



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**TESINA:**

**“DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO A  
BASE DE CAPRINAZA DE LIBERACIÓN LENTA”**

**POR:**

**LORENA GUADALUPE LÓPEZ MARTÍNEZ**

**SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA, 2023.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE**



**TESINA:**

**“DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO A  
BASE DE CAPRINAZA DE LIBERACIÓN LENTA”**

**POR:**

**LORENA GUADALUPE LÓPEZ MARTÍNEZ**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA, 2023.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

LIC. MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

**SECRETARIO GENERAL**

ING. MSc. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

**FACULTADA DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO**

ING. AGR. DR. FRANCISCO LARA ASENCIO

**SECRETARIO**

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE**

---

ING. AGR. MSc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENSIO

**ASESOR DE TESINA**

---

ING. MSc. PH. D. MIGUEL ÁNGEL HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

**TRIBUNAL CALIFICADOR**

---

ING. AGR. MSc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENSIO

---

ING. MSc. PH. D. MIGUEL ÁNGEL HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

---

LIC. DANIEL DE JESÚS PALACIOS HERNÁNDEZ

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO DEL  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE**

---

ING.AGR. MAECE. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

## **DEDICATORIA**

En primera instancia quiero dedicar este logro a Dios, porque si él nada soy, por acompañarme en esta etapa de mi vida que hoy por hoy está llegando a su recta final.

Dedico este triunfo a mi mami, que ha sido un pilar fundamental en mi vida, que me ha apoyado en todo este camino, desde el principio hasta su fin, que ha sido la mejor maestra que el universo me puso en mi vida, también dedico este logro a mi hermano que siempre ha estado para mí para ayudarme y apoyarme durante la elaboración de este proyecto y durante toda la carrera y por ultimo me dedico a mí misma este triunfo, porque se lo mucho que me ha costado, porque he logrado llegar lejos con mi pasión por los caprinos y ovinos y sé que este es el inicio de muchos más logros profesionales que tendré, por ser capaz cada vez que pensé que no podría terminar la carrera, por no rendirme, por mi tenacidad y mi resiliencia ante las circunstancias que durante el camino se me presentaron, con mucho amor me digo, esto es para ti, lo has logrado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primordialmente doy gracias a Dios por tanto que me ha dado, por permitirme llegar hasta esta etapa final de mi carrera universitaria.

A mi mami, mi hermano por apoyarme en cada etapa de este proceso.

A mi tutor de tesina, Dr. Miguel Hernández, por su apoyo, tiempo, esfuerzo, por sus asesorías durante la ejecución de este proyecto.

Al ingeniero Mauricio Tejada, Carlos Aguirre, por apoyarme y brindar su conocimiento para poder realizar este proyecto.

Al ingeniero Juan Ricardo por su apoyo durante la fase de laboratorio.

A los ingenieros del departamento de Recursos Naturales que, gracias a su esfuerzo, dedicación se llevó a cabo este curso de especialización y a Dorita que sin su ayuda esto no hubiera sido posible.

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
III.	OBJETIVOS.....	4
	3.1 Objetivo general.....	4
	3.2 Objetivos específicos.....	4
IV.	ESTADO DEL ARTE.....	4
	4.1 Investigación realizada en Argentina.....	4
	4.2 Investigación realizada en Costa Rica.....	4
	4.3 Investigación realizada en Costa Rica.....	5
V.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
	5.1 Propiedades de los abonos orgánicos.....	7
	5.2 Bocashi:.....	9
	5.2.1 Etapas de elaboración:.....	9
	5.2.2 Ingredientes básicos y sus principales aportes para la preparación de los abonos orgánicos fermentados tipo bocashi.....	10
	5.2.3 Pasos para la elaboración del bocashi.....	12
	5.2.4 Beneficios del uso del bocashi.....	14
VI.	METODOLOGÍA.....	14
	6.1 Ubicación:.....	14
	6.2 Tipo de investigación.....	15
	6.3 Fase de campo.....	15
	6.3.1 Elaboración del bocashi.....	16
	6.3.2 Proceso de peletizado del bocashi.....	17
	6.4 Fase de laboratorio.....	19
	6.5 Empaque del producto final.....	20
VII.	RESULTADOS.....	21
	7.1 Análisis químico.....	21
	7.2 Evaluación de la curva de liberación del fertilizante peletizado.....	22
	7.2.1 Día 1.....	22
	7.2.2 Día 2.....	23
	7.2.3 Día 3.....	23
	7.2.4 Resumen de resultados por parámetros:.....	24



