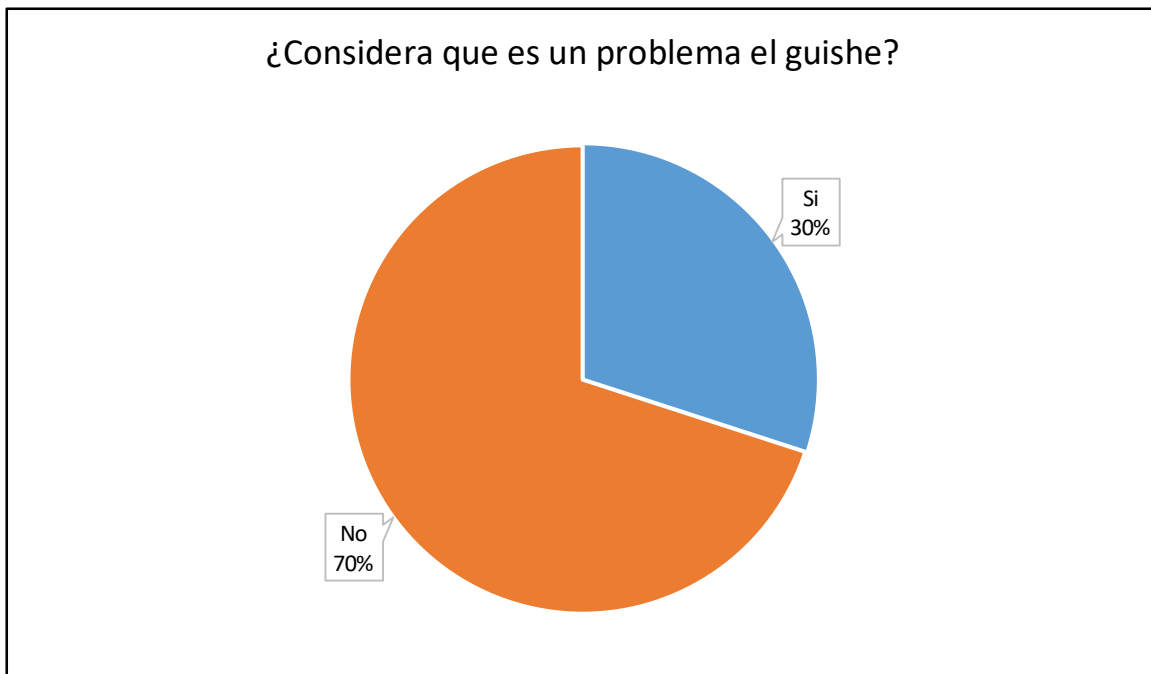
Grafica 1. ¿Cuántos habitan en su casa?



Grafica 2. ¿Qué hacen con el guishe?



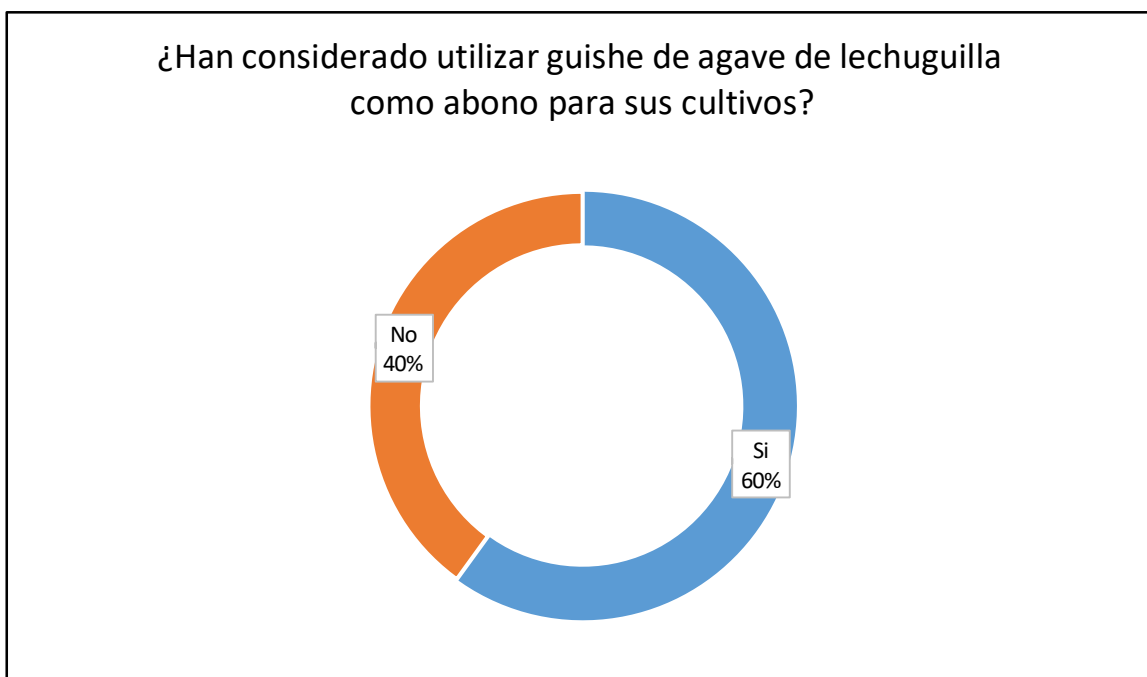
Grafica 3. ¿Considera que es un problema el guishe?



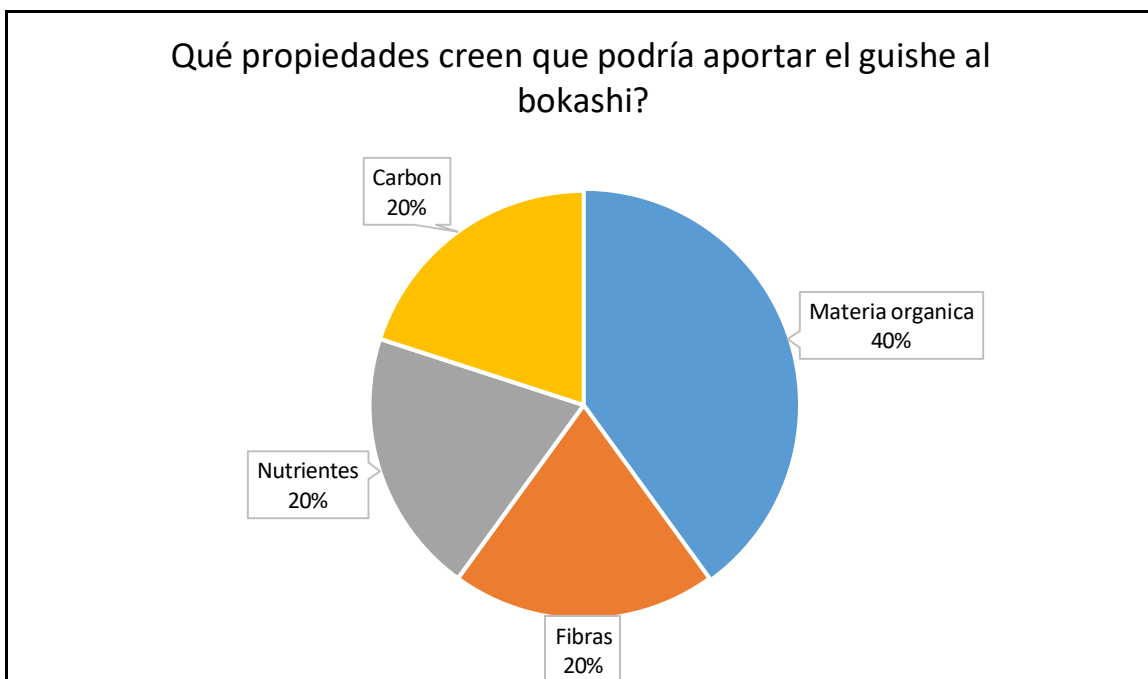
Grafica 4. ¿Cuál es el uso actual que le dan al guishe?



