



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL

LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

T E S I S

**ABONOS ORGÁNICOS COMO MEJORADORES DE SUELO:
ANÁLISIS DE ESTIÉRCOL DE ELEFANTE
Y ESTIÉRCOL DE CABALLO**

PRESENTA:

KARLA GEORGINA TAPIA JIMÉNEZ

DIRECTORA DE TESIS

DRA. JULIETA G. ESTRADA FLORES

CO-DIRECTOR

DR. CARLOS ALBERTO PÉREZ RAMÍREZ



TOLUCA, MÉXICO

Noviembre, 2021

Tabla de contenido

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
1. Diseño de la investigación.....	11
1.1 Antecedentes	11
1.2 Planteamiento del problema	13
1.3 Pregunta de investigación.....	16
1.4 Hipótesis	16
1.5 Objetivos	16
1.5.1 Objetivo general.....	16
1.5.2 Objetivos específicos	16
1.6 Justificación	17
2. Marco conceptual.....	18
2.1 Mejoradores de suelo	18
2.1.1 Conceptualización	18
2.1.2 Tipos	19
2.2 Abonos orgánicos	21
2.2.1 Antecedentes	21
2.2.2 Conceptualización	23
2.2.3 Tipos	25
2.3 Abono tipo Bocashi	26
2.3.1 Conceptualización	26
2.3.2 Ingredientes principales utilizados.....	27

2.3.3 Proceso para la elaboración	28
2.3.4 Abono tipo Bocashi elaborado de estiércol de caballo.....	30
2.3.5 Abono tipo Bocashi elaborado con estiércol de elefante	32
3. Marco jurídico y normativo.....	34
3.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.....	34
3.2 Ley Agraria	36
3.3 Ley de Desarrollo Rural Sustentable.....	37
3.4 Ley de Productos Orgánicos	38
3.5 Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006.....	39
4. Materiales y métodos	43
4.1 Caracterización del lugar donde se elaboró el Bocashi	43
4.2 Diseño metodológico.....	46
4.3 Materiales para la elaboración de abonos orgánicos	61
5. Resultados y discusión	66
5.1 Trabajo de campo.....	66
5.2 Trabajo de laboratorio.....	69
5.2.1 Pruebas físicas	70
5.2.2 Pruebas químicas.....	71
Conclusiones	78
Referencias.....	80
Anexos.....	88

Resumen

Frente a los retos de la producción de alimentos, se ha intensificado el uso de técnicas de fertilización y control de plagas con tecnologías y sintéticos de la química, con la finalidad de apresurar las cosechas, obtener un mayor valor y un buen producto. Sin embargo, el uso desmedido de los agroquímicos va degradando la calidad de los suelos con la imposibilidad de una restauración natural. Por ello, este trabajo pretende conocer técnicas biológicamente naturales para una restauración de los suelos, así como mejorar calidad de alimentos y además poder aprovechar los materiales naturales con los que se cuenta en cada lugar. La investigación tuvo como objetivo general: determinar la calidad fisicoquímica de abonos orgánicos tipo bocashi con estiércoles de elefante y caballo de acuerdo con la norma NTEA-006-SMA-RS-2006, con la finalidad de evaluar su aprovechamiento para la mejora del suelo. Para el caso de esta investigación, se utilizaron excretas obtenidas de los elefantes del Parque Ecológico Zacango, ubicado en el municipio de Calimaya, Estado de México. La metodología estuvo basada en cuatro etapas: investigación documental, trabajo de campo, trabajo de laboratorio y análisis de resultados. Este estudio da la oportunidad de reconstruir la técnica de bocashi, permitiendo la fermentación de los materiales locales para obtener un abono orgánico desde un estiércol de elefante y caballo, así como conocer sus comportamientos durante este proceso y sus análisis químicos. Los resultados obtenidos, son los abonos orgánicos tipo bocashi que entran en la normatividad del Estado de México, lo que abre camino a un aprovechamiento dentro del Parque Ecológico Zacango y todos los parques ambientales y zoológicos al aprovechamiento y tratamiento correcto de los estiércoles.

Palabras clave: *mejoradores de suelo, estiércol de elefante, estiércol de caballo, bocashi, normas.*

Abstract

The challenges of food production, the use of fertilization and pest control techniques with chemical technologies and synthetics has been intensified, to speed up harvests, obtain greater value and a good product. However, the excessive use of agrochemicals is degrading the quality of the soils with the impossibility of a natural restoration. For this reason, this work aims to know biologically natural techniques for soil restoration, as well as to improve food quality and to be able to take advantage of the natural materials that are available in each place. The general objective of the research was: to determine the physicochemical quality of bocashi-type organic fertilizers with elephant and horse manure according to the NTEA-006-SMA-RS-2006 standard, to evaluate their use for soil improvement. For the case of this research, excreta obtained from the elephants of the Zacango Ecological Park, located in the municipality of Calimaya, State of Mexico, were used. The methodology was based on four stages: documentary research, field work, laboratory work and analysis of results. This study gives the opportunity to reconstruct the bocashi technique, allowing the fermentation of local materials to obtain an organic fertilizer from elephant and horse manure, as well as knowing their behaviors during this process and their chemical analyzes. The results obtained are the bocashi-type organic fertilizers that enter the regulations of the State of Mexico, which opens the way to a use within the Zacango Ecological Park and all environmental parks and zoos to the correct use and treatment of manure.

Key words: soil improvers, elephant manure, horse manure, bocashi, standards.

Introducción

En la actualidad la producción de alimentos enfrenta complejas problemáticas en el uso de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas para el control de plagas y vectores que afectan la producción agrícola y su impacto ambiental así como en la salud humana ha sido documentado en numerosos estudios e investigaciones previas. Tal es el caso de Villaamil *et al.* (2013) que analizan la introducción de la soja transgénica en Argentina resistente al glifosato, que si bien ha propiciado un notable aumento en rendimiento en las cosechas, también incrementó el riesgo de contaminación con la aplicación de plaguicidas cipermetrina, clorpirifos, endosulfan y glifosatos con afectaciones a la biota acuática y a la salud humana.

A nivel mundial la producción de plaguicidas orgánicos sintéticos aumentó desde los inicios del siglo XX, debido al desarrollo de la industria petrolera. No obstante, la producción y uso de estos compuestos, así como de lubricantes, solventes, gasolinas u otros, han aumentado la carga de estas sustancias en la atmósfera, hidrósfera, suelos y sedimentos, lo que ha provocado episodios críticos de contaminación en el ambiente (Galán-Huertos *et al.*, 2003) El uso agrícola de plaguicidas es un subconjunto del espectro más amplio de productos químicos industriales utilizados en la sociedad moderna.

Los plaguicidas son sustancias o mezcla de sustancias que se usan de manera intensiva para controlar plagas agrícolas e insectos vectores de enfermedades en humanos y en los animales, así como, para el control de insectos y ácaros que afectan la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y alimento para animales (FAO, 2003)

Según la base de datos de la American Chemical Society, en 1993 se habían identificado más de 13 millones de productos químicos, a los que se suman cada año unos 500,000 nuevos compuestos (Ongley, 1997).

En México se han hecho estudios documentales donde se destaca la magnitud de la contaminación ambiental, producto de la actividad agrícola intensiva por el uso de agroquímicos. Un alto nivel de contaminación no sólo del ambiente, sino en los seres humanos, lo que se manifiesta en enfermedades, destrucción de flora, fauna y de los recursos naturales disponibles, destacando la necesidad de realizar tareas de monitoreo y detección de contaminantes. Los niveles de contaminación han ocasionado graves daños a la salud en zonas expuestas al impacto de estos productos. Un estudio realizado en Veracruz México demostró que en jóvenes menores de 20 años de edad los niveles de contaminación con DDT eran elevados, encontrándose entre 9 y 20 ppm (Torres y Capote, 2004).

Frente a estas problemáticas, es necesario impulsar y promover el uso y elaboración de abonos orgánicos, que puedan ser elaborados con elementos naturales de origen animal y vegetal. De esta manera, la investigación tuvo como objetivo general, caracterizar el abono orgánico fermentado de estiércol de elefante y caballo como abono orgánico de acuerdo con la norma NTEA-006-SMA-RS-2006, para evaluar su aprovechamiento en la mejora del suelo.

Además, se establecieron como objetivos específicos: elaborar abonos orgánicos a partir de estiércol de elefantes y caballo; caracterizar el estiércol de elefante y caballo así como su transformación en abono orgánico; realizar un análisis de los parámetros de temperatura, pH, composición química de los abonos orgánicos seleccionados; así como evaluar la producción de los abonos orgánicos de acuerdo a las especificaciones de calidad de la norma NTEA-006-SMA-RS-2006.

Para el desarrollo de la investigación se llevaron a cabo cuatro etapas, la primera soportada en la investigación documental para el desarrollo del marco conceptual, así como el marco jurídico y normativo; la segunda etapa fue un trabajo de campo para la elaboración de abonos orgánicos a partir de estiércol de elefantes y caballo; en la tercera etapa se desarrolló el trabajo de laboratorio donde se obtuvieron las premisas de los resultados de los abonos orgánicos; la etapa final fue el análisis y discusión de los resultados para ambos abonos orgánicos. Dentro de las diferentes pruebas que se realizaron de los elementos más importantes como es la materia orgánica, CIC, pH, Nitrógeno, Fósforo, Sodio, Potasio, Magnesio y Calcio.

La estructura de la investigación se desarrolla en cinco apartados. Inicialmente se presenta el diseño de la investigación a partir de los antecedentes, donde se destaca el problema de investigación, objetivos y se argumenta porque es necesario el uso de abonos orgánicos en los campos de cultivo; después contiene el marco conceptual que presentan un acercamiento a las nociones de abonos orgánicos y la técnica de elaboración de bocashi como abono orgánico; después se describe la metodología que incluye los materiales y métodos de la fase de elaboración del bocashi como abono orgánico; y para finalizar se presentan los análisis de resultados de laboratorio y discusión.

1. Diseño de la investigación

1.1 Antecedentes

En años recientes se han desarrollado algunos métodos para el manejo y transformación de desechos encaminados no solo a disminuir el problema de contaminación ambiental, sino a la obtención de abonos orgánicos, cuyas características físicas, químicas y biológicas incidan directamente en el mejoramiento del suelo y el crecimiento de las plantas (Acosta-Durán *et al.*, 2013).

Se han desarrollado diversos estudios que proponen abonos orgánicos, tal es el caso de Romero *et al.* (2004) quienes elaboraron un abono orgánico a partir de la cascara de la semilla del árbol Nenn. Por su parte Peralta-Veran *et al.* (2016), utilizan un sistema acelerado de cinco días para la obtención de abono orgánico a partir de excretas frescas de ganado vacuno.

Además, Ramírez-Castañeda *et al.* (2011), desarrollaron un fertilizante orgánico líquido de lombriz para la mejora de adición de los nutrimentos a los tallos de flores para el cultivo de plantas de rosa. Incluso Fortis-Hernández *et al.* (2009) evaluó el efecto de aplicación de abonos orgánicos, biocompost y vermicompost bajo el riego de goteo para la producción de forraje de un híbrido de maíz amarillo.

También se encuentra una investigación que refiere a los abonos orgánicos con materiales naturales, tal es el caso del estudio de Leal *et al.* (2013), donde describen que la viabilidad económica del compostaje, está relacionada con el uso de materias primas abundantes, de costo competitivo y con niveles reducidos de contaminación química y biológica. Siguiendo estos criterios se identifica la biomasa de pasto elefante y la torta de ricino se identifican como materiales muy prometedores.

El objetivo del trabajo Leal *et al.* (2013), fue determinar las características de los productos finales y los índices de eficiencia del proceso de compostaje en tres formulaciones de mezcla de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y la pila de ricino con diferentes proporciones C: N, además de un tratamiento de referencia con una mezcla de pasto elefante y biomasa de *Crotalaria juncea*. Compostaje de la mezcla de pasto elefante, el ricino permitió obtener materia orgánica estabilizada con alto contenido en N, sin la necesidad de uso de cualquier inoculante o aditivo. Los compuestos se estabilizaron aproximadamente a 60 días después del inicio del compostaje y mostró reducciones de aproximadamente el 50% de su masa y el 65% de su volumen después de 90 días de compostaje. Compuestos con los valores iniciales más bajos de relación C: N mostró las mayores pérdidas proporcionales de N durante el compostaje.

Ahora bien destaca la contribución documentada que refiere a Alcaina-Antolín (2018), que a una preparación de tres pilas diferentes (P1, P2 y P3), constituidas por 100% estiércol de elefante en el caso de P1, 100% de estiércol de rinoceronte en P2 y una pila ternaria (P3) cuya composición (peso fresco) de 48% estiércol de elefante, 48% estiércol de rinoceronte y un 4% de poda de palmera washingtonia triturada, donde sus pilas alcanzan buenas temperaturas para asegurar la inocuidad. Los resultados obtenidos muestran que el compostaje puede ser un tratamiento viable para la correcta gestión de los estiércoles generados en un parque zoológico.

Sin embargo, a pesar de estas valiosas contribuciones, son limitados los estudios que abordan la transformación de estiércol de elefante y caballo en abonos orgánicos para el mejoramiento en la calidad del suelo, desarrollado estudios en ejemplares que están bajo los programas de conservación y rescate en zoológicos, reservas o parques ecológicos. Por ello, la investigación pretende contribuir al reconcomiendo de la importancia de la elaboración de compostas orgánicas de

estiércoles de elefante y caballo, para contribuir al mejoramiento de los suelos y aportación de nutrientes en los cultivos.

1.2 Planteamiento del problema

El recurso suelo no goza del mismo reconocimiento ni del mismo aprecio que los demás recursos naturales como, por ejemplo, las aguas, los bosques o los yacimientos minerales, porque no es un bien directamente consumible y porque existe la creencia común, pero errónea, de que los suelos son renovables a escala humana. Probablemente es por esta razón que la sociedad en general se siente menos preocupada por la degradación de suelos que por el agotamiento de otros recursos naturales. En efecto, los seres humanos logran destruir en unos pocos años un capital, que a la naturaleza le cuesta miles de años formarlo (Zinck, 2005).

A lo largo de los años se ha mantenido constante el riesgo de perder la calidad del suelo, lo cual se ha intensificado con la revolución tecnológica y las nuevas formas de cultivar a manera más veloz, para atender el crecimiento y demanda constante de la población en todo el mundo. La calidad del suelo debe interpretarse como la utilidad para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Carter et al., 1997), cuya degradación es una importante amenaza presente y para el futuro.

Las causas de la degradación del suelo son naturales o antropogénicas, como climatológicas o el uso de la población para cultivos, que cumplen con las demandas poblacionales, aunque es de suma importancia que tenga un manejo sustentable y funcional a largo plazo para mantener su estructura y cultivos sin enfermedades.