7.3 Ficha técnica de fertilizante orgánico a base de caprinaza de liberación lenta.	29
VIII. CONCLUSIONES .....	30
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	31
X. ANEXOS.....	33

### **Índice de Cuadros**

Cuadro 1. Características de estiércoles. ....	6
Cuadro 2. Materiales para la elaboración de bocashi. ....	16
Cuadro 3. Materiales para la elaboración de pellett.....	17
Cuadro 4. Materiales e instrumentos utilizados en la fase de laboratorio. ....	19
Cuadro 5. Leyenda de rangos obtenidos en análisis químico.....	21
Cuadro 6. Significado de valores para el pH en agua.....	21

### **Índice de Tablas**

Tabla 1. Resultados de las primeras 24 horas del proceso de liberación del fertilizante peletizado.....	22
Tabla 2. Resultados 48 horas después de inicio del proceso de disolución del fertilizante peletizado.....	23
Tabla 3. Resultados 72 horas después de inicio del proceso de liberación del fertilizante peletizado.....	24

## Índice de Figuras

Figura 1. Disposición de elementos compostaje según el valor de pH .....	8
Figura 2. Paso 1 para la elaboración de bocashi.....	13
Figura 3. Paso 3 para la elaboración de bocashi.....	13
Figura 4. Ubicación geográfica elaborado en software QGIS.....	15
Figura 5. Proceso de elaboración del bocashi. ....	17
Figura 6. Proceso de elaboración de pellets .....	18
Figura 7. Inicio de la fase de liberación del fertilizante peletizado.....	19
Figura 8. Proceso final de liberación del fertilizante peletizado. ....	20
Figura 9. Fertilizante orgánico a base de caprinaza peletizado. ....	21
Figura 10. Resultados de análisis químicos del fertilizante a base de caprinaza.....	21
Figura 11. Ficha técnica del fertilizante orgánico a base de caprinaza de liberación lenta..	29

## Índice de Gráficas

Gráfica 1. Comportamiento de sólidos totales disueltos por un período de 3 días.....	25
Gráfica 2. Comportamiento de la conductividad eléctrica por un período de 3 días. ....	26
Gráfica 3. Comportamiento del Ph por un período de 3 días. ....	27
Gráfica 4. Comportamiento de temperatura durante un periodo de 3 días.....	28

## Índice de Anexos

Anexo 1. Resultados de análisis químico realizado al fertilizante orgánico fabricado. ....	33
Anexo 2. Ingredientes utilizados para la elaboración del fertilizante orgánico.....	35
Anexo 3. Insumos utilizados para la elaboración del fertilizante orgánico peletizado. ....	36
Anexo 4. Abono orgánico peletizado. ....	37

## **RESUMEN**

Esta investigación se realizó en el cantón el castaño, municipio de Tonacatepeque, Departamento de San Salvador, en el periodo de julio- noviembre de 2021. El sitio se encuentra a una altitud de 603 msnm con coordenadas geográficas 13°43'9.42"N 89° 5'28.16"O. El objetivo principal es el desarrollo y producción de un fertilizante orgánico de liberación lenta, el abono fue realizado a partir de estiércol de caprinos, mediante la transformación de la materia prima, fermentada tipo bocashi, secada, molida se hicieron pellets de ½ pulgada de diámetro y 2 cm de largo. Se determino el contenido nutricional (micro y macro nutrientes) por medio de análisis químicos, solidos totales disueltos, conductividad eléctrica y pH. Se observo que el fertilizante es una fuente de liberación lenta y pone a disposición sus componentes de una forma paulatina cuando se difunden en agua evitando la volatilización y perdidas por lixiviación, manteniéndolos disponibles para las plantas por un periodo prolongado de tiempo y haciendo fácil su manejo para sistemas agrícolas de grandes extensiones.

**Palabras claves:** Caprinaza, Bocashi, Pellets, liberación lenta, lixiviación.

## **ABSTRACT**

This investigation was done in the canton El Castaño, municipality of Tonacatepeque, Department of San Salvador, in the period of July to November 2021. The site is located at an altituded of 603 meters above sea level, with geographical coordinates 13°43'9.42"N 89° 5'28.16"O.