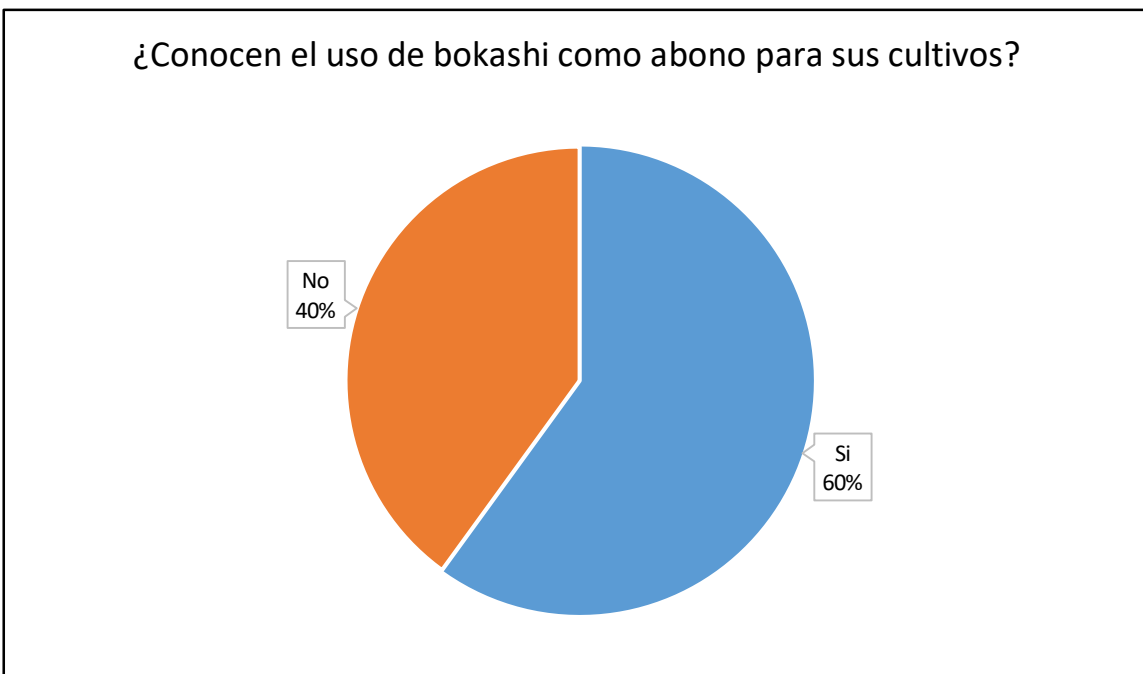
Grafica 5. ¿Han considerado utilizar guishe de agave de lechuguilla como abono para sus cultivos?



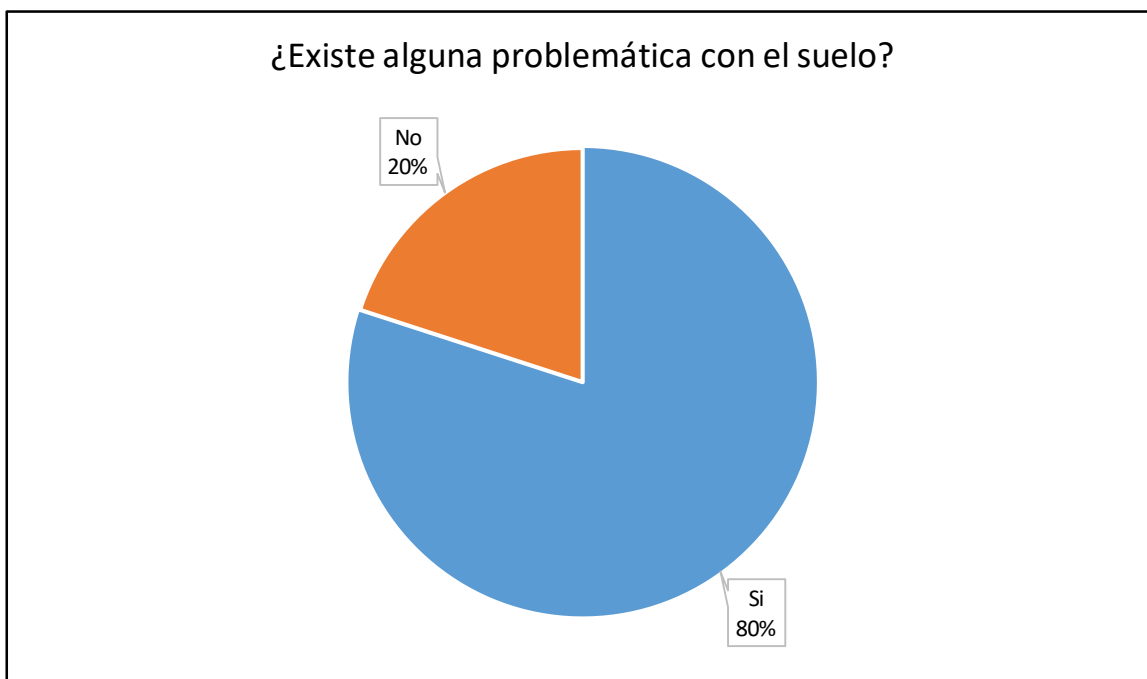
Grafica 6. ¿Qué propiedades creen que podría aportar el guishe al bokashi?



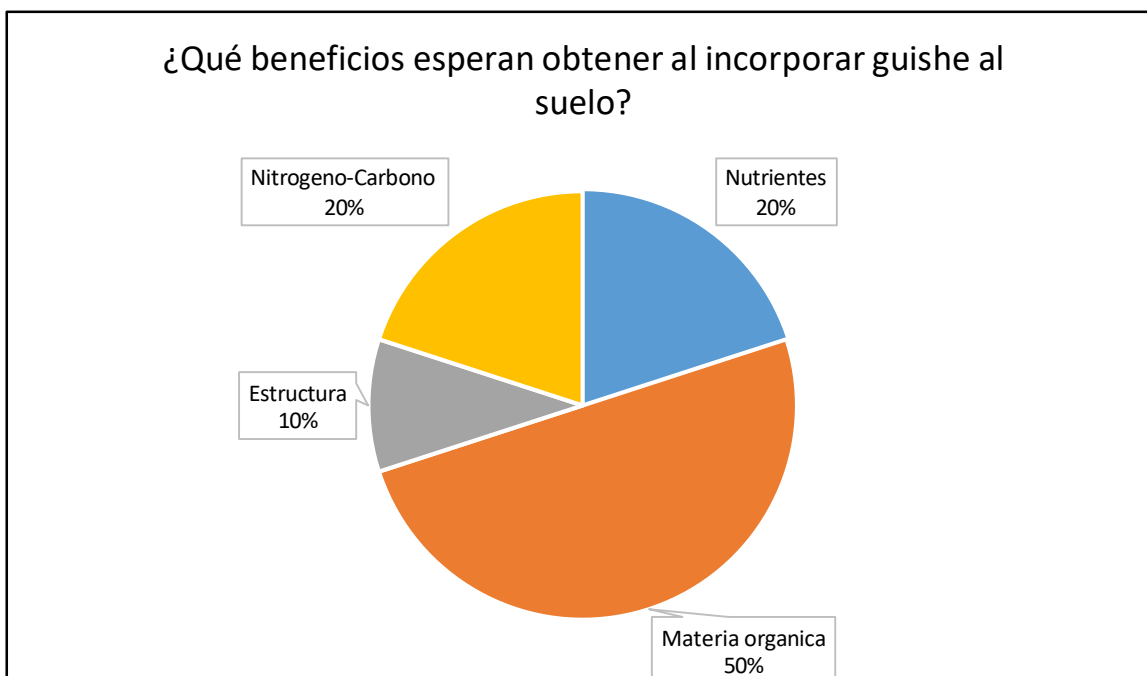
Grafica 7. ¿Conocen el uso de bokashi como abono para sus cultivos?