Sin duda el mayor reto para la calidad del suelo es el crecimiento de la población de manera veloz, pues tiende a ejercer presión constante en los recursos naturales, lo que no solo se traduce a una intensificación de campos de cultivo, si no a zonas

donde existe un sobrepastoreo, extracción de bosques en el recurso leña provocando una deforestación ilegal e intensiva, uso de zonas agrícolas para construcciones de infraestructura para la urbanización y recreación teniendo como problema secundario el agua en drenaje y la cancelación de los suelos de acuerdo a su vocación.

Es por ello que para el trabajo de investigación es importante conocer la caracterización de materias primas en este caso estiércoles como un agente de suma para la mejora de la calidad, y el desarrollo de los suelos en México. Ya que estos sustratos pueden mejorar la estructura de los suelos degradados de cultivo para un buen tiempo, sin la necesidad de usar otros productos que afecten o abandonar los suelos.

En la actualidad existen mejoradores de suelos y abonos orgánicos elaborados a base de estiércoles de animales, por lo que una oportunidad para elaborar abonos es la gran cantidad de estiércol que generan los elefantes, por ello para el caso de esta investigación, se utilizaron estiércoles obtenidas de los elefantes del Parque Ecológico Zacango (PEZ), ubicado en el municipio de Calimaya, Estado de México. Actualmente este zoológico cuenta con cuatro elefantes asiáticos (*Elephas maximus*), donde uno se encuentra en intercambio reproductivo en otro zoológico.

Se estima que cada elefante en promedio consume 250 kilos de comida al día, lo que al año promedia 91,250 kilos. La dieta se compone de 80 % en pasto achicalado, avena y alfalfa achicaladas, el otro 10 % son frutas y verduras entre ellas camote, jícama, plátano, apio, hojas de plátano, manzana, betabel, sandía, melón y papaya y el otro 10% corresponde a un concentrado de elefante de la marca Mazuri. Mediante la observación durante el trabajo de campo en el Parque Ecológico Zacango, se observaron hojas, hierbas, pasto y semillas de frutas en estado semi-digerido en las heces de los elefantes.

Se estima que se están produciendo aproximadamente 50 kilos de estiércol por ejemplar cada día, equivalente a 18,250 kilos de estiércol al año. De esta forma en el Parque Ecológico Zacango anualmente se están generando 36,500 toneladas de estiércol por los tres elefantes (CEPANAF, 2015). El manejo que se le da actualmente a este estiércol por parte de la administración, es mínimo, incluso se destina a la población local para el desarrollo de actividades agrícolas tradicionales, sin conocimiento previo de los alcances y limitaciones de su empleo como mejoradores del suelo.

Por otro lado, se ha elegido el estiércol de caballo, debido a que constituye un animal monogástrico con dieta herbívora al igual que el elefante, y es posible realizar una comparación de resultados, para comprender sus alcances para la producción de abono orgánico. Si bien existen estudios previos sobre la producción de abono a partir del estiércol de caballo, reportados por Tellez-Monzón *et al.* (2019); Ferris G. (SF), Huachi (2008) y Montalvo *et al.* (2018), al momento no se han reportado estudios comparativos con el abono producido a partir del estiércol de elefante.

Además se ha seleccionado la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006 que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos, que tiene por objetivo establecer los requisitos para la producción de los mejoradores de suelo elaborados a partir de residuos orgánicos y es de observancia obligatoria para cualquier persona física o jurídico colectiva que opere una planta de producción de mejoradores de suelos. Dicha norma establece los parámetros físicos y químicos y sanitarios para la aceptación en la producción de un mejorador de suelo como abono orgánico en el Estado de México.

1.3 Pregunta de investigación

- ¿Cuál de los abonos orgánicos elaborados a partir de estiércol de elefante y caballo presenta parámetros acordes a la norma NTEA-006-SMA-RS-2006 como mejorador de suelo y tiene mejor comportamiento en las etapas de fermentación y estabilización?

1.4 Hipótesis

- El abono orgánico tipo bocashi de estiércol de elefante presenta procesos estables de fermentación y características físicas y químicas para ser utilizado como mejorador de suelo.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Determinar la calidad fisicoquímica de abonos orgánicos tipo bocashi con estiércoles de elefante y caballo de acuerdo a la norma NTEA-006-SMA-RS-2006.

1.5.2 Objetivos específicos

- Elaborar abonos orgánicos fermentados tipo bocashi a partir de estiércol de elefantes y caballo.
- Caracterizar el estiércol de elefante y caballo, así como su transformación en abono orgánico.
- Analizar los parámetros físico-químicos de los abonos orgánicos elaborados, de acuerdo a las especificaciones de calidad norma NTEA-006-SMA-RS-2006.
- Evaluar el proceso de elaboración de los dos tipos de abono orgánico con estiércol de elefante y caballo.

1.6 Justificación

Frente a los problemas ambientales que genera el uso de agroquímicos en las actividades agrícolas, vinculados con la contaminación y degradación del suelo, cuerpos de agua y afectaciones a la salud humana es necesario analizar alternativas que favorezcan la producción, mediante el empleo de materia prima de origen natural, con la menor afectación posible al entorno natural. En este sentido los abonos orgánicos constituyen una alternativa válida para las actividades agrícolas pues permiten el aprovechamiento de residuos naturales y diferentes tipos de estiércoles que permiten mejorar la estructura del suelo.

En el caso del Parque Ecológico Zacango, ubicado en el municipio de Calimaya Estado de México, residen tres elefantes asiáticos (*Elephas maximus*), los cuales se estima que generan aproximadamente de 50 kg de estiércol cada día, equivalente a 18,250 kg de estiércol anuales, y constituye una materia orgánica que puede ser utilizada como materia prima para la producción de abono orgánico. Si bien estos residuos han sido empleados por la comunidad local para la producción agrícola, actualmente no existen estudios sobre mineralización del estiércol de elefante para abono orgánico ni su uso constante por la población. Se ha elegido este lugar para realizar la composta por las facilidades de manejo de los estiércoles.

Con esta investigación se pretende crear un abono orgánico por medio del estiércol de elefante, que se produce en grandes cantidades, representando una oportunidad para aportar nutrientes al suelo incrementando el rendimiento de cultivos y estructura del suelo dándole un correcto tratamiento.

2. Marco conceptual

Con la finalidad de caracterizar el proceso de compostaje del estiércol de elefante y caballo como abono orgánico, es necesario comprender diversas nociones conceptuales y metodológicas de mejoradores de suelo, abono orgánico y proceso de compostaje. Por ello este apartado contiene una descripción de diversas nociones conceptuales de abonos orgánicos considerando su definición, antecedentes y tipos; de mismo sobre el compostaje se aborda su conceptualización, características y su clasificación.

2.1 Mejoradores de suelo

2.1.1 Conceptualización

Un suelo pobre carece de nutrimentos necesarios para el crecimiento de las plantas, además pueden ser caracterizados por la compactación y dureza con exceso de arcilla o extremadamente arenoso rocosos, o con un pH muy elevado o bajo. De esta forma el suelo degradado restringe el consumo de agua y nutrientes para las plantas, propiciando la pérdida de biodiversidad biológica y un adecuado uso productivo y la baja rentabilidad de la producción agrícola, pues se caracteriza por el gran consumo de agua y requiere de soluciones prácticas e innovadoras. Por ello es importante el uso de prácticas de manejo del suelo con la finalidad de incrementar los indicadores de calidad biológica a un corto plazo e impulsar el manejo sostenible (Miganjos *et al.*, 2006).

Dichos mejoradores pueden incidir en la retención de humedad, desarrollo de raíces y tener un efecto positivo para la absorción de nutrientes (Demuner-Molina *et al.*, 2014). Además de mejorar la estructura del suelo mediante el aumento de la aireación, capacidad de retención de agua y los nutrientes, des compactación de

suelos, liberando nutrientes inmovilizados, creando espacio necesario para el crecimiento de organismos beneficiosos que constituyen una porción de la materia orgánica (Decología, 2019).

Blanco (2006), señala que los mejoradores de suelo contribuyen a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, en particular de aquellos con vocación agrícola, y que están conformados por abonos orgánicos, abonos verdes y enmiendas o cales, que propician un mejor aprovechamiento de los nutrientes, incremento de la eficiencia y productividad, al tiempo que reducen las pérdidas de por fijación, lixiviación y volatilización, así como el efecto de las sustancias tóxicas.

2.1.2 Tipos

Los mejoradores del suelo pueden ser orgánicos, compuestos por estiércol animal compost, residuo de cobertura, lodo de aguas residuales, aserrín, corteza de pino molido o musgo de turba; e inorgánicos compuestos por piedra caliza pulverizada pizarra, yeso, glauconita, polisacáridos o policristalidos (Decología, 2019).

a) Mejoradores de suelo orgánicos:

- La función de la turba de *Sphagnum* es absorber agua y la libera lentamente para que la usen las raíces de las plantas, además proporciona aireación y agrega masa al suelo arenoso, ayudando a prevenir la filtración de nutrientes.
- El humus consiste en materia orgánica descompuesta. Mejora la fertilidad y la aireación y ayuda a que el suelo mantenga la humedad.
- El abono compuesto es un subproducto de la granja inodoro. Además de mejorar la aireación y la retención de humedad, enriquece el suelo. El abono deshidratado es un producto similar que contiene menos humedad.

- El compost de hongos es una mezcla de paja, turba y otros componentes orgánicos, formulados para su uso en la producción comercial de hongos. La mezcla se usa para una ronda de crecimiento y luego se envasa como una enmienda para el jardín de la casa.
- La tierra vegetal es un compost producido comercialmente que generalmente está parcialmente descompuesto. Debido a su textura rugosa, use tierra vegetal en el jardín o mezcle con otros productos, y no como tierra para macetas (Decología, 2019).

b) Mejoradores de suelo inorgánicos:

- La cal aumenta el pH del suelo, reduciendo la acidez.
- El azufre reduce el pH del suelo, aumentando la acidez.
- El yeso mejora la aireación del suelo compactado, ayudándolo a drenar de manera más eficiente.
- Perlite mejora la aireación y el drenaje.
- La vermiculita mejora la retención de humedad y la aireación.
- La arena del constructor es arena gruesa que puede mejorar el drenaje del suelo (Decología, 2019).

De acuerdo con Blanco (2006), los mejoradores pueden ser:

- a) Abonos orgánicos: son aquellos de descomposición biológica de la materia orgánica, que al ser incorporados al suelo mejoran sus propiedades físicas, químicas y biológicas lo cual se refleja en un incremento su productividad en el suelo.
- b) Abonos verdes: son aquellos que se siembran en la tierra con la finalidad de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Los abonos verdes utilizados con mayor frecuencia son leguminosas ya que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno.

- c) Enmiendas: Son aquellos para corregir problemas en los suelos para neutralizar efectos tóxicos, son productos naturales a base de Calcio y Magnesio.

De esta forma destacan como los mejoradores de suelos de abonos orgánicos más importantes, pues de acuerdo con Ramos-Agüero y Terry-Alfonso (2014), el empleo de abonos orgánicos como compost, biosólidos u otros cuentan con un elevado contenido de materia orgánica y una gran relación con C/N que facilita su uso en la agricultura.

2.2 Abonos orgánicos

2.2.1 Antecedentes

En la agricultura sustentable, la aplicación de materiales orgánicos al suelo es indiscutiblemente necesaria porque éstos son fuente vital para reconstruir la materia orgánica del suelo y para suministrar nutrimentos. Además de los residuos vegetales, las fuentes de carbono para el suelo incluyen estiércoles, lodos de aguas residuales y otros desechos industriales. La composta se produce con base en residuos orgánicos y se presenta como una opción a la quema de residuos agrícolas (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2006).

Los abonos orgánicos han sido considerados para utilizarse desde tiempos remotos por la influencia que tienen sobre la fertilidad y porte nutrimental en los suelos que han demostrado, aunque su composición química varía según su procedencia, manejo y contenido de humedad. Romero Lima *et al.* (2000). Se estima que la implementación del uso de los abonos orgánicos se da por el valor de la materia orgánica que contiene pues ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Ramos Agüero *et al.* 2014).

Antes de que aparecieran los fertilizantes de origen químico, la única manera de abonar al suelo de nutrimentos y también a las plantas era por medio de los abonos orgánicos, pues destaca su importancia en la composición de formación del humus y enriquece al suelo permitiendo un buen desarrollo en el rendimiento de los cultivos. Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo; además, sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo y presentan una amplia variación de efectos que dependen del material aplicado y de su grado de descomposición (Fortis-Hernández *et al.* 2009).

El uso de abonos orgánicos constituye una práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de la capacidad productiva de suelos degradados. La adición de residuos vegetales o estiércoles incrementa la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo, que en los cultivados varía de 100 a 600 mg kg⁻¹ de C-biomasa (Anderson and Domsch *et al.*, 1989).

El aprovechamiento de estos residuos orgánicos cobra cada día mayor importancia como medio eficiente de reciclaje racional de nutrientes, que ayuda al crecimiento de las plantas y devuelven al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo (Cerrato *et al.*, 2007).

Actualmente la estructura del suelo es un factor principal de la productividad de los suelos agrícolas. Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Ramos Agüero *et al.*, 2014).

La importancia fundamental del uso de abonos orgánicos obedece a que éstos son fuente de vida bacteriana para el suelo y necesarios para la nutrición de las plantas. Los abonos orgánicos posibilitan la degradación de los nutrientes del suelo y permiten que las plantas los asimilen de mejor manera ayudando a un óptimo desarrollo de los cultivos (FONAGI, 2010).

2.2.2 Conceptualización

El aprovechamiento de los residuos orgánicos, como estrategia de reciclaje racional de nutrimentos, contribuye no solo al crecimiento de plantas, sino devolver al suelo elementos extraídos durante el proceso productivo. De esta forma el empleo de abonos orgánicos, como compost o biosólidos puede contribuir a sustituir el uso de fertilizantes y pesticidas que conllevan grandes problemáticas ambientales y a la salud humana. Ramos Agüero *et al.* (2014), señalan que el reciclado de nutrimentos a partir de compostaje de estiércol de origen animal, constituyen alternativas para el mejoramiento del suelo y no romper con el ciclo de la vida.

Los abonos orgánicos constituyen un elemento importante para la mejora de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola; sus principales funciones, como sustrato, cobertura de materia orgánica del suelo y complemento o reemplazo de los fertilizantes sintéticos. Son el producto resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes, los cuales los materiales los transforman en nutrimentos para el suelo y, por lo tanto, a las plantas que crecen en el (Ramos Agüero *et al.*, 2014).

Los abonos orgánicos son parte de un proceso controlado y acelerado de la descomposición de los residuos orgánicos, dicho proceso puede ser aerobio o anaerobio, dando como resultado un producto de gran valor como es un mejorador

de suelo (Libreros, 2012). Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los cuales las plantas pueden obtener importantes nutrimentos, además que el suelo con la descomposición de estos residuos se enriquece de carbono orgánico mejorando además sus características físicas, químicas y biológicas. Un abono orgánico puede ser considerado “fertilizante” o “acondicionador de suelo”, dependiendo de su efecto en la nutrición vegetal. También favorecen la diversidad y actividad microbiológica del suelo (Garro, 2016).