The main objective is the development and production of a slow-release organic fertilizer, the compost was made from goat manure by transforming the raw material, fermented bokashi type, dried, ground, pellets of ½ inch in diameter were made and 2 cm long. The nutritional content (micro and macro nutrients) was determined by means of chemical analysis, total dissolved solids, electrical conductivity and pH. It was observed that the fertilizer is a source of slow release and makes its components available in a gradual way when they are diffused in water, avoiding volatilization and losses by leaching, keeping them available to the plants for a prolonged period of time and making their handling easy. for large agricultural systems.

**Keywords:** Caprinaza, Bocashi, Pellets, slow release, leachi

## I. INTRODUCCIÓN

La fertilización de los cultivos es una práctica agronómica importante que permite sustentar unas producciones elevadas y de calidad. El abonado tiene como objetivos restituir los nutrientes que la planta extrae del suelo para completar su ciclo y el enriquecimiento del suelo cuando la concentración en uno o varios elementos sea insuficiente como para asegurar la correcta alimentación del cultivos, alrededor del 85% de los cultivos son tratados con fertilizantes químicos ya que pueden aplicarse de forma más sencilla y en momentos específicos del desarrollo del cultivo, sin embargo el uso de estos fertilizantes rompe el equilibrio natural del suelo generando pérdida de fertilidad y la erosión, así como también generando daños al medio ambiente, por lo tanto surge la necesidad de utilizar abonos orgánicos, los cuales permiten mejorar las estructuras y fertilización del suelo.

La calidad de un abono orgánico se determina a partir de su contenido nutricional y de su capacidad de proveer nutrientes a un cultivo este contenido está directamente relacionado con las concentraciones de esos nutrientes en los materiales utilizados para su elaboración.

La aplicación de compuestos orgánicos es la alternativa para el mejoramiento del suelo, estos aumentan a lo largo del tiempo la capa orgánica del suelo y con su aplicación frecuente se mejoran características importantes para el manejo productivo: compactación, permeabilidad, aireación, pH, absorción de nutrientes y humedad, entre otros. Sin embargo, su uso no es muy generalizado en grandes superficies por su alto contenido de humedad, pérdidas por lixiviación, volatilización de compuestos, baja densidad y difícil manejo. Es por ello que el objetivo principal del presente trabajo es el desarrollo y producción de un fertilizante orgánico de liberación lenta, que pueda ser utilizado en sistemas agrícolas de grandes extensiones y proporcione un excelente contenido nutricional.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El suelo es un factor esencial en la productividad agrícola, es el sustrato más común para el crecimiento y la nutrición balanceada de las plantas, los nutrientes que en él se encuentren son indispensables para la fisiología de las plantas, para la realización de varias reacciones bioquímicas y para la producción de materiales orgánicos, si los nutrientes se encuentran disponibles limitadamente se busca proporcionar al suelo fuentes de nutrientes adicionales en formas asimilables por las plantas, con la finalidad de incrementar los rendimientos en los cultivos, alrededor del 85% de los cultivos son tratados con fertilizantes químicos ya que pueden aplicarse de forma más sencilla y en momentos específicos del desarrollo del cultivo, el uso de los fertilizantes químicos debe ser eficiente, racional y responsable, sin embargo la mala administración de estos productos y su uso excesivo rompe el equilibrio natural del suelo generando pérdida de fertilidad y la erosión de suelos. Los fertilizantes contienen nutrientes de origen natural, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, que provienen de la propia naturaleza, al ser estos transformados en una manera asimilable para las plantas se convierten en abonos orgánicos, los cuales permiten mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, sin embargo, su alto contenido de humedad, pérdidas por lixiviación, volatilización de compuestos y baja densidad son una de las principales limitantes para no aplicarse en grandes superficies.

Por lo tanto, para poder aplicar un abono orgánico en cultivos de grandes superficies se hace necesario reducir el volumen del abono hasta en un 80% para facilitar su manejo, reducir humedades, permitiendo conservar el producto por largos periodos. Una de las estrategias empleadas para reducir las pérdidas de compuestos por lixiviación y aumentar la eficiencia de la fertilización en sistemas agrícolas, es el uso de fertilizantes de liberación lenta (FLL). Estos fertilizantes pueden ser de síntesis química o ser orgánicos, proporcionan un suministro constante de nutrientes para las plantas durante un periodo de tiempo prolongado, permiten ahorrar insumos, labores y tiempo, sin embargo, su alto costo comparado con los fertilizantes convencionales y su síntesis química la cual provoca pérdidas en el equilibrio del suelo, se vuelven las principales limitantes para su uso.