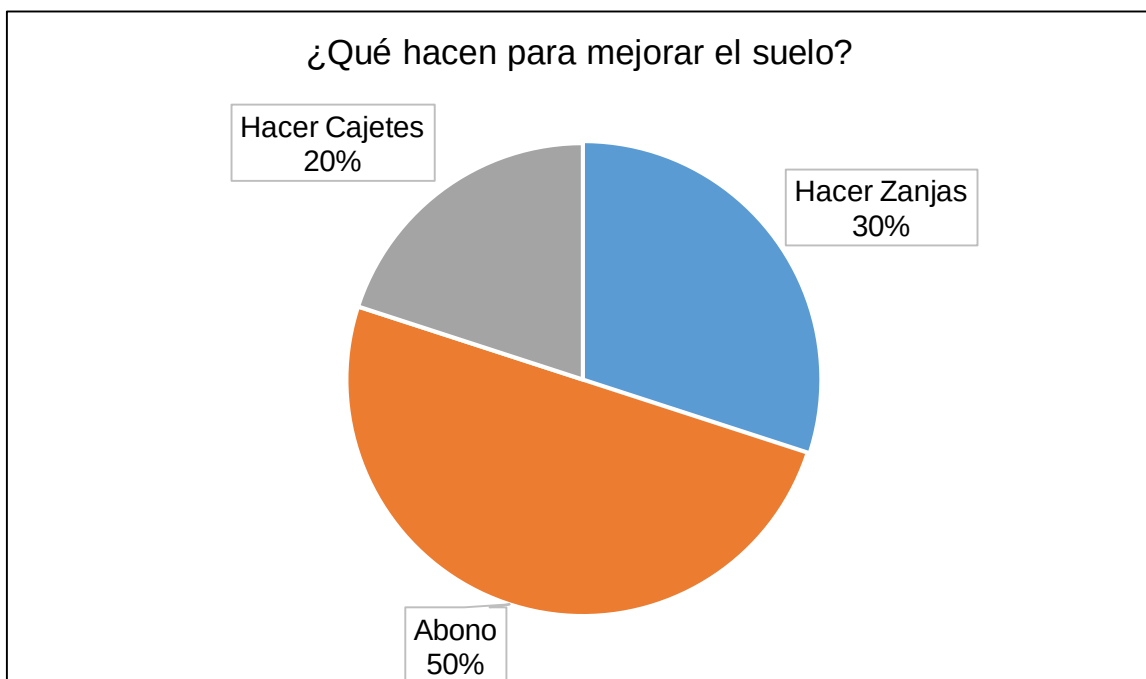
Grafica 8. ¿Existe alguna problemática con el suelo?



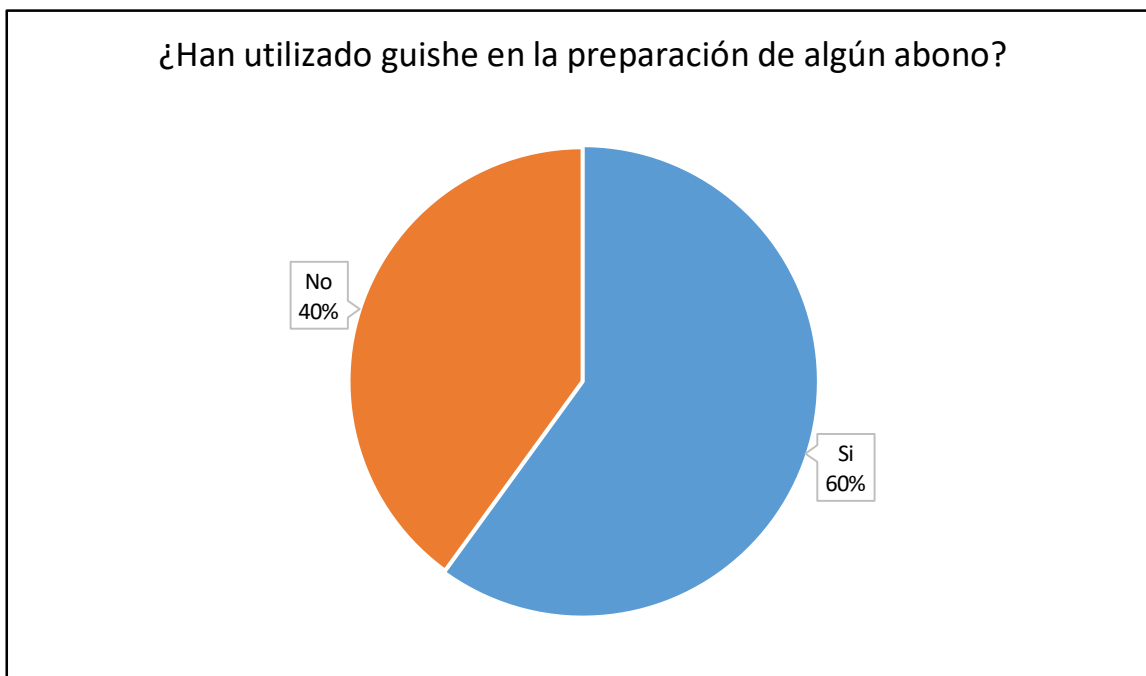
Grafica 9. ¿Qué beneficios esperan obtener al incorporar guishe al suelo?



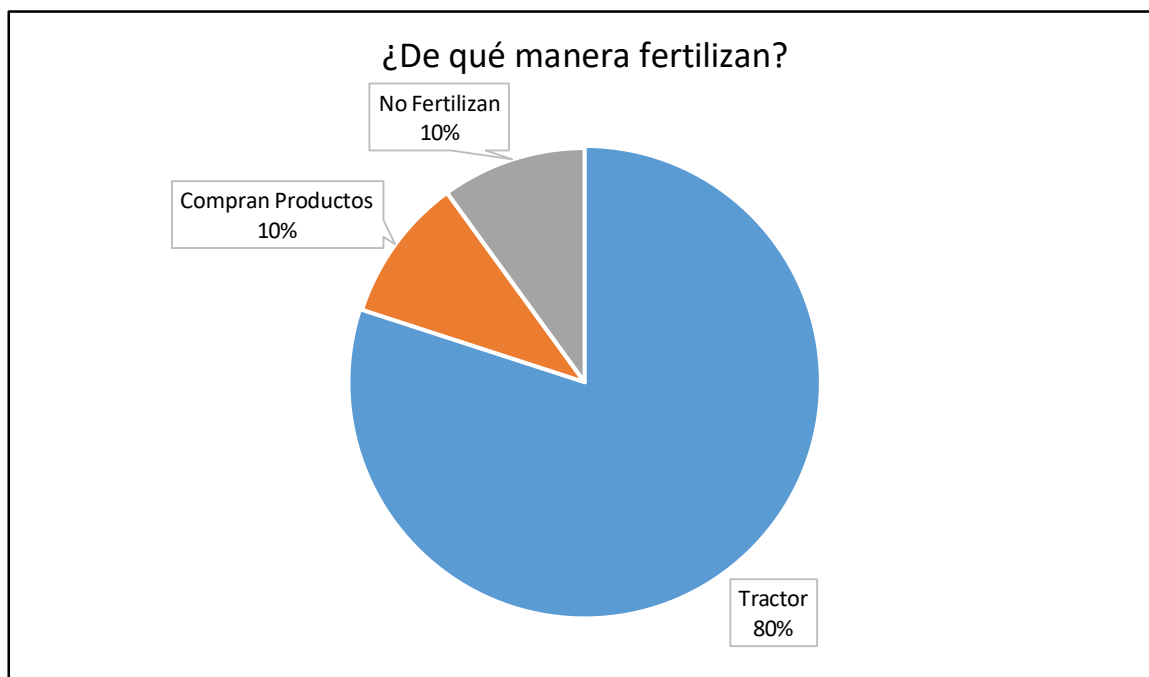
Gráfica 10. ¿Qué hacen para mejorar suelo?



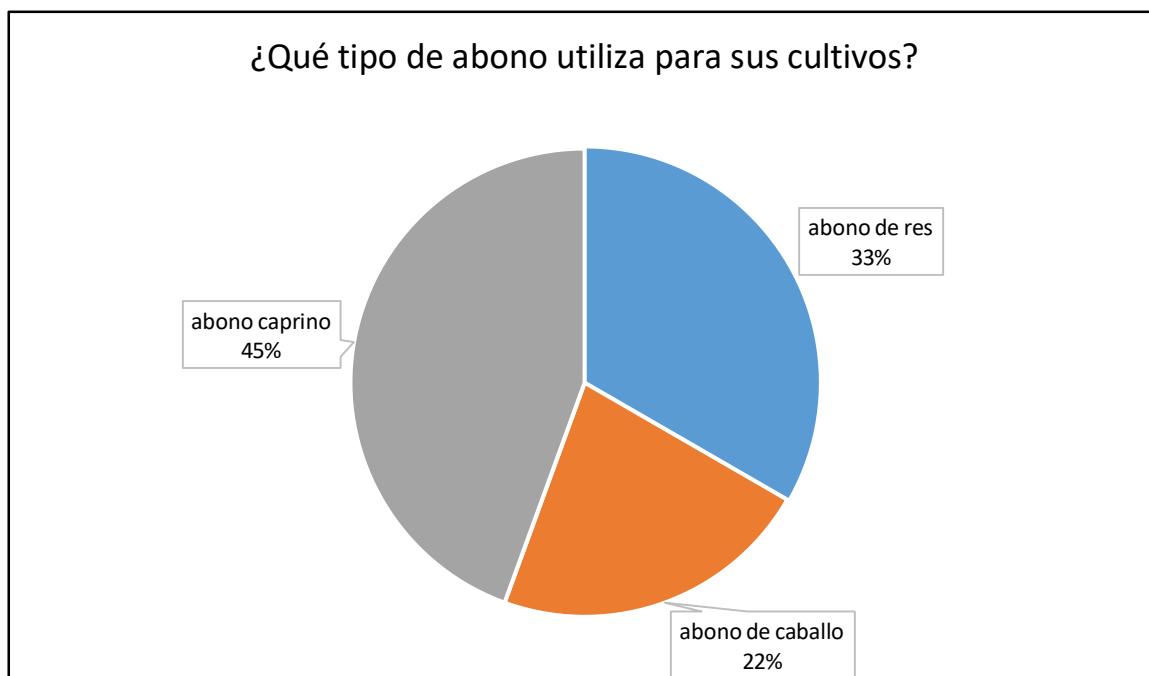
Grafica 11. ¿Han utilizado guishe en la preparación de algún abono?