Los fertilizantes son fuente de nutrimentos rápidamente disponibles y tienen un efecto directo, que se refleja en corto tiempo en el crecimiento de las plantas. Los “acondicionadores del suelo” afectan el crecimiento de los cultivos indirectamente al mejorar las propiedades físicas, como: retención de agua, aireación, estructura y drenaje, propiedades que están íntimamente relacionadas con la prevención de la erosión del suelo y la recuperación de suelos degradados (World Fertilizer use Manual, 1992).

Los abonos de origen orgánico son los que se obtienen de la degradación y mineralización de materiales orgánicos (estiércoles, desechos de la cocina, pastos incorporados al suelo en estado verde, etc.) que se utilizan en suelos agrícolas con el propósito de activar e incrementar la actividad microbiana de la tierra, el abono es rico en materia orgánica, energía y microorganismos, pero bajo en elementos inorgánicos.

El contenido de nutrientes en los abonos orgánicos está en función de las concentraciones de éstos en los residuos utilizados. Los abonos orgánicos básicamente actúan en el suelo sobre tres propiedades: físicas, químicas y biológicas. De esta forma un estiércol de acuerdo con sus propiedades regresa al suelo con su tratamiento de compostaje. Los abonos orgánicos (AO), son un sistema a la vez seguro, económico, eficaz y sencillo de tener resultados a corto

plazo, para una reconversión de una agricultura convencional hacia una agricultura orgánica" (Restrepo, 1996).

2.2.3 Tipos

La calidad del abono está relacionada con los materiales que le den origen y con el proceso de elaboración, esta variación será tanto en contenido de nutrientes como de microorganismos en la composta en maduración, y en base a estas variaciones se modificará el uso potencial de la composta. Mientras mayor diversidad tenga la materia orgánica de la que se forma la cama, mayor cantidad de nutrientes tendrá la composta. El uso de abonos orgánicos, en cualquier tipo de cultivo, es cada vez más frecuente en nuestro medio por dos razones: el abono que se produce es de mayor calidad y costo bajo, con relación a los fertilizantes químicos que se consiguen en el mercado (Ramos y Terry, 2014).

Existen dos tipos de abonos orgánicos: líquidos de uso directo y abonos sólidos que deben ser disueltos en agua, mezclados con la tierra o pueden ser aplicados en forma directa. Los terrenos cultivados sufren la pérdida de gran cantidad de nutrientes, lo que agota la materia orgánica del suelo; por esta razón se debe proceder, permanentemente, a restituir los nutrientes perdidos, abonos orgánicos como el estiércol animal u otro tipo de materia del medio son importantes. El contenido de nutrientes en los abonos orgánicos está en función de las concentraciones de éstos en los residuos utilizados. Estos productos básicamente actúan en el suelo sobre tres propiedades: físicas, químicas y biológicas (Mosquera *et al.*, 2010).

Sin lugar a dudas los A.O. fermentados como el bocashi, resulta una oportunidad para mejorar las condiciones físicas y químicas de los suelos, así como fomentar la

aparición de microorganismos necesarios para el desarrollo y crecimiento de las plantas, elaborado a partir de la utilización de los residuos agrícolas y materiales orgánicos de fácil descomposición presentes en cualquier ambiente.

2.3 Abono tipo Bocashi

2.3.1 Conceptualización

El bocashi ha sido utilizado por los agricultores japoneses a lo largo del proceso histórico como un abono de origen orgánico. Bocashi es una palabra de origen japonés que significa cocer a vapor los materiales del abono, a partir del calor generado de la fermentación anaeróbica FAO (2007).

La composta tipo bocashi es un abono orgánico que se puede elaborar con materiales locales, por lo que se pueden hacer variaciones de acuerdo a la materia prima disponible en la región. Este abono se deja descomponer en un proceso aeróbico de materiales de origen animal o vegetal. Su uso activa y aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, así como mejora sus características físicas y suple a las plantas con nutrimentos (Ramos y Terry, 2014).

La palabra bocashi es del idioma japonés y, para el caso de la elaboración de los abonos orgánicos fermentados, significa pre cocer al vapor los materiales orgánicos del abono, aprovechando el calor que se genera con la fermentación aeróbica de los mismos. También puede ser entendido como una predigestión de la materia orgánica a través del calor generado por la descomposición (Restrepo Rivera, 2007). De esta forma, los abonos tipo bocashi, son aquellos materiales orgánicos que pasan por una fermentación y estabilización para su uso en el suelo así como mejorador del mismo, permitiendo el uso de materiales locales para su elaboración.

De acuerdo a FAO (2007), las principales ventajas de elaboración de abono orgánico fermentado es que no forman gases tóxicos ni malos olores, incluyendo un volumen que se adapta a las necesidades de producción, es apto para un almacenamiento, cuenta con una desactivación de agentes patogénicos, además la producción del bocashi se elabora en un período relativamente corto adaptándose a su ambiente, puede utilizarse inmediatamente después de su estabilización de fermentación, también su inoculación y reproducción de microorganismos nativos presentes en los suelos locales y levaduras, se transforman gradualmente en nutrientes de excelente calidad disponibles para la tierra, las plantas y la propia retroalimentación de la actividad biológica, y finalmente el crecimiento de las plantas es estimulado por una serie de fito hormonas y fito reguladores naturales que se activan a través de los abonos fermentados.

Se considera la ventaja en una enmienda o AO, cuando estos tienen una variación en su composición química por el diverso proceso de elaboración, permitiendo su actividad biológica y además permitiendo la diversidad en los materiales a usar.

2.3.2 Ingredientes principales utilizados

De acuerdo con Restrepo Rivera (2007) y FAO (2007), los ingredientes principales utilizados para elaborar los AO fermentados de tipo bocashi son los siguientes:

- a) Carbón vegetal: Fortalece la estructura y características físicas del suelo, mejorando la estructura de las raíces, la absorción, calor y aireación. Debido a su alta porosidad favorece la actividad macro y microbiológica, la retención de nutrientes y funciona como regulador térmico del sistema radicular de plantas.
- b) Estiércoles: Este ingrediente es la fuente de nitrógeno para la elaboración de los abonos fermentados, su aporte consiste en mejorar las características

vitales y fertilidad del suelo con algunos nutrientes principales como fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro entre otros. Dependiendo de su origen puede aportar inóculo microbiológico y otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad los cuales mejorarán las condiciones biológicas, químicas y físicas del terreno donde se utilicen los abonos.

- c) Cascarilla de arroz: Este ingrediente facilita la aireación, absorción de humedad y el filtrado de nutrientes.
- d) Salvado de arroz: Este ingrediente favorece la fermentación de los abonos.
- e) Melaza de caña: Principal fuente de energía para la fermentación de los abonos orgánicos favorece la multiplicación de la actividad microbiológica, es rica en potasio, calcio, fósforo y magnesio.
- f) Levadura: Principalmente fuente de inoculación microbiológica para la elaboración de los abonos orgánicos fermentados.
- g) Suelo o tierra común: Su función es darle una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad
- h) Agua: Tiene la finalidad de homogenizar los ingredientes al mezclar.
- i) Leche: Ayuda a la fermentación, fuente de vitaminas, proteínas, grasa y aminoácidos para la formación de otros compuestos orgánicos durante su fermentación.
- j) Cenizas de madera: Regula la acidez que pueda presentar el abono durante su fermentación (Restrepo Rivera, 2007; FAO, 2007).

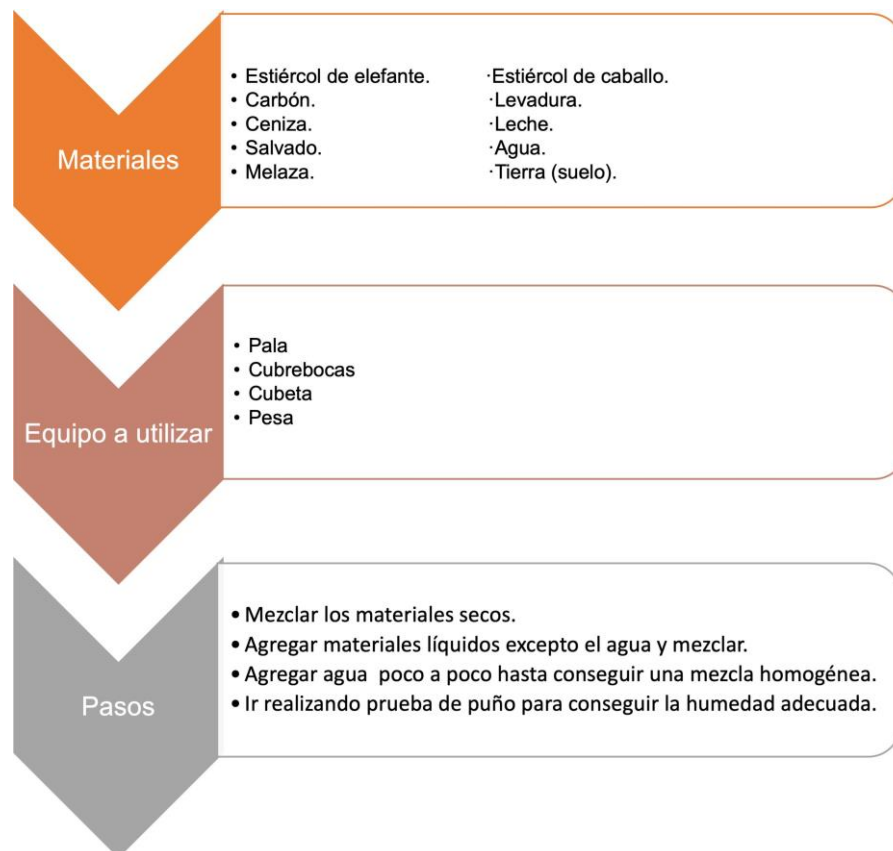
2.3.3 Proceso para la elaboración

De acuerdo con la FAO (2007), la elaboración de este tipo de abono, dependerá del lugar y tipo de terreno donde va a ser empleado, de los materiales disponibles en la zona, y de los cultivos que serán fertilizados. Se deben usar materiales altos en fibra, para poder así mantener los suelos más sueltos, lo que va a ayudar a obtener

mejor infiltración de las aguas y del aire, con este tipo de materiales también se busca que los abonos sean ricos en carbono y bajos en nitrógeno.

Para el caso del estudio de investigación de los abonos orgánicos tipo bocashi, se utilizaron materiales adaptados al lugar donde se realizó la primera etapa del bocashi correspondientes a elaboración, fermentación y maduración, además que se utilizó equipo de seguridad para la mezcla de los abonos orgánicos tipo bocashi, los pasos a seguir son con la mezcla de los materiales a utilizar.

Esquema 1. Materiales, equipo a utilizar y pasos a seguir para elaboración de abono orgánico tipo Bocashi.



Fuente: elaboración propia.

2.3.4 Abono tipo Bocashi elaborado de estiércol de caballo

El estiércol de caballo puede ser un ingrediente base para la elaboración de un abono fermentado tipo bocashi, de acuerdo con Téllez-Monzón *et al.* (2019). Este abono compuesto por nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y otros componentes orgánicos como azufre (S), manganeso (Mn), calcio (Ca), boro (B), cobre (Cu), es un producto de valor considerable como fertilizante (World Fertilizer use Manual, 1992). Previo a ser utilizado debe ser sometido a un proceso de fermentación, con la finalidad de que nutrientes sean asimilables para las plantas y el suelo (Huachi, 2008).

El estiércol de caballo es un residuo agropecuario formado por cascarilla de arroz (20 %), orines (50 %) y estiércol de caballo (30 %), que en promedio pueden generarse 30 kg cada día por ejemplar. Esta combinación de materiales de fácil biodegradación (estiércol y orines) con materiales de difícil degradación como la cascarilla de arroz por su alto contenido de lignina, entre 19 – 25 %, puede ser utilizado para la obtención de un sustrato estable enriquecido con microorganismos, que pueda ser reutilizado para una degradación de residuos biodegradables de forma continua (Téllez-Monzón *et al.*, 2019).

De acuerdo con Ferris G. (SF) el uso de estiércol de caballo, tiene importantes beneficios como la disminución de volumen del excremento como residuo para el propietario, y que se envía a basureros, el usar este estiércol y convertir en abono reduce la trasmisión de parásitos en los caballos. Además menciona que el abono es un buen acondicionador para el suelo mejorando su estructura y materia orgánica con el estiércol de caballo.

El análisis de estiércol de caballo ha sido objeto de diversos estudios e investigaciones previas, tal es el caso de Huachi (2008), que propuso la elaboración de un abono orgánico con el estiércol de caballo, su empleo como una fuente orgánica de fertilización que mejore el suelo y aporte nutrientes para la vegetación del parque Metropolitano en Quito Ecuador. Identifican que el estiércol de caballo mejora las características del suelo incrementado materia orgánica y disminuyendo el pH.

Por su parte Montalvo *et al.* (2018), evaluaron el comportamiento del nitrógeno en el compost del estiércol de caballo, comparándolo con el estiércol de vaca. Para ello utilizaron es una mezcla de excretas (8%) y orines de caballo (aproximadamente 74%) en cascarilla de arroz (17%), el rastrojo vegetal es una mezcla de poda de árboles y jardines. Concluyeron que el tratamiento de estiércol de caballo no produce compost de buena calidad en comparación con el estiércol de vaca, debido a su limitada capacidad de retención de agua y a la baja degradación de la cascarilla de arroz durante su proceso de fermentación.

Recientemente Téllez Monzón *et al.* (2019) quienes analizaron la estabilización del estiércol de caballo, mezclado orines con cascarilla de arroz, para la obtención de un sustrato estable, enriquecido con microorganismos, que puede ser reutilizado para la degradación de residuos orgánicos. Realizaron el análisis de los residuos de excretas de caballo 30%, orines 50% y cascarilla de arroz 20%, emplearon métodos analíticos para la determinación de la temperatura, densidad, capacidad de retención de agua, carbono orgánico y nitrógeno total. Concluyeron que los residuos se estabilizan bajo un tratamiento aeróbico similar al compostaje en cuatro meses generado un material estable con buena porosidad, capacidad de retención de agua y microorganismos para ser utilizados para una degradación posterior.

De acuerdo con Ferris G. (SF) un factor fundamental para la elaboración de abono tipo bocashi establece que el sitio óptimo de elaboración debe considerar:

- Permeabilidad y desagüe del suelo: se debe de colocar el montón de abono a preparar en un suelo compactado o una superficie impermeable para disminuir la infiltración de los nutrientes en el suelo.
- Topografía: evitar suelos propensos a erosión o con declive.
- Normatividad y/o reglamentos: conocer la información del lugar donde se está realizando.

2.3.5 Abono tipo Bocashi elaborado con estiércol de elefante

Si se considera el tipo de residuo de estiércol de elefante, existen limitados estudios realizados; sin embargo, destaca el trabajo de Alcaina (2018) quién realizó el estudio de la viabilidad de desarrollo de un proceso de tratamiento mediante compostaje de los materiales seleccionados dentro del flujo residual producido en un zoológico, en concreto estiércol de elefante, estiércol de rinoceronte, así como poda de jardinería de palmera washingtonia así como la evolución del proceso, la madurez-estabilidad y calidad del producto final obtenido de los compostajes.

Donde su metodología se plantea en la valorización por compostaje mediante pila móvil con volteos periódicos, de estiércol de elefante, estiércol de rinoceronte y residuos de palmera washingtonia, con el fin de obtener un producto final estabilizado, humificado y con valor añadido. Para ello, se estableció el siguiente diseño experimental, dividido en tres fases:

- Fase 1: Caracterización inicial de los residuos a compostar
- Fase 2: Establecimiento de las pilas de compostaje

- Fase 3: Estudio de la evolución de las características físico-químicas de los materiales durante el proceso, así como del producto final obtenido (Alcaina, 2018).

Como principales hallazgos reconoce que “La excesiva humectación de las pilas durante la fase de madurez ha provocado la pérdida de nutrientes, bien por lixiviación (K) o debido a procesos biológicos (N), por lo que sería aconsejable llevar un control más exhaustivo de la humedad durante esta etapa, a fin de evitar estas pérdidas de nutrientes” (Alcaina, 2018). Su trabajo concluye señalando que la adecuada gestión y tratamiento de estos residuos mediante compostaje, puede permitir convertir estos residuos en un recurso para las instalaciones del zoológico, contribuyendo así al ahorro en materias primas, a la conservación de los recursos naturales y, en definitiva, a una mayor sostenibilidad del centro (Alcaina, 2018). De esta forma, el estiércol de elefante constituye una oportunidad para poder revalorizar y convertir en recurso, mediante su elaboración acorde a los parámetros que permitan mejorar la calidad del suelo.

3. Marco jurídico y normativo

De acuerdo con la investigación el marco jurídico y normativo tiene una relación directa con los parámetros establecidos para el uso de compostas, esto en función de cada estado mexicano, además de la capacidad que existe dentro de las normas a disfrutar de un ambiente adecuado para el adecuado desarrollo y bienestar social.

Se cuenta con diversas disposiciones jurídicas y normas para los productos de un compostaje o mejoradores de suelo. Para el caso del Estado de México dentro de su norma los parámetros que se evalúan son fisicoquímicos, dónde se establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar, así como la regulación del uso de los recursos productivos.

En este apartado de normatividad se destaca a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) como el principal sistema político jurídico de México, después se tiene la Ley Agraria como un parteaguas del desarrollo sustentable en ejidos, también se cuenta con la Ley de Desarrollo Rural Sustentable como aquella responsable de promover el desarrollo rural sustentable del país y proporcionar un medio ambiente adecuado dentro del territorio, así como la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006 correspondiente al Estado de México, donde comenta establecen los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir residuos orgánicos.

3.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

El 5 de febrero de 1917 fue la promulgación de la CPEUM, después de la Revolución de 1910, como una existente consecuencia y deterioro de las instituciones, México necesitaba fortalecer su sistema político para garantizar la seguridad de las personas dentro del territorio mexicano y su patrimonio. Constituye

el principal sistema jurídico político de México, fundamentado de las leyes y los reglamentos vigentes, base de instituciones públicas y reguladores de los derechos y obligaciones de cada individuo nacido en México para asegurar sus garantías individuales, estructurada por dos divisiones orgánica y dogmática.

- “Artículo 3º fracción II, inciso c: Contribuirá a la mejor convivencia humana, a fin de fortalecer el aprecio y respeto por la naturaleza, la diversidad cultural, la dignidad de la persona, la integridad de las familias, la convicción del interés general de la sociedad, los ideales de fraternidad e igualdad de derechos de todos, evitando los privilegios de razas, de religión, de grupos, de sexos o de individuos”.
- “Artículo 4º toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. el Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley”.
- “Artículo 25º párrafo sexto: Bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente”.
- “Artículo 26º el Estado organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, competitividad, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la nación”.
- “Artículo 27º VII La ley, considerando el respeto y fortalecimiento de la vida comunitaria de los ejidos y comunidades, protegerá la tierra para el asentamiento humano y regulará el aprovechamiento de tierras, bosques y aguas de uso común y la provisión de acciones de fomento necesarias para elevar el nivel de vida de sus pobladores”.
- “Artículo 73º XVI 4a Las medidas que el Consejo haya puesto en vigor en la Campaña contra el alcoholismo y la venta de sustancias que envenenan al individuo

o degeneran la especie humana, así como las adoptadas para prevenir y combatir la contaminación ambiental, serán después revisadas por el Congreso de la Unión en los casos que le competan”.

- “Artículo 115. Los estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, democrático, laico y popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa, el municipio libre, conforme a las bases siguientes: III. Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos, inciso c) Limpia, recolección traslado, tratamiento y disposición final de residuos”.

Los artículos que presenta la constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos representan reglas de convivencia y derechos de cada habitante en el territorio mexicano, para el caso del presente trabajo de investigación los artículos que se seleccionaron como parte, son aquellos que están en la búsqueda y derecho de un medio ambiente sano y responsable, con una relación existente bajo un desarrollo sustentable.

3. 2 Ley Agraria

La Ley Agraria de 1915 fue el primer paso que se dio en México para dar una solución no solamente revolucionaria sino institucional a las demandas del pueblo, fue aquella que permitió establecer un cuerpo jurídico que hace posible se consideren en la CPEUM, los tres tipos de tenencia de la tierra más importantes: el ejido, la comunidad y la pequeña propiedad, y el tomarla en cuenta en esta investigación es por la capacidad que tienen las comunidades y ejidos en poder reestructurar y mejorar estas tierras de siembra y cosecha con productos orgánicos, que favorezcan el desarrollo sustentable y el bienestar dentro y fuera de estas comunidades y ejidos en los productos a trabajar.

- “Artículo 4º El Ejecutivo Federal promoverá el desarrollo integral y equitativo del sector rural mediante el fomento de las actividades productivas y de las acciones sociales para elevar el bienestar de la población y su participación en la vida nacional”.
- “Artículo 5º Las dependencias y entidades competentes de la Administración Pública Federal fomentarán el cuidado y conservación de los recursos naturales y promoverán su aprovechamiento racional y sostenido para preservar el equilibrio ecológico; propiciarán el mejoramiento de las condiciones de producción promoviendo y en su caso participando en obras de infraestructura e inversiones para aprovechar el potencial y aptitud de las tierras en beneficio de los pobladores y trabajadores del campo”

3.3 Ley de Desarrollo Rural Sustentable

En el año 2001, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Esta ley fue producto de un amplio trabajo de concertación del Poder legislativo, propone revertir la situación del campo mexicano y sus habitantes, a través de la instrumentación de una auténtica política de Estado que proporciona mayores grados de certidumbre general, con los consecuentes beneficios en el mejoramiento de la vida rural.

La contemplación de esta Ley de Desarrollo Rural Sustentable es por la vulnerabilidad en la que se encuentra las regiones del medio rural, dedicadas a una siembra y cosecha de cualquier producto alimentario por la presencia de productos químicos para la cosecha segura y sustentable.

- “Artículo 4o.- Para lograr el desarrollo rural sustentable el Estado, con el concurso de los diversos agentes organizados, impulsará un proceso de

transformación social y económica que reconozca la vulnerabilidad del sector y conduzca al mejoramiento sostenido y sustentable de las condiciones de vida de la población rural, a través del fomento de las actividades productivas y de desarrollo social que se realicen en el ámbito de las diversas regiones del medio rural, procurando el uso óptimo, la conservación y el mejoramiento de los recursos naturales y orientándose a la diversificación de la actividad productiva en el campo, incluida la no agrícola, a elevar la productividad, la rentabilidad, la competitividad, el ingreso y el empleo de la población rural”.

- “Artículo 7o.- Para impulsar el desarrollo rural sustentable, el Estado promoverá la capitalización del sector mediante obras de infraestructura básica y productiva, y de servicios a la producción así como a través de apoyos directos a los productores, que les permitan realizar las inversiones necesarias para incrementar la eficiencia de sus unidades de producción, mejorar sus ingresos y fortalecer su competitividad”.
- “Artículo 8o.- Las acciones de desarrollo rural sustentable que efectúe el Estado, atenderán de manera diferenciada y prioritaria a las regiones y zonas con mayor rezago social y económico, mediante el impulso a las actividades del medio rural, el incremento a la inversión productiva, el fomento a la diversificación de oportunidades de empleo e ingreso y la promoción de vínculos entre los ámbitos rural y urbano para facilitar a los agentes de la sociedad rural el acceso a los apoyos que requiere su actividad productiva, así como a los servicios para su bienestar”.

3.4 Ley de Productos Orgánicos

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 07 de febrero del 2006, la cual promueve y regula criterios y requisitos para la producción, procesamiento, elaboración, preparación, acondicionamiento, almacenamiento, identificación,

empaquete, etiquetado, distribución, transporte, comercialización, verificación y certificación de productos producidos orgánicamente dentro del territorio mexicano.

- “Artículo 1.- La presente Ley es de orden público y de interés social y tiene por objeto fracciones II. Establecer las prácticas a que deberán sujetarse las materias primas, productos intermedios, productos terminados y subproductos en estado natural, semiprocesados o procesados que hayan sido obtenidos con respeto al medio ambiente y cumpliendo con criterios de sustentabilidad.

III. Promover que en los métodos de producción orgánica se incorporen elementos que contribuyan a que este sector se desarrolle sustentado en el principio de justicia social". Dicho artículo 1 inciso III considerado en los métodos y producción de los productos orgánicos como posibilidad de que los productores consideren abonar de forma orgánica y con materiales de la región para un mayor aprovechamiento.

3.5 Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006.

El día 19 de septiembre del 2005, se publicó en el periódico oficial de la gaceta del gobierno para consulta pública el proyecto de Norma Técnica Estatal Ambiental bajo PROY-NTEA-006-SEGEM-RS-2005 que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos fundamentada de los artículos 27 y 115 fracción III inciso c de la CPEUM.

Considerando el gran porcentaje de los residuos sólidos generados en el Estado de México están compuestos de residuos orgánicos, principalmente de los restos de alimentos, de mercados, de las actividades de podas de parques y jardines de los

provenientes de los residuos agropecuarios, forestales y agroindustriales así como de lodos y biosólidos provenientes del tratamiento de aguas residuales; todos ellos materia prima para la producción de suelos y que a su vez permitan disminuir potenciales fuentes de contaminación.

Los mejoradores de suelos que son elaborados de materias primas de origen orgánico, mediante un proceso acelerado de descomposición microbiológica y generalmente son utilizados para mantener o mejorar la productividad de los suelos. La composta se considera un mejorador de suelo. Algunos de los beneficios ambientales que se derivan de la aplicación de los mejoradores de suelos es que disminuyen la erosión del suelo, mantienen la humedad, ayudan a mejorar la calidad de suelos por su aportación de nutrimentos y contribuye al desarrollo de vegetales.

Esta Norma Técnica Estatal Ambiental tiene por objetivo establecer los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos y es de observancia obligatoria para cualquier persona física o jurídica que opere una planta de producción de mejoradores de suelo.

Esta norma establece los requisitos físico-químicos y sanitarios de los mejoradores de suelos, para fines del cumplimiento de uso y producción (Tabla, 1).

Tabla 1. Requisitos físico-químicos y sanitarios para los mejoradores de suelos.

Análisis	Método de determinación sugerido	Parámetros para resultados
pH	NMX-AA025-1984	6.5 a 8.0
Materia orgánica	NMX-AA-021-1985	Mayor a 15%
Relación carbono-nitrógeno	NMX-AA-067-1985	Menor a 12
Fósforo	NMX-AA-094-1985	Mayor a 0.10% a 1,000 ppm.
Potasio	Acetato de amonio pH 7 Anexo I	Mayor a 0.25% a 2,500 ppm.
Relación potasio-sodio	Extracción con acetato de amonio pH 7 y determinación por absorción atómica o flamometría Anexo I	Mayor a 2.5

Fuente: NTEA-006-SMA-RS-2006

Así mismo, con la finalidad de completar la eficiencia de los abonos elaborados con estiércol de elefante y caballo, se hace uso de la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el Distrito Federal, con el fin de realizar una comparación de los datos obtenidos que no se llegan a considerar en la NTEA-006-SMA-RS-2006 los cuales son granulometría, humedad, y conductividad eléctrica. En la tabla 2, se presentan los parámetros permitidos bajo la norma ya antes mencionada NADF-020-AMBT-2011.

Tabla 2. Características generales que deben cumplir los tipos de composta.

Análisis	Método de determinación sugerido	Parámetros para resultados
Granulometría	ASTM C 136 – 01.	
Humedad	Método AS-05: Contenido de humedad del suelo.	25%-45 % en peso
Conductividad eléctrica	Método AS-18, Medición de la conductividad eléctrica.	< 4 dS/m a < 12 dS/m

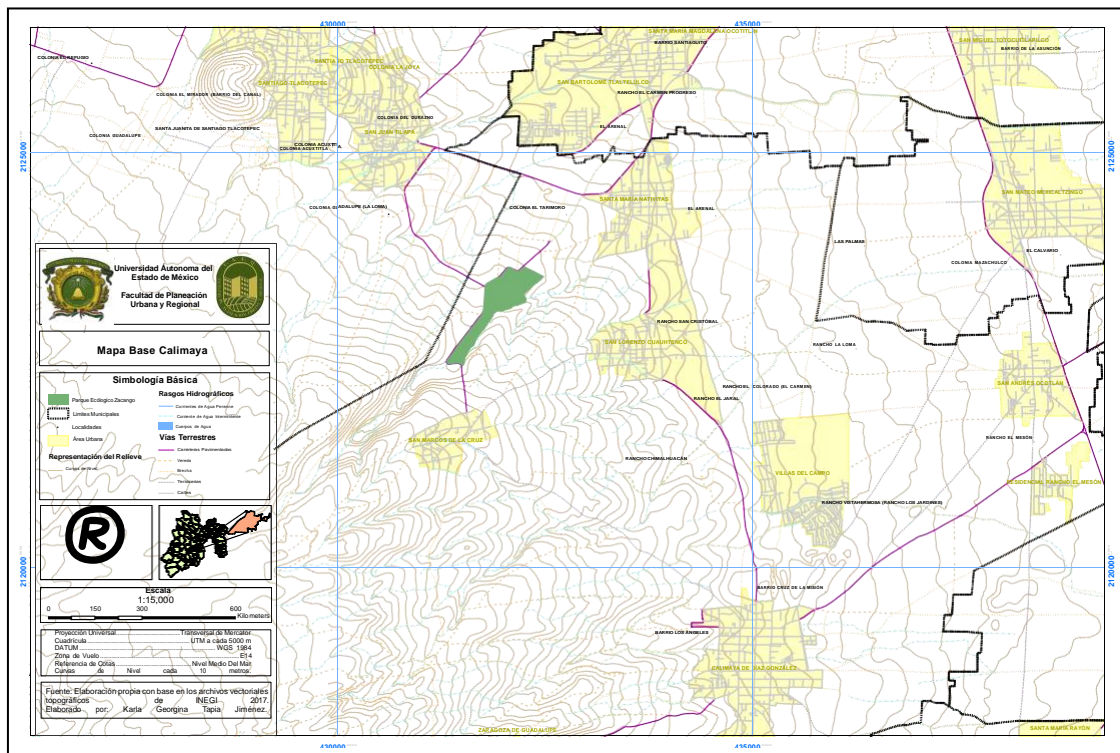
Fuente: NADF-020-AMBT-2011

4. Materiales y métodos

4.1 Caracterización del lugar donde se elaboró el Bocashi

El estudio se desarrolla en Parque Ecológico Zacango, para la manipulación optimizada de estiércol y a su vez su transformación en abono orgánico en su proceso de fermentación. Ubicado en el municipio de Calimaya, Estado de México, en el kilómetro 7 de la carretera Metepec-Santa María Nativitas, en la localidad de Santa María Nativitas con extensión territorial de 127.58 km (Mapa 1).