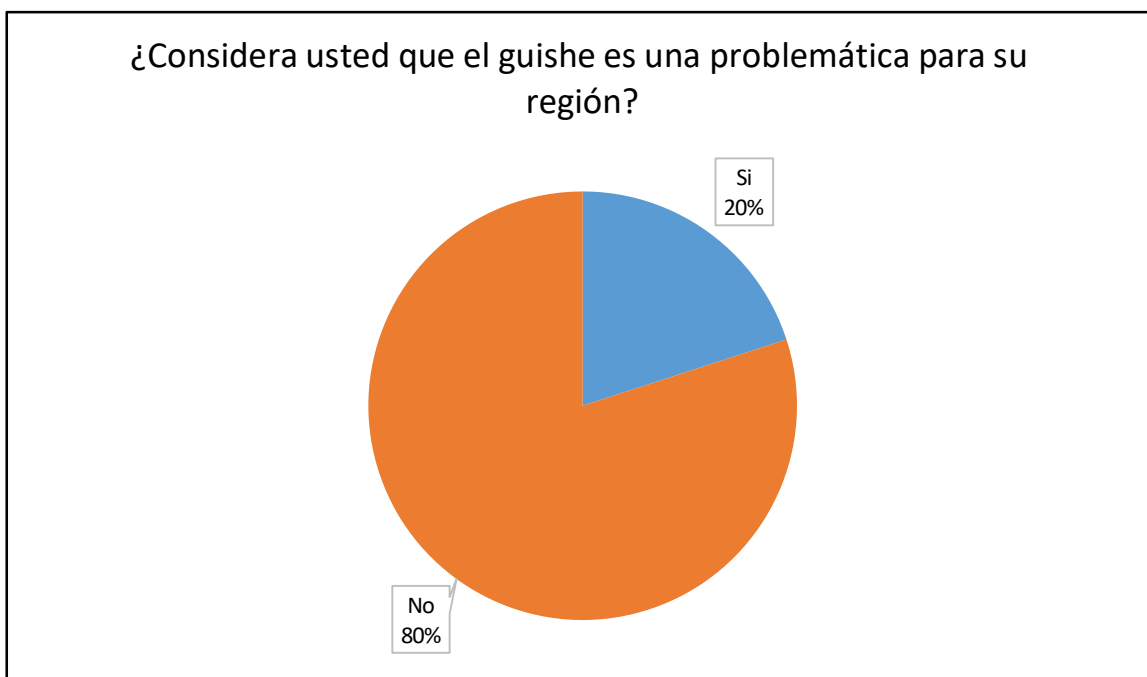
Grafica 12. ¿De qué manera fertilizan?



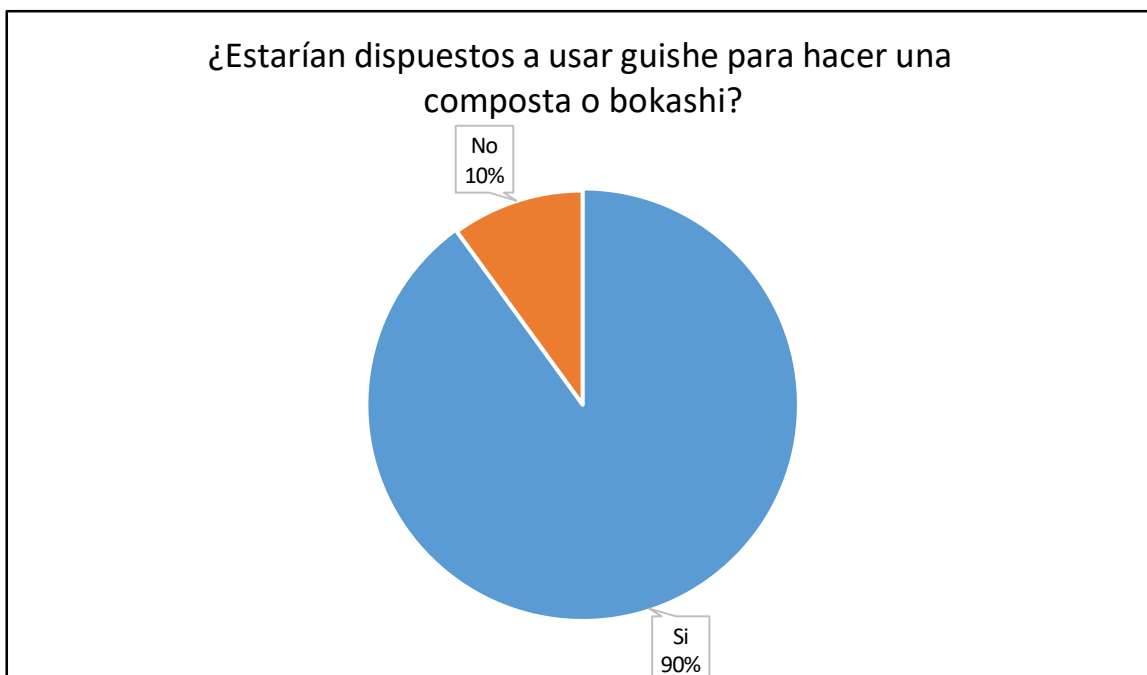
Grafica 13. ¿Qué tipo de abono utiliza para sus cultivos?



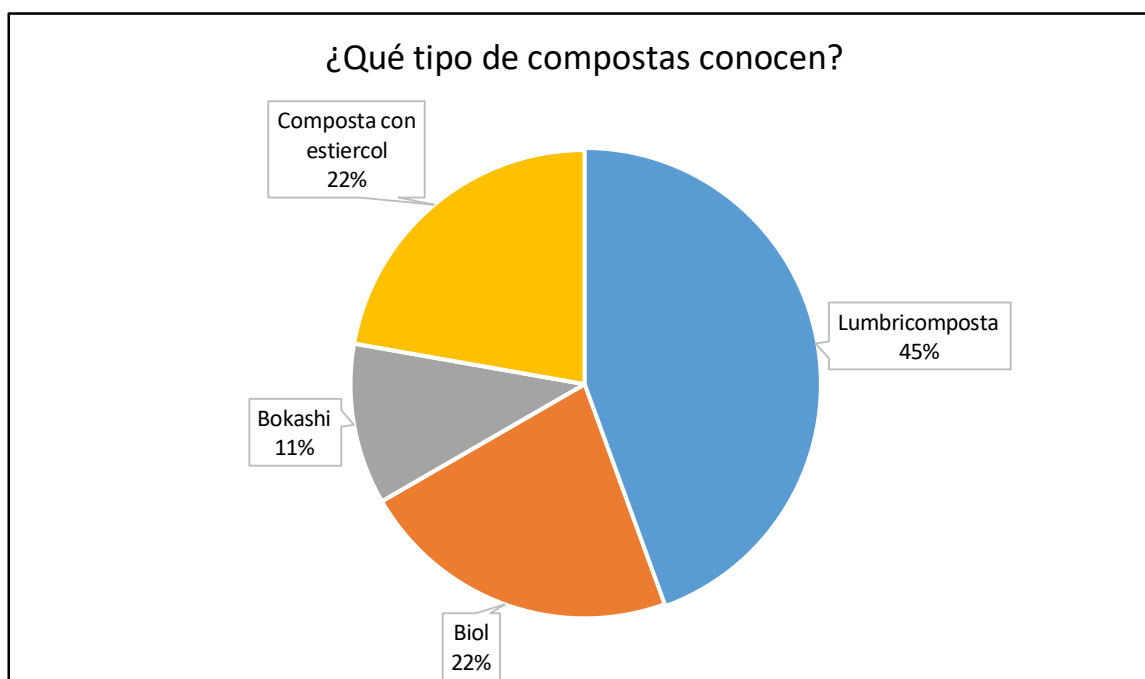
Grafica 14. ¿Considera usted que el guishe es una problemática para su región?