Mapa 1. Localización del Parque Ecológico Zacango



Fuente: Elaboración propia, con base a datos de INEGI (2017).

En el sitio el clima se representa con lluvias predominantes en verano. La temperatura del mes más cálido es inferior a 22°C y se registra antes del 21 de junio. Suelen presentarse heladas en los meses de noviembre a enero y ocasionalmente en mayo (heladas tardías) y en septiembre (heladas tempranas). Estas últimas son altamente perjudiciales para la agricultura que se desarrolla, (INEGI 2009).

La sequía abarca los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo. Los meses de lluvia son de mayo a agosto, así en junio, julio, agosto y septiembre; se reflejan como las más húmedas, con precipitaciones máximas de 190 mm en el mes de julio. Anualmente la precipitación va de los 800 a 900 mm. La temperatura media anual varía entre los 12°C y 14°C. Los suelos dominantes son Phaeozem (53.02%), Andosol (25.1%), Regosol (8.29%), Cambisol (5.56%), Arenosol (2.04%) y Vertisol (0.09%). La vegetación climática suele ser de sabana, o de praderas naturales o con vegetación leñosa, (INEGI 2009).

Ahora bien el Parque Ecológico Zacango (PEZ), nace por decreto del Ejecutivo Estatal de fecha 5 de agosto de 1981, publicado en la “Gaceta de Gobierno”, el 29 del mismo mes y año, siendo Gobernador Constitucional el Dr. Jorge Jiménez Cantú y Secretario General de Gobierno el C.P. Juan Monroy Pérez.

El PEZ se ubica en los terrenos de la ex Hacienda de Zacango, municipio de Calimaya, de mucha historia, ya que en el siglo XVI habitaron en ella frailes Franciscanos y posteriormente los Marqueses de Calimaya; a una distancia aproximada de 10 km de la Ciudad de Toluca, en camino pavimentado, ya sea por el poblado de Capultitlán, municipio de Toluca o por la Vialidad Metepec. Es uno de los más importantes y visitados en el país. Su población faunística bajo cuidado humano se estima en más de 723 animales, provenientes de diversas partes del mundo y los cuales son divididos en diferentes zonas sumando 130 especies (Secretaría del Medio Ambiente, 2018). Las zonas con las que cuenta son siete:

- Primates: en la que destacan el orangután, chimpancés, lémures y papión sagrado
- Carnívoros: en la que se albergan: leones blancos, tigres de bengala, hiena café, jaguar y lobos gris mexicano.
- Aves: psitácidos, aves rapaces, flamencos, aves canoras y anátidos.
- Herbívoros: como dromedarios, búfalos café, orix del cabo, Jack y bisonte americano.
- Granja: cabras alpinas, cabras salem, burros sicilianos, conejos, ponys y cerdos.
- Africana: elefantes asiáticos, jirafas, antílope eland, antílopes acuáticos, avestruz, cebras de gravy, hipopótamos y rinoceronte blanco.
- Herpetario: ejemplares como boa constrictor, boa arcoíris, cascabel diamantada y cascabel pigmea endémica de la zona centro de la República Mexicana.

El casco de la ex - hacienda, muestra cómo fueron las grandes haciendas feudales que existieron en el Valle de Toluca antes de la Reforma Agraria. Cuenta con diversas habitaciones que a la fecha se han adaptado para oficinas y otra parte se habilitó para un Museo de Historia Natural, conteniendo dioramas donde se leen temas de animales disecados. Los servicios que se pueden encontrar en este lugar dedicado a la conservación de fauna son, módulos de sanitarios de servicio gratuito distribuidos en distintas zonas del parque, área de juegos infantiles, zona de restaurantes, oficinas de administración, clínica médico veterinaria para la atención de la fauna albergada, tienda de souvenirs exclusiva de la marca Zacango, exhibidores de fauna (primates, carnívoros, aves, herbívoros, granja y zona africana), museo de historia natural, un Centro de Educación para la Conservación, lago artificial, herpetario temporal (colección de reptiles vivos), vigilancia al interior del Parque y enfermería para atender primeros auxilios (Secretaría del Medio Ambiente, 2018). La capacidad de carga para visitas anualmente es de hasta

500,000 visitantes. También cuenta con un estacionamiento con capacidad para 1,100 vehículos (autos y camiones).

Es importante destacar que al ser un Parque Ecológico, es responsable de participar en programas de conservación. Los programas en los que participa son Conservación y Reproducción de especies como el “Lobo Gris Mexicano”, “Cóndor de California” y “Ajolote de Pátzcuaro”.

Las actividades que se pueden realizar dentro del PEZ de manera particular son entrar a la exhibición de fauna, planear excursiones, realizar recorridos culturales, acceder a las actividades y talleres para niños así como cursos de verano, conocer los proyectos fotográficos, tener visitas Guiadas, organizar campamentos, realizar el recorrido nocturno, la experiencia 4D y conocer las pláticas sobre educación para la conservación (Secretaría del Medio Ambiente, 2018).

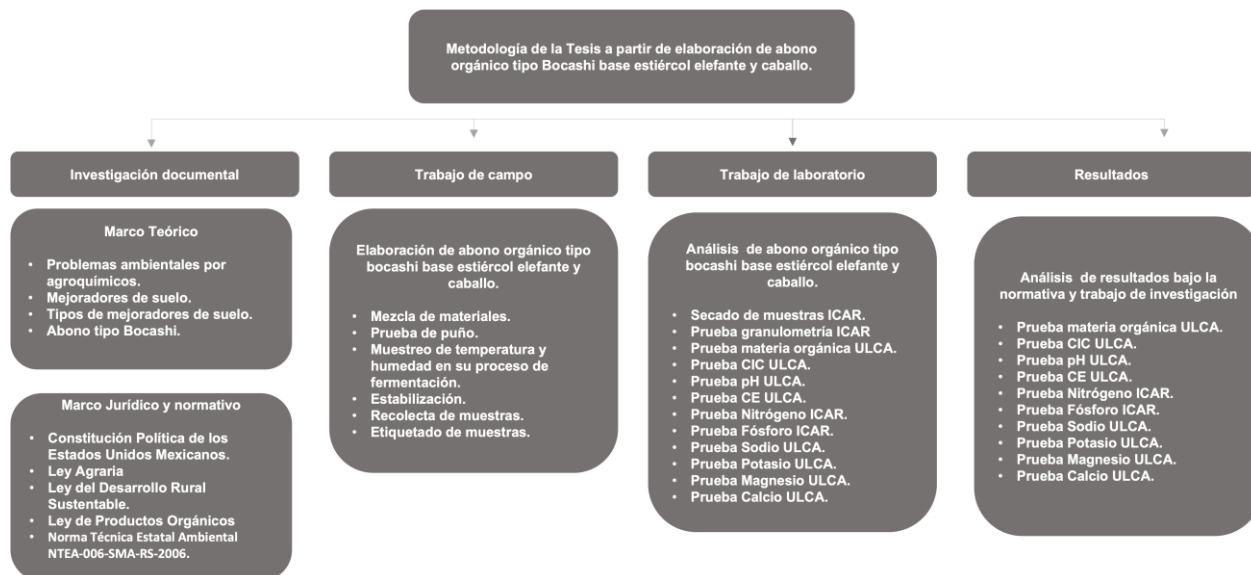
Para el caso de la investigación en el PEZ, residen tres elefantes asiáticos (*Elephas maximus*), se estima que generan aproximadamente 50 kg de estiércol cada día por ejemplar, equivalente a 18,250 kg de estiércol anuales, y constituye una materia orgánica que puede ser utilizada como materia prima para la producción de abono orgánico. Si bien estos residuos han sido empleados por la comunidad local para la producción agrícola de manera ocasional, no se han realizado estudios dentro del mismo Parque ecológico para generar beneficios al interior y realizar el aprovechamiento de este estiércol.

4.2 Diseño metodológico

El diseño metodológico se divide en cuatro etapas para cumplir los objetivos establecidos: etapa de investigación documental, trabajo de campo y laboratorio. De esta forma, fue posible el desarrollo de abonos orgánicos con bases de estiércol

de elefante y caballo, que fueron sometidos a diversos procesos y pruebas de laboratorio (Esquema 2).

Esquema 2. Metodología de Tesis



CIC= Capacidad de intercambio catiónico, CE=Conductividad eléctrica.

Fuente: elaboración propia.

a) Investigación documental

Este proceso se enfocó en la selección de la información más adecuada para el tipo de tema e investigación, para ello fue necesaria la búsqueda, identificación, acopio y análisis de información contenida en diversas fuentes como libros, revistas, artículos científicos, instrumentos jurídicos, bases de datos, fuentes electrónicas, documentos oficiales, teniendo la información actualizada de manera oportuna a través de los distintos portales y páginas web.

Fue preciso contactar a la Maestra en Gestión, Tratamiento y Valorización de Residuos Orgánicos, Carmen Alcaina Antolín por medio de LinkedIn, y acceder a su trabajo de investigación titulado “Aprovechamiento de los residuos generados por el Elefante y el Rinoceronte: Compostaje de los estiércoles”, con el fin de conocer la técnica de compostaje que utilizó en los estiércoles, el trabajo de la Maestra Alcaina se asemeja en este trabajo de investigación ya que ambos trabajos usan estiércol de elefante.

El trabajo presentado de la Maestra Alcaina, se basó en la formación de tres pilas para compostaje, donde dos tuvieron estiércoles separados y la tercera pila se conformó por la mezcla de los dos estiércoles. Concluyendo que ambos estiércoles son aptos para compost, además que presentaron un comportamiento favorable en la fase de fermentación estos para las pilas separadas, lo que resultó de la pila con combinación de ambos estiércoles fue deficiente en proceso y resultado.

b) Trabajo de campo

En esta etapa, la recolección de los materiales fue de acuerdo con la propuesta de Restrepo-Rivera (2007), adaptándola a los materiales locales del Estado de México. El estiércol de elefante fue colectado en el PEZ, el estiércol de caballo fue colectado de un rancho de caballos, este último estiércol fue transportado del rancho al PEZ, mismo lugar donde se dio el proceso de elaboración, fermentación y estabilización. El estiércol de elefante fue llevado a la zona de invernadero por medio de carretillas, dentro del mismo PEZ donde se elaboraron los respectivos abonos.

Elaboración de abonos orgánicos a partir de estiércol de elefante y caballo.

- Mezcla de materiales: para este proceso de incorporación de cada uno de los materiales para su elaboración se integraron primero los materiales secos

a manera de homogeneizarlos, después de esa primera mezcla se integraron los materiales líquidos (Figura 1).

Figura 1. Mezcla de materiales secos y líquidos



Fuente: Elaboración propia

- Prueba de puño: se realizó la prueba de puño al finalizar cada mezcla de las dos pilas que se realizaron, donde consiste en medir la humedad al tacto de la mezcla, donde los tres indicadores es que quede compacta y al exprimir con la mano salgan algunas gotas, esto indica que la mezcla esta lista (Figura 2).

Figura 2. Prueba de puño



Fuente: Elaboración propia

- Muestreo de temperaturas y humedad en un proceso de fermentación: este proceso duro 40 días, bajo una toma de temperatura en la mañana 08:00 am y tarde 05:00 pm, con la finalidad de estar monitoreando el comportamiento y saber con precisión la entrada a la fase de estabilización (Figura 3).

Figura 3. Toma de temperaturas



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Registro de temperaturas



Fuente: Elaboración propia

- **Estabilización:** Esta fase estuvo a cargo de la comparación de los resultados que se registraron en la fase de fermentación. Esta fase consta de la observación de temperaturas registradas, donde exista una variación de temperaturas, donde esta variación debe ser la disminución de temperaturas y comiencen a ser constantes dentro de los siguientes días. Además, que los productos en esta fase fueron paralelos en su estabilización y presentaron tonos café claros a café oscuros, obteniendo mezclas homogéneas con el paso de los días en sus mezclas constantes (Figura 5).

Figura 5. Mezcla de abonos orgánicos



Fuente: Elaboración propia

- **Recolecta de muestras:** para esta fase se recolectaron muestras de las dos pilas trabajadas en distintas alturas, obteniendo cuatros muestras de cada una de las dos pilas, las muestras fueron tomadas en húmedo y aproximadamente 450 g, empacándolas en bolsas herméticas.
- **Etiquetado de muestras:** Se etiquetaron las muestras en las bolsas herméticas con plumón de aceite y cinta adhesiva (Figura 6).

Figura 6. Toma y etiquetado de muestras de abono orgánico base estiércol de elefante.



Fuente: Elaboración propia

c) Trabajo de laboratorio

Las pruebas de laboratorio se trabajaron bajo la norma NTEA-006-SMA-RS-2006 la cual establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos. Para ello se realizaron los procedimientos experimentales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) y la Unidad de Laboratorio de Ciencias Ambientales (ULCA) de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Para el trabajo de laboratorio, se retomaron las técnicas sugeridas de las normas, así como se retomaron y adaptaron los planteamientos del Manual Métodos de Análisis de Compost (2005) y el Manual de Técnicas Analíticas para Análisis de Suelo, Foliar, Abonos orgánicos y Fertilizantes químicos INCA (2010).

Para cada prueba se hicieron tres repeticiones por cada pila de AO con la finalidad de tener un margen de resultados más concentrados para la discusión de resultados.

- **Secado de muestras ICAR:** La técnica consiste en preparar las muestras húmedas a seco, para las siguientes pruebas, esta técnica comienza en un secado de los dos abonos orgánicos tipo Bocashi donde por una semana estarán sobre un papel con la muestra extendida para dejarla en las rejillas de secado, un lugar con ventilación y a temperatura ambiente cada muestra debe llevar su etiqueta de identificación (Figura 7).

Figura 7. Secado de muestras



Fuente: Elaboración propia

- **Prueba Granulometría ULCA:** Esta prueba separa la muestra, a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente menores, con el objeto de determinar los tamaños de las partículas.