Grafica 15. ¿Estarían dispuestos a usar guishe para hacer una composta o bokashi?



Grafica 16. ¿Qué tipo de compostas conocen?



Como se puede apreciar en las gráficas los ejidatarios de Jalpa muestran interés por nuevas alternativas para utilizar el guishe, ya que no lo ven como alguna alternativa o uso, el guishe sin estar estabilizado puede afectar significativamente al suelo de la región por lo que se contamina y esto perjudica directamente a largo plazo ya que la productividad del suelo disminuye considerablemente, el guishe suele acumularse en zanjas que los productores ponen para evitar la erosión del suelo.

Compilación y análisis de la información

Este proceso consistió en sistematizar la información recopilada en el campo mediante entrevistas con informantes clave, diálogos participativos y observaciones registradas. Al mismo tiempo, se vinculó con estrategias para el uso de guishe y la elaboración de bokashi.

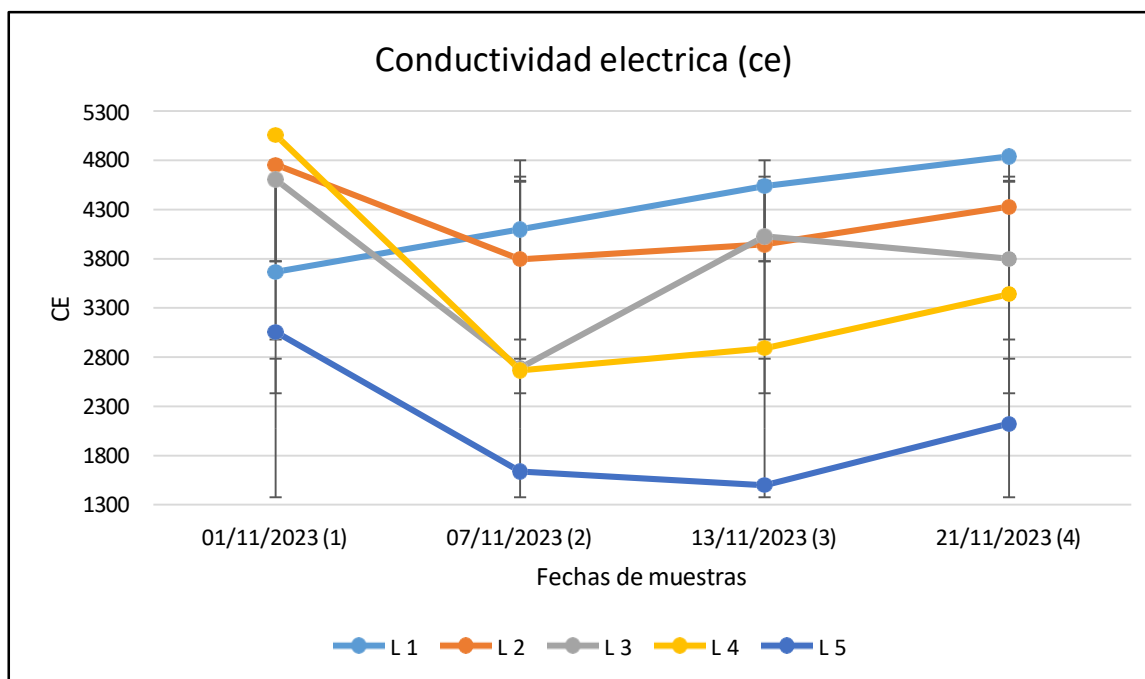
Resultados para el objetivo 2

- ✓ Cuantificar los parámetros de conductividad eléctrica (CE), potencial de hidrogeno (PH) y temperatura (T°) a través del tiempo de fermentación del bokashi y contrastar en 4 formulaciones diferentes (Tratamiento 2: 25% de guishe, Tratamiento 3: 50% de guishe, Tratamiento 4: 75% de guishe, Tratamiento 5: 100% de guishe).

Conductividad eléctrica (ce) de los reactores

Se evidencio la conductividad electrica de los tratamientos durante el proceso de compostaje. Mostrando que la conductividad eléctrica tiende a incrementar su valor (día 15) en su segunda muestra que es durante el proceso de elaboración de bokashi, por fenómenos de mineralización de la materia orgánica presente en todas las mezclas.

Grafica 17. Conductividad eléctrica (ce) de los tratamientos durante el periodo de maduración del bokashi.



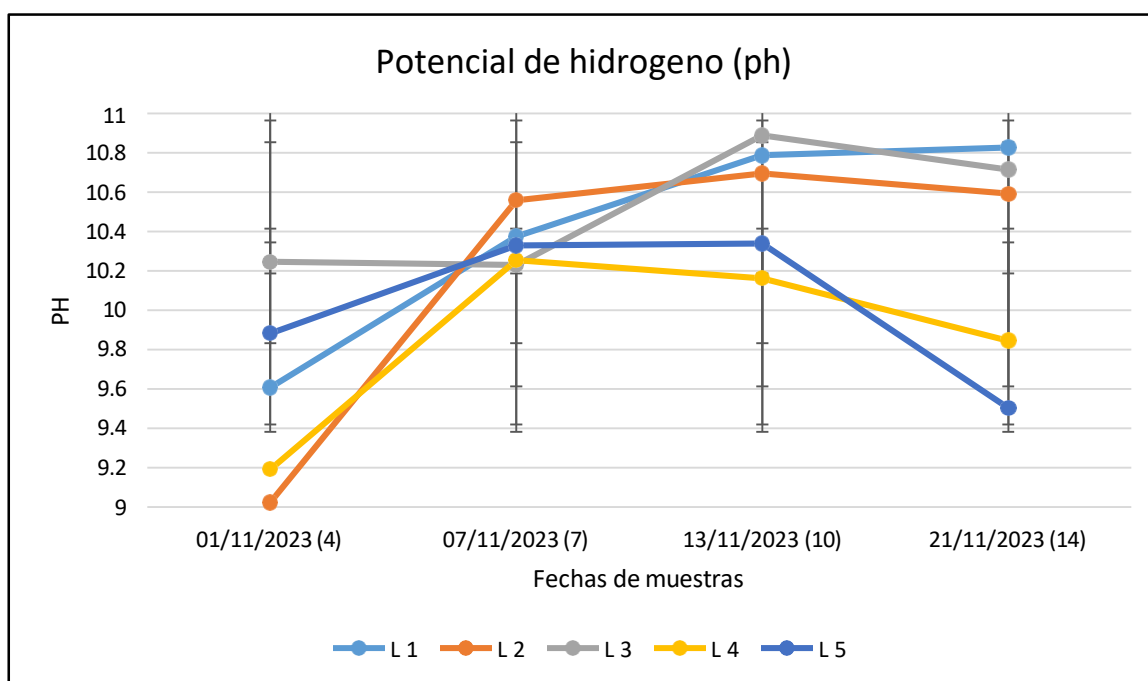
Las variaciones en los diferentes tratamientos mostraron variaciones similares en la conductividad eléctrica, los mayores valores de conductividad eléctrica presentados por L1 se mantuvieron hasta el final de la prueba esto puede

deberse a la composición de los residuos de origen (previos al compostaje), las mezclas de bokashi se consideran salinas.

Potencial de hidrogeno (ph) de los reactores

Se puede observar la variación del pH durante el proceso de elaboración del abono fermentado tipo bokashi, los valores se mantuvieron mayormente entre un pH de 9 en los primeros 5 días y un pH de 10 en el día 7. Durante el proceso de compostaje el pH se mantiene entre 10.5 - 11 hasta la toma de muestra número 10, al final de tiempo de fermentación las mezclas de los tratamientos se estabilizaron en la muestra número 14 se identifica que su rango permanece entre 9 - 11 esto significa que las muestras son de pH alcalino.

Grafica 18. Potencial de hidrogeno (ph).