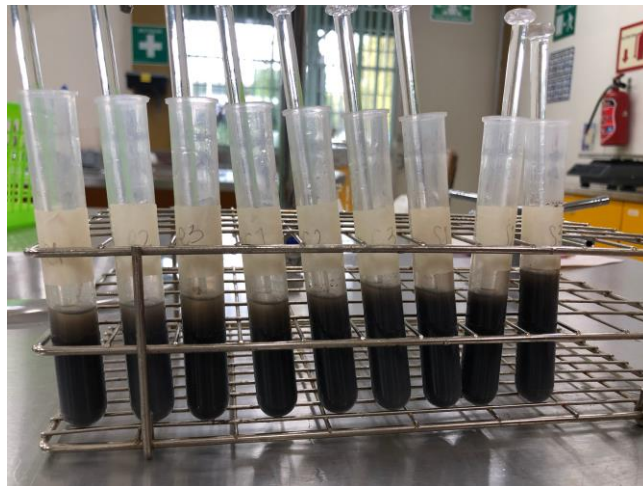
- Prueba materia orgánica ULCA: Esta prueba consiste en la titulación con sulfato ferroso 0.5N donde el indicador es el vire del color, pasa de un color lila a azul, el desgaste del sulfato ferroso será aquel que nos indique materia orgánica a través de los cálculos.
- Prueba de CIC ULCA: Para esta prueba se utilizó la centrífuga para acelerar la sedimentación y se hicieron 5 lavados con varias soluciones y se tituló con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), (Figura 8).

Figura 8. Muestras en centrifugadora



Fuente: Elaboración propia

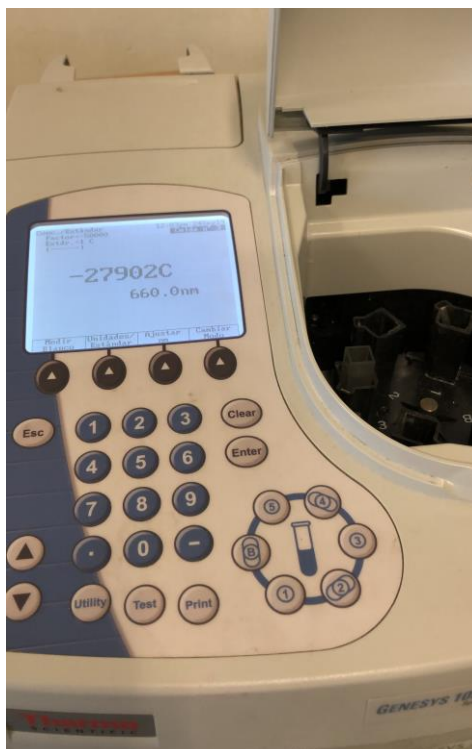
Figura 9. Muestras en proceso de agitación para lavado y centrifugado



Fuente: Elaboración propia

- Prueba de pH y CE ULCA: Para estas pruebas se utilizó conductímetro donde se tomó la lectura a tres muestras de cada tratamiento, para después poder promediar las lecturas.
- Prueba Fósforo ICAR: Para esta técnica el uso del espectrofotómetro fue fundamental para tomar las lecturas, para ello las muestras tuvieron que pasar por ebullición entre otros procesos de lavado y reposo en soluciones para llegar a la medición espectrofotométrica donde estuvo dentro 10 minutos dentro del espectrofotómetro, para asegurar la máxima intensidad donde con ayuda de una solución muestra se tomó la lectura de la intensidad de la luz absorbida. (Figura 10). Este análisis químico fotométrico está basado en la posibilidad de desarrollar a una absorbancia compuesta de una reacción química específica entre la muestra y los reactivos (Beltrán-Morales *et al.*, 2019).

Figura 10. Muestras de Fósforo dentro de espectrofotómetro



Fuente: Elaboración propia

- Prueba Nitrógeno ICAR: La técnica utilizada consta de tres procesos, digestión, destilación y valorización, donde esta técnica en la etapa de digestión rompe los enlaces de nitrógeno de la muestra convirtiéndose en iones de amonio, en la fase de destilación se convierte de amonio a amoníaco, en el último proceso se valora con cloruro de hidrógeno HCl 0.25 mol/l hasta que la solución tenga un color violeta (Figura 11, 12 y 13).

Figura 11. Proceso de destilación



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Proceso de valoración



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Proceso de destilación, trabajo en laboratorio.



Fuente: Elaboración propia

- Prueba Sodio, Potasio, Magnesio y Calcio ULCA: La técnica empleada fue para determinar las concentraciones de los elementos mediante esta técnica analítica donde los átomos deben estar completamente libres de todo enlace que exista en el estado sólido o líquido, utilizando Fotómetro o Flamómetro de llama digital midiendo a través de las curvas de calibración y luego absorbiendo las muestras para la lectura, esta técnica se utilizó para Sodio, Potasio, Magnesio y Calcio (Figura 14 y 15).

Figura 14. Preparación del Flamómetro



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Filtrado de muestras para titular y tomar lectura en el Flamómetro.



Fuente: Elaboración propia

4.3 Materiales para la elaboración de abonos orgánicos

Para la elaboración del Bocashi abono orgánico se utilizaron los materiales disponibles de acuerdo con la zona donde se encuentra el PEZ Calimaya y su desarrollo, estos materiales fueron utilizados en ambos estiércoles, el de elefante y el de caballo.

Se agregan dos tablas por cada tipo de estiércol, con el nombre de material así como la cantidad que se utilizó en la mezcla del bocashi como abono orgánico, el cálculo de los materiales fue para 50 kg de estiércol por cada uno peso en húmedo (Tabla 3 y 4).

Tabla 3. Materiales de mezcla abono orgánico base estiércol de caballo.

Material	Cantidad
Estiércol de caballo	50 kg
Carbón	4,800 kg
Ceniza	6,800 kg
Salvado	10 kg
Tierra	10,500 kg
Levadura	50 g
Leche	500mL
Melaza	0.5mL
Agua	82 L

Fuente. Elaboración propia

Tabla 4. Materiales de mezcla abono orgánico base estiércol de elefante.

Material	Cantidad
Estiércol de elefante	50 kg
Carbón	4,800 kg
Ceniza	6,800 kg
Salvado	10 kg
Tierra	10,500 kg
Levadura	50 g
Leche	500mL
Melaza	0.5mL
Agua	100 L

Fuente. Elaboración propia

Los materiales utilizados fueron tomados de la receta original de bocashi como abono orgánico de Restrepo-Rivera (2007), donde se establece una adaptación y sustitución de los materiales de manera válida, para todo aquel interesado en la réplica de un abono orgánico de los materiales locales en cada región.

a) Preparación de abonos

La preparación de los abonos de tipo bocashi se realizó dentro de unos canales de 1.28 metros de ancho por 7.5 metros de largo, donde se dividió la longitud a la mitad para colocar las pilas (Figura 16).

Figura 16. Preparación de pilas para abono orgánico tipo Bocashi



Fuente: Elaboración propia

b) Preparación de abono orgánico tipo bocashi con estiércol de elefante.

Para la conversión del estiércol de elefante a un abono orgánico se utilizó la técnica de bocashi que consiste en una receta basada en Restrepo-Rivera (2007).

La preparación del estiércol es primero mezclando los materiales sólidos con el estiércol, como es la ceniza, carbón, salvado y la tierra, esta mezcla es para conseguir una homogeneidad en los materiales y la mezcla consiste en pasar lado a lado los materiales con ayuda de una pala, después que los materiales están incorporados se vuelve a realizar el mismo proceso pero ahora añadiendo la mezcla en líquido de levadura, melaza y leche, ya que se incorporó la mezcla líquida se

incorpora el agua, pero esta poco a poco a manera de salpicar el agua en la mezcla para evitar la sobre humedad del bocashi.

El agua se va calculando con la prueba de puño cada vez que se termina de incorporar una cantidad generosa de agua, en la elaboración de este bocashi se utilizaron 100 litros de agua.

La prueba de puño consiste en que al tomar una muestra de bocashi y apretarlo con la mano formando un puño escurran de 3 a 5 gotas de la muestra, esto denota que la mezcla esta lista para concluir con el proceso de elaboración.

Para concluir el proceso de mezcla del bocashi se tapa con un plástico negro y se deja en fermentación por 10 días, tomando la temperatura dos veces al día esto por la mañana y tarde, así como la humedad y remover el bocashi. El estiércol de elefante fue previamente picado con la pala, esto se realizó por que la forma del estiércol de elefante se presenta en bolas de 10 cm de alto por 10 de radio, lo que dificulta su tratamiento si no se partícula.

c) Preparación de abono orgánico tipo Bocashi de estiércol de caballo

Para este tratamiento con estiércol de caballo se utilizó la técnica de bocashi una receta de Jairo Restrepo Rivera, donde existe una variación y adaptación para este trabajo de investigación Restrepo (2007).

La preparación del abono orgánico base estiércol de caballo, primero se mezclaron los materiales sólidos con el estiércol, como es la ceniza, carbón, salvado y la tierra, esta mezcla es para conseguir una homogeneidad en los materiales y la mezcla consiste en pasar lado a lado los materiales con ayuda de una pala, después que los materiales están incorporados se vuela a realizar el mismo proceso pero ahora

añadiendo la mezcla en líquido de levadura, melaza y leche, ya que se incorporó la mezcla líquida se incorpora el agua pero esta poco a poco a manera de salpicar el agua en la mezcla para evitar la sobre humedad del bocashi.

El agua que requirió esta muestra fue 82 litros, así concluyendo su proceso de elaboración.

El estiércol de caballo fue recolectado el mismo día que se hizo la preparación, esto permitió su manipulación de una mejor manera, este estiércol venia combinado con un 3% de paja del total de los 50 kg de estiércol de caballo (Figura 14).

Figura 14. Pirámides de las mezclas de estiércoles.



Fuente: Elaboración propia

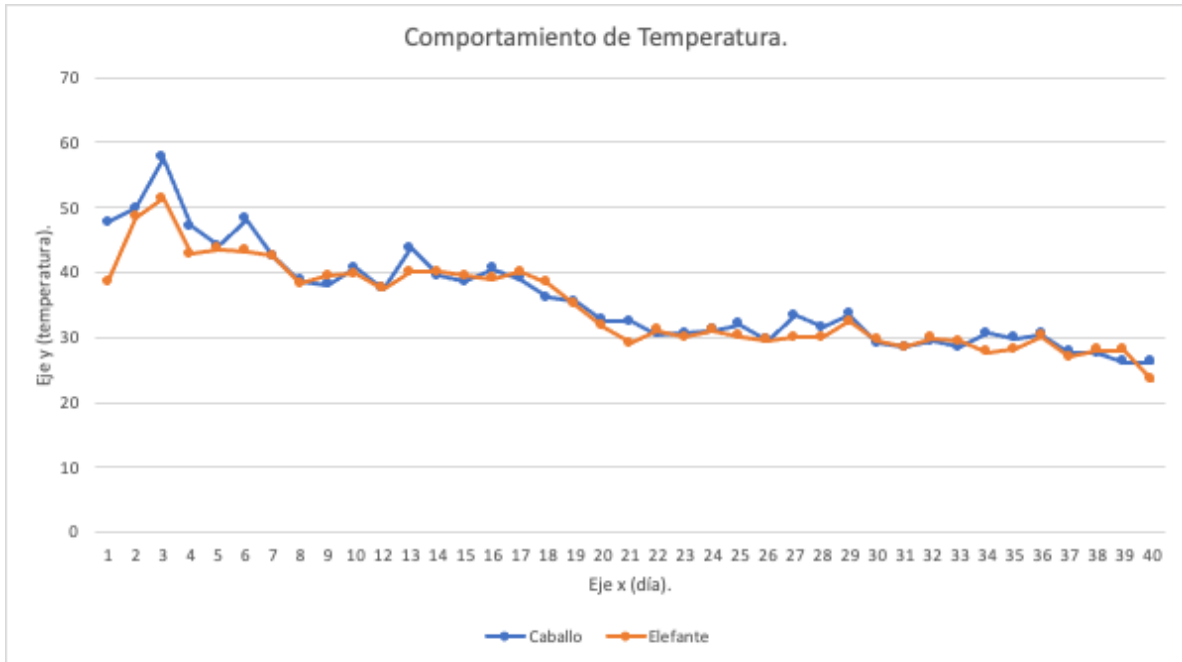
5. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos para este trabajo de investigación, dentro del trabajo de campo y laboratorio permitieron identificar que ambos AO de tipo Bocashi se encuentran dentro de la normatividad utilizada por medio del proceso de control, higiene y monitoreo, permitiendo abrir oportunidades constantes en el manejo de estiércoles y otorgándoles un valor como materia orgánica en los subproductos bajo los tratamientos adecuados teniendo la capacidad de ser aquellos pioneros en restablecer suelos erosionados por la excesiva agricultura que enfrenta el país y el mundo.

5.1 Trabajo de campo

Durante el trabajo en campo correspondió a la elaboración de los abonos orgánicos tipo bocashi, constituyo de cuatro etapas: elaboración, fermentación, así como estabilización y secado.

Gráfica 1. Comportamiento de temperatura de los AO durante el proceso de fermentación y estabilización.



Fuente, elaboración propia.

Como consecuencia de las elevadas temperaturas alcanzadas durante la fase termofílica, se destruyen las bacterias patógenas y parásitos presentes en los residuos de partida (Román *et al.*, 2013). Donde podemos observar en la gráfica 1 el comportamiento de las temperaturas, logrando observar el incremento y descenso de las temperaturas.

Tabla 5. Observaciones durante trabajo de campo

Elaboración	Fermentación	Estabilización y secado
<p>Los ingredientes se incorporaron de manera muy homogénea, quedando la mezcla muy bien a la prueba de puño, no se necesitó agregar agua de más ya que ambos estiércoles presentaban humedad y eso ayudo.</p>	<p>La fermentación comenzó al día siguiente de la elaboración de ambos abonos orgánicos donde las temperaturas dentro de los primeros siete días el comportamiento fue entre las temperaturas de los 40 C° a 55 C° el olor era soportable pero peculiar a un proceso de descomposición, donde a partir del día ocho al veintinueve fueron entre los 40 C° a 30 C°, a partir del día veintinueve al cuarenta las temperaturas estaban entre los 30 C° a 20 C° donde indicaba una fase e estabilización y poca actividad microbiana.</p>	<p>Esta fase se dio del día veintinueve al cuarenta las temperaturas estaban entre los 30 C° a 20 C° donde indicaba una fase e estabilización y poca actividad microbiana. Donde se observaron algunas semillas que brotaban del salvado utilizado en la mezcla, además que se observó en la pila en la parte más baja una actividad de lombrices, también un insecto que estuvo interactuando en la mezcla fueron pequeñas arañas. Otro factor fue el olor de los abonos ya que en este punto tenía un olor a tierra húmeda.</p>

Fuente: Elaboración propia

5.2 Trabajo de laboratorio

En el proceso de laboratorio, se trabajó bajo las técnicas establecidas en la norma, pudiendo obtener resultados favorables para ambos abonos orgánicos tipo Bocashi, (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados obtenidos bajo los análisis de laboratorio

Análisis	Parámetros para resultados	AO elefante (Media)	D. E.	C. V.	AO Caballo (Media)	D. E.	C. V.
Granulometría	≥30 mm	≥30 mm	-	-	≥30 mm	-	-
Humedad	35 % a 60 %	39.98%	0.14	16%	45.94%	0.074	19%
pH	6.5 a 8.0	8.14	0.25	3%	8.02	0.31	4%
Materia orgánica	Mayor a 15%	15.16 %	0.02	0%	15.15 %	0.01	0%
Relación C/N	Menor a 12	9.58 mol(+)/Kg	0.58	6%	11.46 mol(+)/Kg	0.95	8%
Fósforo	Mayor a 0.10% a 1,000 ppm.	6465.5 ppm.	413.66	6%	6169.5 ppm.	297.69	5%
Potasio	Mayor a 0.25% a 2,500 ppm.	4210.55 ppm.	10.08	0%	4230.35 ppm.	7.62	0%
Relación potasio-sodio	Mayor a 2.5	2.09 mol(+)/kg	0.05	2%	2.22 mol(+)/kg	0.11	5%
Conductividad eléctrica.	< 4 dS/m a < 12 dS/m	5.34 dS/m	0.09	2%	4.67 dS/m	0.12	3%
Calcio	-	1244.15 ppm	88.13	7%	903.21 ppm	219.57	24%
Magnesio	-	55.78 mol(+)/Kg	2.40	4%	41.583 mol(+)/Kg	2.77	7%
CIC	-	463.86 meq/100g	17.97	4%	440.56 meq/100g	12.74	3%

D.E.= Desviación Estándar, C. V.= Coeficiente de Variación, C/N= relación carbono nitrógeno

Fuente: Elaboración propia, con base a resultados de laboratorio y estadísticos

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 6, estos obtenidos de las pruebas de laboratorio fueron adecuados ya que el coeficiente de variación obtenido para las pruebas humedad, pH, materia orgánica, relación C/N, fósforo, potasio, relación potasio sodio, conductividad eléctrica, calcio, magnesio y CIC fueron óptimos.

5.2.1 Pruebas físicas

Las pruebas físicas para este trabajo de investigación fueron la granulometría y la humedad, siendo así granulometría en un abono orgánico el tamaño de partícula que presenta el abono orgánico para su distribución, con la finalidad de que las plantas puedan asimilar de manera correcta las partículas, teniendo una disolución en el suelo. Para ambos casos en este trabajo de investigación los abonos presentaron una granulometría igual, lo cual indica una mezcla entre suelo y sustrato basado en la dieta de ambos ejemplares (tabla 6).

La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular (FAO, 2013). Para el caso del trabajo de investigación se presenta un mayor porcentaje de humedad en el abono orgánico base estiércol de caballo, existiendo una diferencia del 5.96 % de humedad menor para el caso del abono orgánico base estiércol de elefante así mismo ambos AO entran en los parámetros aceptados de la norma para resultados (tabla 6).

5.2.2 Pruebas químicas

Para estas pruebas químicas hablamos de mostrar los nutrientes disponibles en los AO y conocer si entran dentro de la norma, en los análisis químicos se consideraron el pH, materia orgánica, la relación carbono-nitrógeno, fósforo, potasio, relación potasio-sodio, conductividad eléctrica, calcio y magnesio. Es importante destacar que para este trabajo de investigación se analizaron los dos grupos de macronutrientes primarios y secundarios. Clasificando como macronutrientes primarios a nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), y como macronutrientes secundarios el calcio (Ca) y magnesio (Mg).

El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0-7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2. (FAO, 2013). El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro. Los parámetros de ambos tratamientos están sobre la norma ligeramente, indica un pH dentro de la alcalinidad (Tabla 6).

La alcalinidad puede influir por que ambos abonos orgánicos fueron elaborados bajo condiciones de invernadero, implica un ambiente seco gran parte del día (tabla 6). En este se puede tener un problema, ya que de acuerdo con Restrepo-Rivera (2007), excede un pH 7.5, ya que valores altos inhiben la actividad microbiológica pero solo esto durante la degradación de los materiales, situación que no fue así ya que este pH se obtuvo cuando ambos abonos orgánicos ya estaban secos. El desarrollo de la alcalinidad depende de los materiales parentales locales de la

mezcla elaborada, así como la dieta de cada animal en este caso el elefante y caballo, la manipulación y uso de estiércoles puede acelerar o frenar los procesos naturales de acidificación o alcalinización de los abonos.

El pH en el compostaje de abonos orgánicos se presenta en tres fases. En la etapa mesófila inicial del compostaje, los microorganismos actúan sobre la materia orgánica más lábil, liberando ácidos orgánicos que provocan el descenso del pH inicial. En una segunda fase se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amonio procedente de la descomposición de las proteínas (Sánchez-Monedero *et al.*, 2001). Conviene tener en cuenta que aumentos grandes en los valores del pH acompañado con elevadas temperaturas, supone la pérdida de nitrógeno en forma de amoniaco (Costa *et al.*, 1991). Y por último, en la tercera fase, el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón.

Ahora bien, la materia orgánica del suelo contiene cerca del 5% de N total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Graetz, 1997). Durante la evolución de la materia orgánica en el suelo se distinguen dos fases: la humificación y la mineralización (Julca-Otiniano *et al.*, 2006). La humificación es una fase bastante rápida, durante la cual los microorganismos del suelo actúan sobre la materia orgánica desde el momento en que se la entierra. La materia orgánica en el suelo también facilita los mecanismos de absorción de sustancias peligrosas como los plaguicidas. Por ejemplo, se sabe que la capacidad del suelo para adsorber compuestos químicos como clorofenoles o cloroanilinas aumenta con el contenido en materia orgánica (Vangestel, 1996). La aplicación de enmiendas orgánicas también aumenta la degradación de los agroquímicos en fumigantes que se colocan en los cultivos (Julca-Otiniano *et al.*, 2006).

Los resultados presentados en la tabla 6 indican que ambos tratamientos superan el 15 % de MO (materia orgánica), por lo que cumplen con la norma. Cabe destacar que los abonos orgánicos fermentados tienen contenidos bajos de materia orgánica, ya que queda en el segmento inferior de lo recomendado por la norma, lo que indica que puede ocuparse como mejorador de suelo o reparador de suelo (tabla 6).

Los resultados del estudio realizado por Alcaina (2018), sus dos pilas de estiércol de elefante pila 1 y pila 3 (combinación de estiércol de elefante y rinoceronte) presentan mayor contenido de materia orgánica con 57 % y 60 % respectivamente, la norma en este caso indica un valor de $\geq 35\%$.

Para el caso de la Relación C/N es un índice de la calidad del sustrato orgánico del suelo. Indica la tasa de nitrógeno disponible para las plantas; valores altos implican que la materia orgánica se descompone lentamente, ya que los microorganismos inmovilizan el nitrógeno, por lo que no puede ser utilizado por los vegetales; en cambio, valores entre 10 y 14 corresponden a una mineralización y ruptura de tejidos rápida, ya que la actividad microbiana se estimula, hay nutrientes suficientes para los microorganismos y para los vegetales. Además, la Relación C/N de bacterias y hongos del suelo es menor a 15, lo que implica que con valores bajos de C/N los microorganismos serán más eficientes en la descomposición de la materia orgánica (Gamarra-Lezcano *et al.*, 2018)

Los resultados obtenidos de la relación C/N para el para el caso de la investigación fueron menores a 12 como se marca en la norma, por ello es importante decir que cumple (tabla 6). De acuerdo con Gamarra-Lezcano (2018), los resultados respondieron a una eficiencia, esto se apreció en la rapidez de la fermentación de ambas mezclas con los dos distintos tipos de estiércoles dentro de su primera fase, ambos abonos orgánicos responden a eficiencia en la descomposición de materia orgánica.

El fósforo (P), como un macronutriente primario en suelo es importante para el metabolismo de la planta. Después del N, el P es el segundo nutriente más importante para la nutrición vegetal, pero a diferencia del N está menos disponible (Zhong *et al.*, 2017). Los resultados obtenidos para ambos tratamientos entran dentro de la norma (tabla 6).

Ahora bien, Stevenson y Cole (1999), dicen que el exceso de fósforo puede interferir con la absorción de micronutrientes, como zinc y el hierro, así mismo el exceso de potasio en forma de potasa sales minerales, aumenta el pH del suelo, lo que causa una mala absorción de nutrientes de las plantas. Por otro lado, es un nutrimento esencial y factor limitante del crecimiento de las plantas en suelos con contenido bajo de este elemento y que pueden ser fertilizados con abonos fosfatados o estiércol animal (Szogi *et al.*, 2012). Por tanto, el alto contenido de fósforo pertenece al uso de estiércoles utilizados en la elaboración de AO.

Para el caso de los resultados del Potasio (K) como un macronutriente primario que desempeña un papel muy importante en las plantas, en la apertura estomática donde las células se abren con la acumulación del K y se cierran con su pérdida. Contribuye a mantener niveles altos de turgencia a través de la retención de agua en las células, participa en la activación de enzimas en la fotosíntesis, así como en la calidad de los cultivos (Tavakol *et al.*, 2018).

Si bien esto puede variar dependiendo de los materiales orgánicos a compostear, la tendencia siempre es a aumentar su contenido de potasio en el proceso de descomposición. Basado en el estudio de Alcaina (2018), sus dos pilas de estiércol de elefante presentan altos contenidos de K, bajo la norma europea, lo que respecta al presente estudio los niveles de contenidos de K son altos y entran en la norma (tabla 6).

Para el caso de la relación potasio sodio que se marca en la normatividad, en ambos tratamientos de abono no cumple los parámetros establecidos.

Para el caso de conductividad eléctrica tiende generalmente a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de sales y compuestos inorgánicos (Sáez *et. al.* 2017). El caso de los AO elaborados se encuentra dentro de la norma (tabla 6), lo que es pertinente que este tipo de abonos con concentraciones notables se apliquen a los cultivos de especies vegetales y frutales adecuados.

El Calcio (Ca) toma la importancia en este tipo de abono orgánico ya que es parte esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca (IFA, 1992). Para el caso del Ca, los parámetros no son establecidos dentro de la normativa, por ello se consultó la guía de interpretación de resultados de los análisis de suelos por la Universidad de Arkansas, para contar con un panorama más amplio, por ello Espinoza *et al.* (1914), indica que la mayoría de los suelos arenosos tienen concentraciones menores de 400 a 500 ppm (800 a 1,000 lb/acre) de calcio, los suelos arcillosos usualmente contienen arriba de 2,500 ppm, lo cual para el caso de ambos tratamientos están bajo el contenido usual (tabla 6).

El Magnesio (Mg) es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20 por ciento del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta (IFA, 1992).

Ahora bien la capacidad de intercambio catiónico (CIC), refiere a la capacidad de un suelo para absorber o retener cationes y para intercambiar especies de iones en reacciones químicas reversibles, se puede medir por varios métodos, como es que el CIC depende del pH al cual se hace la determinación, debido a la reactividad de varios intercambiadores en los sistemas de suelos minerales arcillosos, óxidos hidratados, compuestos amorfos y materiales orgánicos, la variación en resultado habla de la composición química de la solución desplazada o intercambiable usada. Ciertas especies de iones son desplazadas o intercambiadas más completamente que otras especies (especialmente el potasio) pueden realmente ser atrapadas o fijadas por algunas especies de minerales arcillosos presentes en algunos suelos (Buol *et al.*, 2013), para el caso de ambos tratamientos es mayor a 400 meq/100g (tabla 6).

Es importante destacar que los AO elaborados fueron favorecidos por el sistema en el que se encontraban que fue de invernadero, lo que hizo que el proceso se llevara a cabo con higiene, sin interrupciones o contratiempos climatológicos, además que existió control de los insectos ya que no se presentó algún tipo de díptero. La única presencia de insectos fueron arañas.

El abono orgánico tipo Bocashi de estiércol de elefante y caballo pueden ser elaborados de manera constante, ya que son materias primas que se encuentran de manera abundante, el caso de los ingredientes que componen la mezcla de las pilas para la fermentación también son abundantes y de fácil acceso

Este proceso considero que es eficiente si se realiza de la forma en el que se hizo este trabajo de investigación, lo que puede sumar a este trabajo es hacer uso de contenedores giratorios dentro del invernadero para una mayor rapidez en el mezclado constante que requiere los primeros días de elaboración.

Es importante destacar que deben de considerarse normas que trabajen con estiércoles de animales para tener una calidad y estandarización.

Las implicaciones que pueden tener las materias orgánicas que son los dos tipos de estiércol de caballo y elefante, son que el estiércol de caballo está en mayor disponibilidad y mayor acceso a la población, y el estiércol de elefante necesita una gestión para obtenerlo y hacer uso de este.

Para el caso del beneficio de uso de estiércol de elefante donde existe una alta producción de este, por el tamaño de los ejemplares y si el PEZ realizará un AO y venta, o bien realizarlo y producir hortalizas para consumo de los mismos ejemplares dentro del PEZ representaría una oportunidad.

Ahora bien, ambos tratamientos de AO cumplen dentro de los estándares de calidad de la norma excepto en la relación potasio sodio, y pH. Ambos tratamientos presentan resultados similares destacados el tratamiento de estiércol de elefante. Los AO tienen buenos aportes de fósforo, el cual es relevante porque se encuentra en la familia principal de los macronutrientes.

Conclusiones

La utilización del estiércol de elefante, si representa una posibilidad para ser utilizado como un abono orgánico, por las características de los resultados fisicoquímicos obtenidos del abono orgánico tipo Bocashi que cumplen con la normatividad estatal de mejoradores de suelos. Es un área de oportunidad para el estiércol de elefante, contemplando tener un tratamiento correcto y aprovechamiento dentro del Parque Ecológico Zacango como mejorador de suelo.

El uso de estiércol de elefante y caballo tuvo buen desempeño óptimo para cumplir con la calidad de la norma NTEA-006SMA-RS-2006 de acuerdo con los elementos fisicoquímicos, cumpliendo también la calidad de granulometría, humedad y conductividad eléctrica de la norma NADF-020-AMBT-2011 de compostas.

La elaboración de bocashi como estrategia para un abono orgánico, en dos tratamientos con estiércoles de animales monogástricos, aumenta la posibilidad de evaluar y estandarizar los datos obtenidos que corresponden a cada estiércol.

Las dos pilas elaboradas de los dos tipos de estiércol presentaron buen comportamiento en su fase de fermentación, así como en el comportamiento de temperaturas.

Los resultados químicos que se obtuvieron permiten contar con la información para aquellos productores agrícolas interesados en la fertilizar sus cultivos y mejorarlos, así como sus suelos con este tipo de técnica. Por ello es importante destacar que los resultados obtenidos en este trabajo de investigación fueron adecuados de acuerdo con las normas. El resultado menos favorable fue la relación potasio- sodio, ya que es bajo de acuerdo a lo que establece la norma.