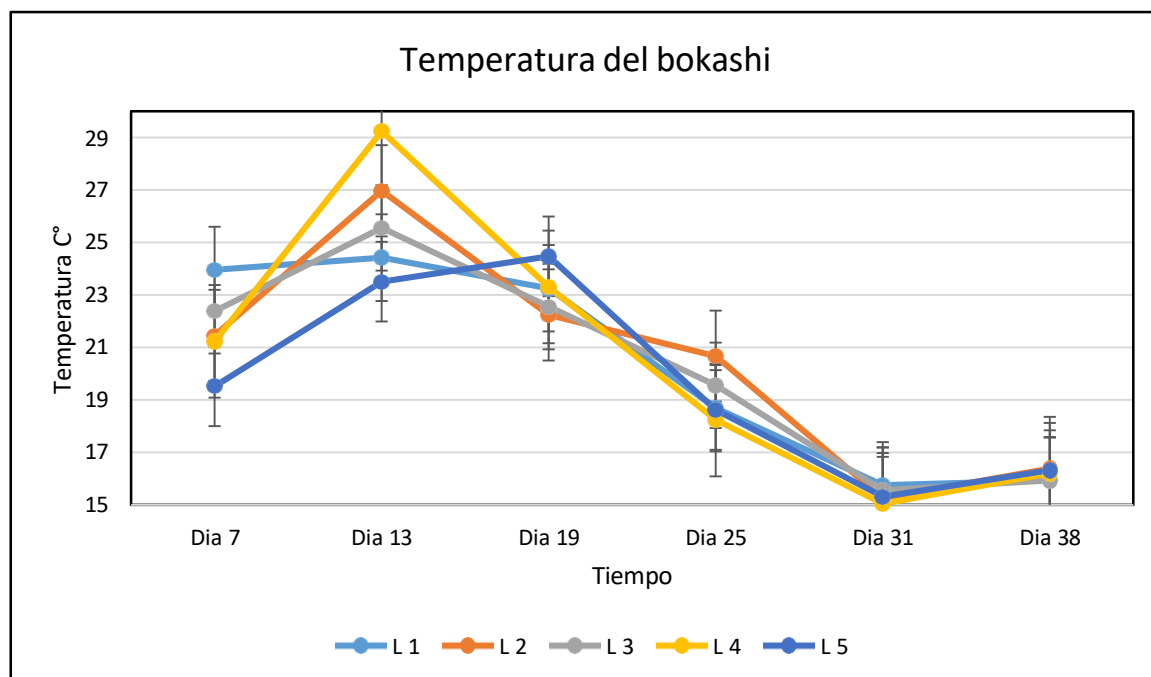


No se presentaron pH ácidos en este ensayo. Por lo tanto, durante la elaboración del bokashi no haya predominio de actividad de las BAL, que generalmente crecen en pH 4 - 4.5, en el caso de este estudio (Medelaine Q., 2018) menciona que es importante considerar que las BAL crecen a niveles de pH entre 6

– 9. Cuando un pH es alto se puede corregir adicionándole azufre, sulfato ferroso, sulfato de aluminio u otros componentes azufrados (Lorena Barbaro, 2019).

Temperatura

Grafica 19. Temperatura del bokashi después de elaborado.

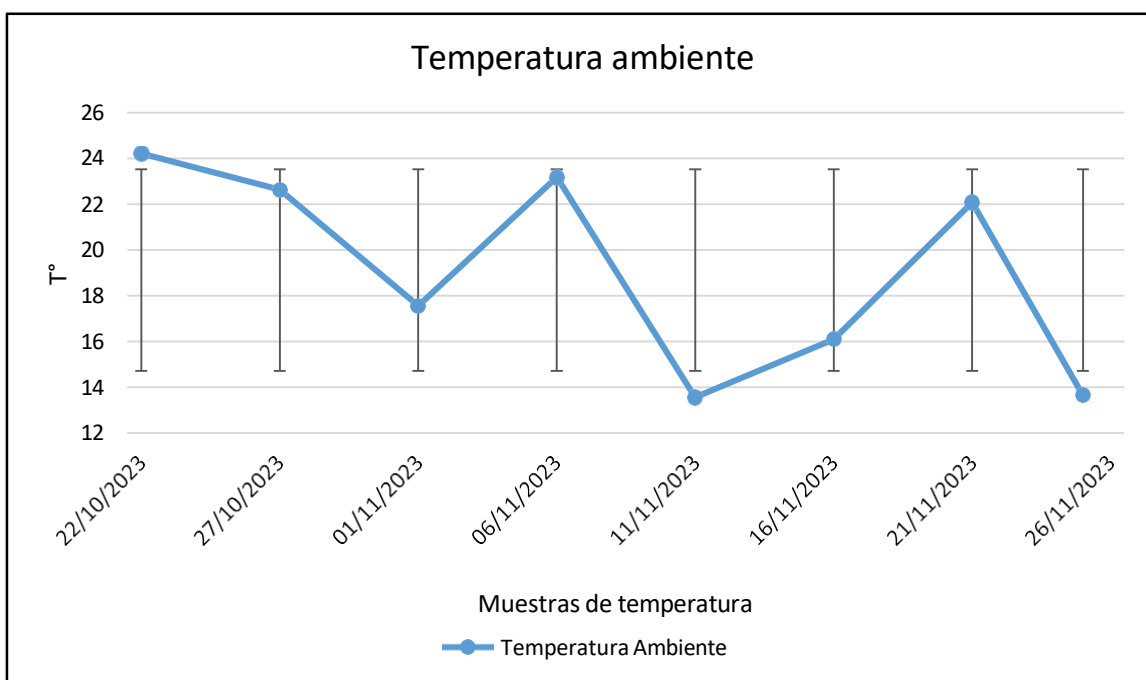


En los resultados se puede observar una fase mesofílica de corta duración (día 13) y la segunda fase es la termofílica donde se desarrollan los microorganismos termófilos que aumentan la temperatura, se puede observar un incremento de temperatura durante un periodo de tiempo (día 19) principalmente L4 mantiene su temperatura más elevada que las otras mezclas y la más baja de temperatura es L5. En la tercera fase de enfriamiento se disminuye la actividad microbiana por lo que disminuye su temperatura (día 31) y su maduración termina (día 38). Todos los tratamientos muestran resultados similares en su etapa de enfriamiento. Un indicador de que el bokashi está listo es cuando no se distinguen residuos que fueron incorporados, la mezcla es uniforme y tiene un aspecto a tierra mojada y esponjosa.

Temperatura ambiental

La temperatura es un factor importante que varía en función de la actividad biológica de los microorganismos. Presenta tres fases mesofila, termófila y maduración, y constituye una de las condiciones ambientales determinantes durante el proceso de compostaje. Poco después de amontonar el material, se produce una rápida descomposición.

Grafica 20. Temperatura ambiente.



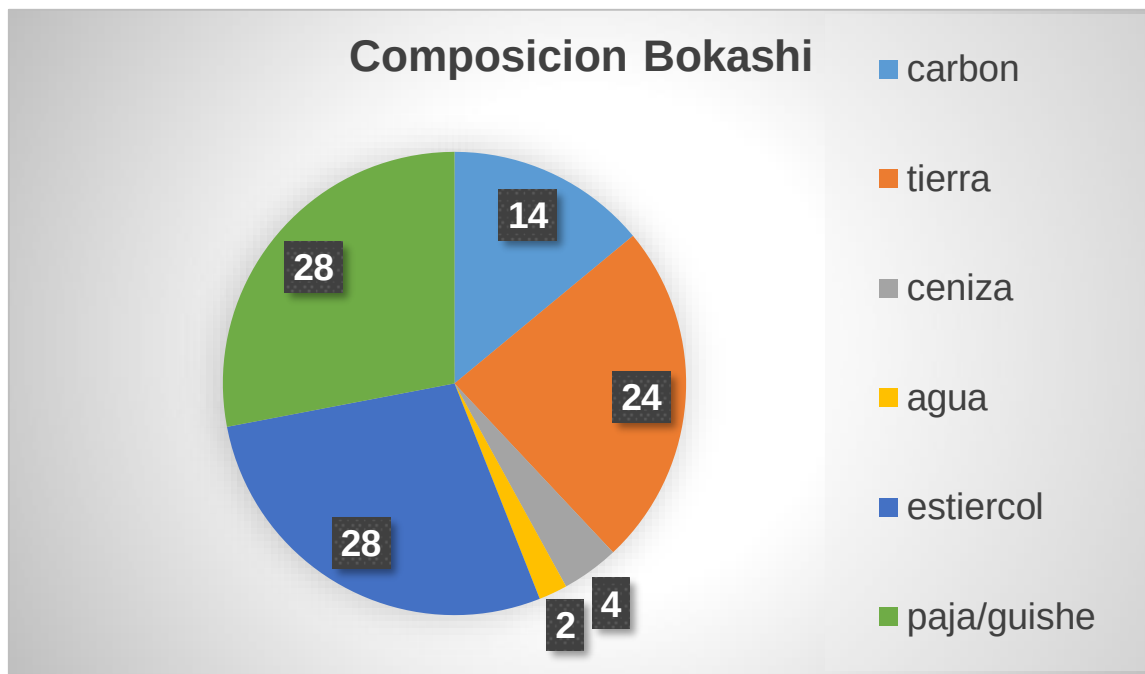
Al principio se muestra la temperatura ambiental que se tomó todos los días del experimento, la temperatura del aire exterior también afecta el proceso de descomposición, se puede observar que en las primeras semanas la temperatura disminuye, aunque tuvo un incremento, las temperaturas exteriores más cálidas durante el final de la primavera, mientras que las bajas temperaturas del invierno ralentizan o detienen temporalmente el proceso de compostaje, las condiciones climáticas y el tiempo influyeron en los tratamientos.