Para el proceso de elaboración de las dos pilas de AO se aventajo pues al estar bajo las condiciones de un invernadero favoreció su fermentación y estabilización, controlando la humedad y evitando los riesgos climatológicos como es el caso de la lluvia, que puede aumentar la humedad y disminuir la temperatura.

Referencias

- Acosta-Durán, C., Solís Pérez, O., Villegas-Torres, O. y Cardoso-Vigueros, L. (2013). Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. *Agronomía Costarricense*, 37(1), pp.127-139. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43628796010>
- Alcaina A., C. (2018). *Aprovechamiento de los residuos generados por el Elefante y el Rinoceronte: Compostaje de los estiércoles*. (Tesis de maestría no publicada) Escuela Politécnica Superior de Orihuela.
- Álvarez-Sánchez, E. y Vázquez-Alarcón, A. y Castellanos, J. y Cueto-Wong, J. (2006). Efectividad biológica de abonos orgánicos en el crecimiento de trigo. *Terra Latinoamericana*, 24(2), pp.261-268. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311108013>
- Anderson, T. H., y K. H. Domsch. (1989). Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soil. *Soil Biol. Biochem.* 21: 471-479. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(89\)90117-X](https://doi.org/10.1016/0038-0717(89)90117-X)
- Beltrán-Morales, F. A., A. Nieto-Garibay, J. S. A. Murillo-Chollet, F. H. Ruiz-Espinoza, E. Troyo-Diequez, J. A. Alcala-Jauregui y B. Murillo-Amador. (2019). Contenido inorgánico de nitrógeno, fósforo y potasio de abonos de origen natural para su uso en agricultura orgánica. *Terra Latinoamericana*, 37: 371-378. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v37i4.520>
- Blanco, J (2006). *Acondicionadores y Mejoradores de Suelo*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado de: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4858/2/2006718153746_Acondicionadores%20y%20mejoradores%20de%20suelo.pdf

- Buol, S. W., Hole F. D. y McCracken R. J. (2013). *Génesis y clasificación de suelos*. México:Trillas
- Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H. y Pierce, F.J. (1997). Concepts of soil quality and their significance. En Gregorich, E.G. y Carter, M. (eds). *Soil quality for crop production and ecosystem health* Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands.
- CEPANAF (2015). *35 Aniversario Zoológico Zacango. Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna. Toluca*. Recuperado de: http://zoologicozacango.edomex.gob.mx/sites/zoologicozacango.edomex.gob.mx/files/files/LIBRO_PARA_WEBOK.pdf.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Artículos 3, 4, 25, 26, 27, 73 y 115. 15 de febrero de 1917
- Cerrato, M. E., H. A. Leblanc y C. Kameko. (2007). Potencial de mineralización de nitrógeno de Bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. *Tierra Tropical* 3: 183-197.
- Costa, F., García, C., Hernández, T. y Polo, A. (1991). *Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización*. Murcia.: CSIC-CEBAS.
- Decología (2019). *Mejoradores de suelo: definición, tipos, usos, beneficios y más*. Recuperado de: <https://decologia.info/medio-ambiente/mejoradores-de-suelo/>
- Demuner-Molina, G., Cadena-Zapata, M., Campos-Magaña, S. Zermeño-González, A. y Sánchez-Pérez, F. (2014). Efecto de labranza y mejoradores de suelo en humedad y desarrollo radicular. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(2), 123-130. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222014000200008&lng=es&tlng=es.
- Espinoza L., Slaton Nathan y Mozaffari Morteza (1914). *Como Interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos*. University of Arkansas System. Recuperado de: <https://www.uaex.edu/publications/pdf/fsa-2118sp.pdf>

- FAO (2003). *Código Internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas*. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.
- FAO (2007). *Elaboración y uso del Bocashi*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/at788s.pdf>
- FAO (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago, Chile.
- Ferris G. (SF). *Abonado de estiércol de caballo. Ficha descriptiva Livestock and Land*. Recuperado de: https://livestockandland.org/Spanish_PDF/01_Manure_and_Composting/04%20Abonado%20de%20Estiercol%20de.pdf (consultado el 06/12/19).
- FONAGI (2010). *Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos*. Recuperado de: http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf
- Fortis-Hernández, M. y Leos-Rodríguez, J. y Preciado-Rangel, P. y Orona-Castillo, I. y García-Salazar, J. y García-Hernández, J. y Orozco-Vidal, J. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 27(4), pp.329-336. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57313040007>
- Galán-Huertos, E., J. L. Gómez-Ariza, N. Bellinfante Crocci, P. Aparicio-Fernández. (2003). *Contaminación de suelos por compuestos orgánicos*. Informe final. Sevilla, España.
- Gamarra Lezcano, C. C., Díaz Lezcano, M. I., Vera de Ortíz, M., Galeano, M. del 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. Recuperado de: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.134>
- Graetz, H. A., (1997). *Suelos y fertilización*. México: Trillas

- Garro J. (2016). *El suelo y los abonos orgánicos*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología. Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>
- Huachi, L. (2008). *Mejoramiento del suelo mediante la producción de un abono orgánico a partir de estiércol animal, en el parque Metropolitano de Quito*. (Tesis de Maestría) Quito: Universidad Internacional SEK. Recuperado de: <http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/193/1/MEJORAMIENTO%20DEL%20SUELO%20MEDIANTE%20LA%20PRODUCCION%20DE%20UN%20ABONO%20ORGANICO.pdf> consultado (09/12/19)
- IFA (1992). *World fertilizer use manual*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>
- INCA (2010). *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos*, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba. Recuperado de: http://ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/folleto_suelos.pdf
- INEGI (2009). *Prontuario de información geográfica municipal, Calimaya, México*. Recuperado de: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15018.pdf
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (2005). *Métodos de Análisis de Compost*, Chile. Recuperado de: <http://schcs.cl/doc/libros/An%C3%A1lisis%20de%20compost.pdf>
- Julca-Otiniano, A. Meneses-Florián, L, Blas-Sevillano, R. y Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49-61. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Leal, M. A. de A., Guerra, J. G. M., Espindola, J. A. A., y Araújo, E. da S. (2013). Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e*

- Ambiental*, 17(11), 1195-1200. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001100010>
- Libreros, S. S. (2012). La caña de azúcar fuente de energía: Compostaje de residuos industriales en Colombia. *Técnicaña*, 28, pp. 13-14.
- Ley Agraria 1992, Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de febrero de 1992.
- Ley de Desarrollo Rural Sustentable 2001, Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de diciembre de 2001.
- Ley de Productos Orgánicos (2006). Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de febrero de 2006.
- Miganjos, I., Perez, R., Albizu, I., y Garbisu, C. (2006) Effects of Fertilization and Tillage on Soil Biological Parameters. *Enzyme and Microbial Technology*. Vol. 40, 100-106. en: <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2005.10.043>
- Montalvo J., Ortiz Dongo, P., Calle Maraví, L., Téllez Monzón, J., Césare Coral, L. y Visitación Figueroa, Lizardo. (2018). Transformación del nitrógeno durante el compostaje de bosta de caballo. *Producción + Limpia*, 13(2), 77-88. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.22507/pml.v13n2a9>
- Mosquera B. et al. (2010). *Abonos orgánicos Protegen el suelo y garantizan alimentación sana Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos*. Recuperado de: http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf
- Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011 publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal de México 30 de noviembre de 2012.
- Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006 publicada en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México 09 de octubre de 2006.

- Ongley, E. D. (1997). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. Estudio FAO riego y drenaje- 55. GEMS/Water collaborating Center. Burlington, Canadá. 116 p.
- Peralta-Veran, L., Juscamaita-Morales, J., y Meza-Contreras, V. (2016). Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. *Ecología Aplicada*, 15(1), 1-10. Recuperado en 24 de agosto de 2021, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162016000100001&lng=es&tlng=es.
- Ramos A., D. y Terry, E. (2014). Generalidades De los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35 (4) 52-59. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr07414.pdf> [consultado 13/12/2019].
- Ramírez Castañeda, F. y Gómez Piedras, J. y Flórez Roncancio, V. (2011). Evaluación del fertilizante orgánico líquido de lombriz San Rafael en el Cultivo de Rosa cv. Classy. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 64(2), 6147-6157. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179922664012>
- Restrepo, J. (1996). Abonos orgánicos fermentados. Experiencias de Agricultores de Centroamérica y Brasil. OIT, PSST-AcyP; CEDECE.
- Restrepo Rivera, J. (2007). El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas. Managua. SIMAS. Recuperado de: https://caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/EI_ABC_de_la_agricultura_organica_y_harina_de_rocas.pdf
- Román P., Martínez M. M., Pantoja Alberto. (2013). *Manual de compostaje del agricultor Experiencias en América Latina*, Chile. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

- Romero, C. y Chirinos, R. y López, R. (2004). Elaboración de un abono orgánico a partir de la cáscara de la semilla del árbol de Neem (*Azadirachta indica*). *Revista INGENIERÍA UC*, 11(1), pp.35-40. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70711105>
- Romero Lima, M. y Trinidad Santos, A. y García Espinosa, R. y Ferrera Cerrato, R. (2000). Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia*, 34(3), pp.261-269. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30234302>
- Sánchez-Monedero, M.A., Roig, A., Paredes, C. y Bernal, M.P. (2001). Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Biores. Technol.*, 78(3): 301-308.
- Sáez, J.A., Clemente, R., Bustamante, M.A. Yáñez, D. Bernal, M.P. (2017). Evaluation of the slurry management strategy and the integration of the composting technology in a pig farm- Agronomical and environmental implications. *Journal of Environmental Management*.
- Secretaría del Medio Ambiente. (2018). *Parque Ecológico Zacango*. Recuperado de: https://sma.edomex.gob.mx/zoologico_de_zacango
- Stevenson, F. J. and M. A. Cole. (1999). *Cycles of soil: Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. John Wiley and Sons. New York, NY, USA.
- Szogi, A. A., P. J. Bauer, and M. B. Vanotti. (2012). Vertical distribution of phosphorus in a sandy soil fertilized with recovered manure phosphates. *J. Soils Sediments* 12:334-340.
- Tavakol, E., B. Jákli, I. Cakmak, K. Dittert, P. Karlovsky, K. Pfohl, and M. Senbayram. (2018). Optimized potassium nutrition improves plant-water-relations of barley under PEG-induced osmotic stress. *Plant Soil* 430: 23–35. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3704-8>.

- Tellez Monzón, L. A., Ortiz Dongo, L., Calle Maraví, J. Jorge Montalvo, P. Cesare Coral, M. F., y Visitación Figueroa, L. (2019). Estabilización de la bosta de caballo mediante un proceso aeróbico similar al compostaje. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(1), 25-33. Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000100004&lng=es&tlng=es.
- Torres, D. y Capote, T. (2004). Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Ecosistemas*, XIII(3), Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54013303>
- Vangestel, C. A. M., (1996). Phytotoxicity of some chloroanilines and chlorophenols in relation to bioavailability in soil. *Water, Air and Soil Pollution* 88 (1-2), 119-132.
- Villaamil L., E., Bovi Mitre, G. y Nassetta, M. (2013). Situación actual de la contaminación por plaguicidas en argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29: 25-43. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37028958002>
- Zhong, H., Y. N. Kim, C. Smith, B. Robinson, and N. Dickinson. (2017). Seabird guano and phosphorus fractionation in a rhizosphere with earthworms. *Appl. Soil Ecol.* 120: 197-205. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.08.006>.
- Zinck, Alfred (2005). Suelos, información y sociedad. *Gaceta Ecológica*, (76),7-22. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907603>

Anexos

Ponencia en evento académico ANCA 2018



XVII CONGRESO INTERNACIONAL
XXIII CONGRESO NACIONAL
DE CIENCIAS AMBIENTALES
ZACATECAS, ZAC. 2018



Zacatecas, Zac, a 4 de mayo de 2018.
Dictamen de resumen para presentación.

Estimado (a) ponente (s): Karla Georgina Tapia Jiménez.

Por medio de la presente tenemos el placer de notificar a Usted que su trabajo titulado **“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE UN ABONO ORGÁNICO ELABORADO CON BASE AL ESTIÉRCOL DE ELEFANTE.”** ha sido **Aceptado** para su presentación en la mesa **“Recursos Naturales”**, modalidad **Oral**, y con clave **RN56**, en el **XVII Congreso Internacional y XXIII Congreso Nacional de Ciencias Ambientales**, a realizarse 13, 14 y 15 de junio de 2018 en las instalaciones del Palacio de Las Convenciones en la ciudad de Zacatecas.

Le rogamos confirmar su participación mediante el depósito de su cuota de inscripción a la cuenta:

Banco: BANORTE
No. de cuenta: 0365469113
Sucursal: 0822
CLABE: 072930003654691135
Nombre: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS
“XVII Congreso Internacional y XXIII Nacional de Ciencias Ambientales 2018”

Para garantizar que se le aplique la cuota de pronto pago, el mismo deberá hacerse antes del 18 de mayo DE 2018.

Mayor información en la página:

<https://www.anca-cienciasambientales.org/congreso-anca-2018>

Esperando encontrarnos en Zacatecas y compartir su experiencia, aprovecho para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Felipe de Jesús Escalona Alcázar
Coordinador del Comité Científico
Academia Nacional de Ciencias Ambientales.

Anexo fotográfico

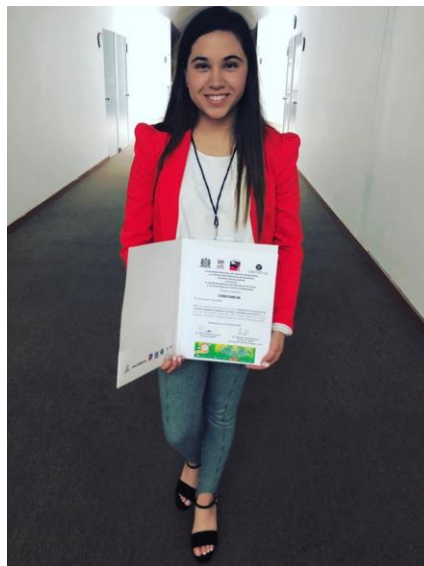
Anexo 1. Participación ANCA 2018



Anexo 2. Participación ANCA 2018



Anexo 3. Participación ANCA 2018



Anexo 4. Inicio del proceso de elaboración de AO.



Anexo 5. Mezcla de levadura y leche.



Anexo 6. Colocando levaduras a los estiércoles



Anexo 7. Mezcla de todos los ingredientes día 1.



Anexo 8. Tomas de temperaturas



Anexo 10. Pilas de ambos AO.



Anexo 9. AO estiércol de elefante.



Anexo 11. Trabajo de campo.



Anexo 12. Trabajo de campo volteo de AO.



Anexo 13. Invernadero donde se encontraban los AO.



Anexo 14. Trabajo de laboratorio.



Anexo 15. Trabajo de laboratorio.



Anexo 16. Trabajo de laboratorio.



Anexo 17. Trabajo de laboratorio.



Anexo 18. Elefante Macho del PEZ