Resultados para el objetivo 3

- ✓ Identificar el impacto que genera el bokashi en los parámetros: PH, Ce, Temperatura, Materia orgánica, Textura y Porosidad

Análisis físico – químico de los tratamientos del bokashi obtenido

Grafica 21. Composición bokashi.



Una de las pruebas imprescindibles para conocer la calidad de un fertilizante es su contenido de materia orgánica, en el caso de estas pruebas se realizaron con la finalidad de ver el aumento de contenido de materia orgánica en el suelo y compararlo con el suelo que no fue tratado. Estos resultados se obtuvieron a partir de analizar muestras de suelo después de 20 días de que el bokashi fue incorporado al suelo en una relación 1:3 (1 parte de bokashi por 3 partes de suelo) a una profundidad de 30 cm.

Los análisis fueron hechos acorde al procedimiento marcado en la (FAO, 2011) por el método (Network, 2019) Walkley-Black, estos fueron realizados por triplicado para obtener los valores de desviación estándar e identificar diferencias o fallos estadísticos.

Cuadro 3. Promedio carbón orgánico.

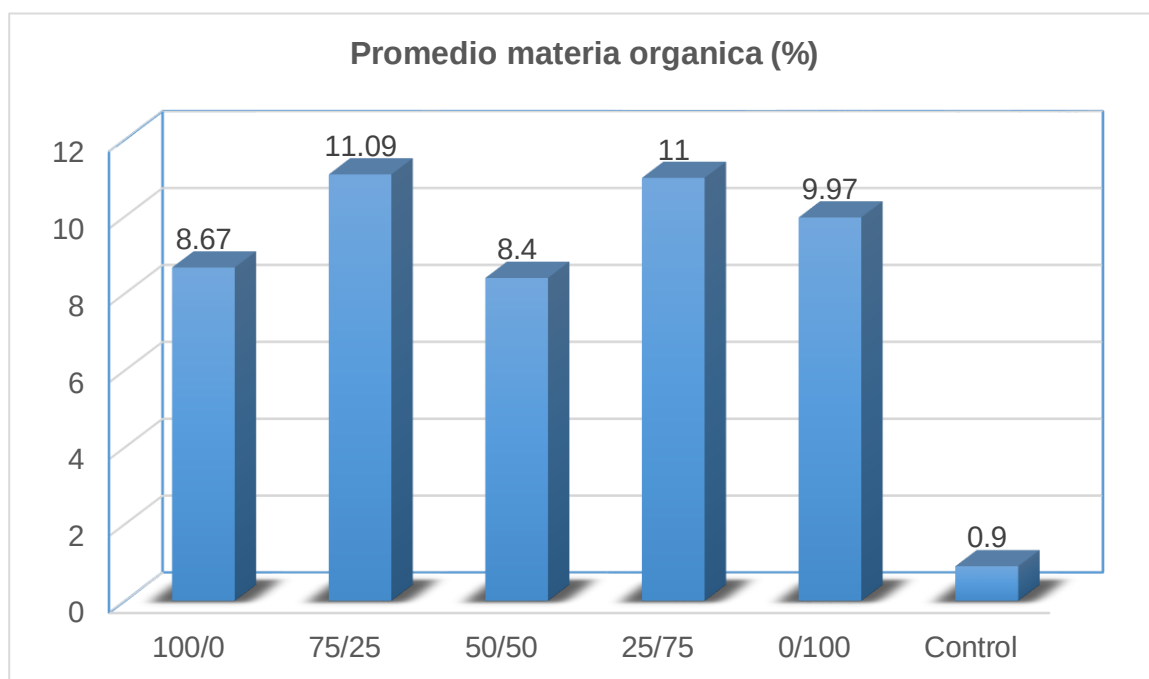
	Relación paja/guishe	Promedio carbono orgánico (%)	Desviación estándar carbono orgánico
R1	100/0	5.03	0.8799
R2	75/25	6.44	0.5529
R3	50/50	4.88	0.1170
R4	25/75	6.38	0.7024
R5	0/100	5.79	0.2285
M0	Control	0.52	0.1191

Adicional al carbono orgánico es posible calcular el dato de materia orgánica del suelo a partir de los datos obtenidos por el método Walkley-Black, considerando que en teoría la materia orgánica contiene un 58% de carbono. Por lo que, para convertir el carbono orgánico a materia orgánica, se multiplica el porcentaje de carbono por 1.724

Cuadro 4. Promedio materia orgánica.

	Relación paja/guishe	Promedio materia orgánica (%)	Desviación estándar materia orgánica
R1	100/0	8.67	1.5199
R2	75/25	11.09	0.9532
R3	50/50	8.40	0.2017
R4	25/75	11.00	1.2109
R5	0/100	9.97	0.3940
M0	Control	0.90	0.2054

Grafica 22. Promedio materia orgánica.



De igual manera es posible estimar el contenido de nitrógeno en el suelo al dividir los datos obtenidos, pero considerando que se utilizó estiércol, este tiene un gran contenido de nitrógeno, por lo que no sería adecuado calcular este dato, es preciso medirlo directamente por medio del método Kjeldahl, el cual es un procedimiento analítico estándar que consiste en tres etapas (digestión, destilación y titulación), donde para determinar el contenido de nitrógeno en las muestras se realiza una conversión del nitrógeno orgánico en amoníaco, el cual posteriormente se titula para conocer el contenido de nitrógeno total de la muestra. Sin embargo, este equipo requiere materiales y equipo altamente especializado, por lo que no fue posible realizarlo durante esta investigación.

Otro de los parámetros de gran importancia para determinar el éxito y la funcionalidad de una composta, es su pH ya que, si esta no presenta un resultado adecuado en este aspecto, puede resultar de muy poca utilidad al afectar los cultivos, el suelo y generar una serie de problemas relacionados de tener un pH poco adecuado.

En el caso de este trabajo se llevó a cabo el análisis de las muestras de suelo obtenidas al tratar el suelo con bokashi como se mencionó anteriormente, esta caracterización se llevó a cabo mediante el procedimiento estándar de operación de la (FAO, 2011) repitiendo los análisis 5 veces para obtener la desviación estándar de la medición y representación estadística.

Cuadro 5. Promedio ph.

	Relación Paja/Guishe	Promedio pH	Desviación estándar pH
R1	100/0	7.37	1.10
R2	75/25	6.16	1.33
R3	50/50	7.51	0.44
R4	25/75	6.81	1.02
R5	0/100	6.96	0.72
M0	Control	8.03	0.51

Cuadro 6. Promedio ce.

	Relación Paja/Guishe	Promedio (µs/cm)	CE	Desviación estándar CE
R1	100/0	3.79		262.00
R2	75/25	4.80		314.00
R3	50/50	4.70		243.00
R4	25/75	5.53		171.00
R5	0/100	3.29		198.00
M0	Control	2.15		160.00

Con el fin de determinar el efecto obtenido al integrar el bokashi con las fibras de guishe al suelo, se realizaron análisis de Textura del suelo por el método de Bouyoucos acorde a la NOM-021-RECNAT-2000 (Oficial, 2002).

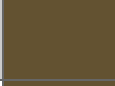
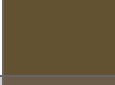
Cuadro 7. Textura.

	Relación Paja/Guishe	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura
R1	100/0	53	22	25	Franco arcilloso arenoso

R2	75/25	53	23	24	Franco arcilloso arenoso
R3	50/50	54	21	25	Franco arcilloso arenoso
R4	25/75	52	22	26	Franco arcilloso arenoso
R5	0/100	51	24	25	Franco arcilloso arenoso
M0	Control	52	20	28	Franco

Así mismo se llevó a cabo la medida de densidad, densidad aparente, y el cambio en porcentaje de espacio poroso, así como la clasificación de colores de acuerdo con el método Munsell (Shepherd Graham, 2008)

Cuadro 8. Color.

	Relación Paja/Guishe	Densidad aparente (g/cm³)	Desviación estándar	Porcentaje de espacio poroso (%)	Color (Seco)	Munsell
R1	100/0	1.12	±0.20	58	10YR 4/3	
R2	75/25	1.33	±0.09	50	10 YR 3/4	
R3	50/50	1.27	±0.11	52	10 YR 3/4	
R4	25/75	1.34	±0.23	49	10 YR 3/4	
R5	0/100	1.38	±0.05	48	7.5YR 3/2	
M0	Control	1.28	±0.13	52	2.5Y 5/6	

CAPITULO IV

Conclusiones

Se llevó a cabo con éxito la elaboración de un fertilizante orgánico en un corto tiempo, en relación a los métodos tradicionales. Aprovechando los residuos agrícolas al incorporar el guishe de lechuguilla.

De manera general todas las formulaciones tuvieron un aumento desde aproximadamente 1% de materia orgánica en el suelo sin tratar hasta 9% en los suelos tratados. Las formulaciones paja/guishe de 50/50 y 25/75 tuvieron los mejores resultados. La primera presentó un poco más materia orgánica, aunque en la segunda se incorporó mejor el material. Podría decirse que la que presentó mejores características generales es la de 25% paja / 75% guishe puesto que tiene mejor incorporación al suelo, el guishe se aprovecha mejor y no cambia mucho la materia orgánica. Se obtuvo una mejora significativa en el contenido de carbono orgánico al aplicar el bokashi en suelos áridos. Además, se mejoraron parámetros tales como el pH y la densidad aparente del suelo.

Otro de los beneficios encontrados durante esta investigación es que gracias a la reducción del tamaño de partícula de los componentes y a la incorporación de las bacterias de ácido láctico, fue posible acelerar el proceso de maduración del bokashi, el cual se alcanzó a los 12 días, significativamente más rápido que en las compostas convencionales. Este trabajo corrobora que es posible reducir la dependencia de agroquímicos para mejorar el suelo, lograr el aprovechamiento de residuos y puede ser fácilmente escalado para su uso en comunidades rurales.

Literatura Citada

- Ali, M. (2004). *Compostaje Sostenible*. Suiza: Universidad de Loughborough. Recuperado el 20 de 05 de 2024
- Anderson Julian, M. M. (2016). *GUÍA TÉCNICA PARA LA DIFUSIÓN DE TECNOLOGÍAS DE PRODUCCION FLORICOLA SUSTENTABLE*. Recuperado el 20 de 05 de 2024, de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2508>
- Arroyo, M. d. (2018). Evaluacion del proceso de compostaje de residuos avicolas empleando diferentes mezclas de sustratos. 3.
- Barbaro Lorena ., M. K. (2019). *Scielo*. Recuperado el 20 de 05 de 2024, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/chjaasc/v35n2/0719-3890-chjaasc-00309.pdf>
- David R., E. T. (2014). BOKASHI: ABONO ORGANICO ELABORADO APARTIR DE RESIDUOS DE LA PRODUCCION DE PLATANOS EN BOCAS DEL TORO, PANAMA. . *INCA*, 35(2), 90-97. Recuperado el 20 de 05 de 2024
- FAO. (2011). Elaboracion y Uso del bokashi. *Ministerio de agricultura y ganaderia*, 3-16. Recuperado el 27 de 05 de 2024
- Flor D., L. J. (2020). *Elaboracion de abono bokashi a partir de residuos organicos de origen domestico y de actividad agropecuaria*. Arequipa: Universidad Continental. Recuperado el 20 de 05 de 2024
- Humberto A., L. (2007). *ResearchGate*. Recuperado el 20 de 05 de 2024, de https://www.researchgate.net/publication/242088221_POTENCIAL_DE_MINERALIZACION_DE_NITROGENO_DE_BOKASHI_COMPOST_Y_LOMBRICOMPOST_PRODUCIDOS_EN_LA_UNIVERSIDAD_EARTH
- INEGI. (2023). *Instituto Nacional de Estadistica y Geografia*. Recuperado el 20 de 05 de 2024, de <https://www.inegi.org.mx/>
- Institute, R. (2017). *Transicion a organico curso*. Recuperado el 20 de 05 de 2024, de <https://rodaleinstitute.org/es/education/organic-transition-course/>

- Jaramillo L., M. R. (04 de 11 de 2014). Impactos de bokashi en las tasas de supervivencia y crecimiento de *pinus pseudostrobus* en proyectos comunitarios de reforestación. *EL SEVIER*, 48. Recuperado el 20 de 05 de 2024
- Lorena Barbaro, M. K. (2019). CARACTERIZACIÓN DE DIFERENTES COMPOST PARA SU USO COMO COMPONENTE DE SUSTRATO. *Chilean J. Agric, Anim*, 126-136. Recuperado el 20 de 05 de 2024, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/chjaasc/v35n2/0719-3890-chjaasc-00309.pdf>
- M. Ikeda David., E. W. (2013). *Agricultura natural: bacterias del ácido Lactico*. University of Hawai at Manoa. Recuperado el 20 de 05 de 2024
- Medelaine Q., F. F. (2018). Disponibilidad de nitrógeno, madurez y estabilidad de fertilizantes tipo bokashi elaborado con diferentes materias primas de origen animal. *Archivos de Agronomía y Ciencias del Suelo*, 1. Recuperado el 20 de 05 de 2024
- Morreuw, Z. P. (noviembre de 2021). *Identificación y extracción de los flavonoides de alto valor comercial: Valorización de guishe de Agave lechuguilla*. Recuperado el 20 de 05 de 2024, de <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3132>
- Network, G. S. (2019). *Standard operating procedure for* .
- Oficial, D. (2002). *Norma oficial mexicana, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelo. Estudios, muestreo y análisis*.
- Ornelle C., C. C. (22 de 11 de 2021). Una revisión del alcance de los fertilizantes a base de bicarbonato: Técnicas de enriquecimiento y aplicación agroambiental. *CellPress*, 1-3. Recuperado el 20 de 05 de 2024
- Raj K Singh., E. E. (2018). *Compost: El oro negro*. Recuperado el 20 de 05 de 2024
- Rural, S. d. (18 de 06 de 2025). *Gobierno de México* . Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-agroecologia-es-el-presente-para-el-campo?idiom=es>
- Saswat M, M. H. (26 de 03 de 2022). Evaluación de índices de madurez - estabilidad del compost y desarrollo del contenedor de compostaje. *ELSEVIER*, 2-15. Recuperado el 20 de 05 de 2024
- Scarlet Vania., P. L. (2022). Gestión de residuos. *Elsevier*, 177-185. Recuperado el 20 de 05 de 2024

Shepherd Graham, f. s. (2008). *Annual Crops*.

Silvestre Alondra M. (2022). *Elaboracion de Composta a Partir del Guishe de Lechuguilla (Agave lechuguilla Torr.)*. Saltillo, Coahuila, Mexico: Universidad Automa Agraria Antonio Narro. Recuperado el 20 de 05 de 2024

Soto G., M. G. (2004). Como medir la calidad de los abonos organicos. *Manejo integrado de plagas y agroecologia*, 91-97. Recuperado el 20 de 05 de 2024

Sullivan D., M. (2005). Propiedades cualitativas, medicion y variabilidad del compost. 95-117. Recuperado el 20 de 05 de 2024

Tropicos. (2020). *Tropicos.org*. Obtenido de <https://www.tropicos.org/name/Search?autocomplete=Agave%20lechuguilla>

VÉLEZ, L. A. (2022). *ESTRATEGIAS DE PERVIVENCIA EN LA DEFINICIÓN CONTEMPORÁNEA*. Estado de Mexico , Toluca , Mexico: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO. Recuperado el 08 de 06 de 2024, de http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/137184/Tesis%20repositorio%20Leadith%20Gutierrez%20V%20_Estrategias%20de%20pervivencia%20del%20campesinado.pdf;jsessionid=63FDC30426B150E7BCF8AC208CB3D070?sequence=1

Yujia L., J. B. (15 de 9 de 2022). patrones de co-ocurrencia de bacterias y hongos en suelos agricolas enmendados con compost y bokashi. *Elsevier*, 1 - 3. Recuperado el 20 de 05 de 2024