¿Será que el desarrollo y producción de un fertilizante orgánico a base de caprinaza puede poner sus nutrientes a disposición de las plantas de una forma lenta y durante un periodo más o menos prolongado?

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Desarrollar y producir un fertilizante orgánico a base de caprinaza de liberación lenta y de fácil manejo.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- ✓ Elaborar pellets a partir de un fertilizante orgánico.
- ✓ Medir la velocidad de liberación del fertilizante orgánico.
- ✓ Determinar el contenido de nutrientes del fertilizante orgánico elaborado.

### **IV. ESTADO DEL ARTE**

#### **4.1 Investigación realizada en Argentina**

Los abonos son fuentes de nutrientes para los cultivos, también tienen altos contenidos de materia orgánica, así lo describe un estudio sobre aplicación de fertilizantes orgánicos-pellets con sembradoras convencionales realizado en Argentina por (Ferrari *et al.* 2018) pertenecientes al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Cuyo objetivo fue evaluar la aplicación de fertilizantes orgánicos con maquinaria convencional, el abono fue realizado a partir de estiércol de ovejas, mediante la transformación de la materia prima, secada, molida y pelletizado, se estabilizó el material bajo cubierta, posteriormente se hicieron pellets de 0.5 mm de diámetro y 0.5 de largo. Se determinó la humedad, la densidad aparente, pH, CE, N, P, Ca, Mg y K. Se observó una correcta aplicación tanto en el surco de siembra como en superficie. El aporte fundamental del fertilizante orgánico es el carbono orgánico (27,6 %), el cual podría contribuir a evitar la pérdida de materia orgánica de los suelos bajo agricultura.

#### **4.2 Investigación realizada en Costa Rica**

Campos (2017), realizó una investigación titulada: el desarrollo y producción de un fertilizante organomineral en pellets y su evaluación en campo y laboratorio en el país de Costa Rica, el objetivo fue desarrollar, producir y evaluar un fertilizante en pellets a base de gallinaza, se caracterizó las materias primas, evaluando la curva de liberación del fertilizante,



efectividad de aplicación de fertilizantes en el cultivo de maíz y su efecto en la actividad microbiana en el suelo. Se elaboró un fertilizante orgánico y uno organomineral con una formulación 20-11-1-9 (C-N-P-K), ambos en forma de pellet de alta densidad. Se establecieron 4 tratamientos: T1:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , KCl y FosfoMax, T2: pellets de gallinaza,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , KCl y FosfoMax, T3: igual a tratamiento T2 + 20 %, T4: pellets de gallinaza. Estos tratamientos fueron evaluados en laboratorio y campo. Se encontró en la fase del estudio en laboratorio que el T1 fue un tratamiento de liberación rápida (primera semana), el T2 y T3 de liberación lenta (entre la segunda y quinta semana); y T4 de liberación controlada y baja. La actividad microbiana en el suelo estuvo influenciada por la materia orgánica aplicada, donde a mayor cantidad de gallinaza se presentó una mayor cantidad de biomasa microbiana. Finalmente, se determinó que los pellets del fertilizante organomineral y orgánico son una fuente de fertilización de liberación lenta y tiene efectos positivos sobre la producción de biomasa de maíz y la actividad biológica del suelo.

#### **4.3 Investigación realizada en Costa Rica**

La fabricación de pellets utilizando materia orgánica y su efecto sobre la disponibilidad de fósforo en el suelo tropical y sobre el desarrollo de maíz (*Zea mays*), realizado por (Almonte y Robson 1998) en Costa Rica, consistió en la fabricación de "pellets", a partir de materia orgánica, que tuvieran solubilidad lenta y disminuyan la fijación de fósforo. Para lograr esto, se mezcló turba con KOH y posteriormente se enriqueció con fósforo y se peletizó utilizando arcilla como aglutinante. Luego se procedió en determinar el contenido de P, N y C. También se midió el pH y la solubilidad en agua. Se evaluó el efecto de los "pellets" sobre el P ligado al Fe, Al y Ca en un suelo con alta capacidad de fijación de P. De igual forma, se evaluó el desarrollo de plantas de maíz ante la aplicación de los "pellets". Los resultados indican que los "pellets" fabricados son lentamente solubles en agua. Además, disminuyen la fijación de P por los iones de Fe, Ca y Al. De igual manera, el desarrollo radicular de las plantas de maíz se vió incrementado en más de 60 por ciento. En conclusión, los "pellets" de solubilidad lenta disminuyen la fijación de P e incrementan el desarrollo de las plantas de maíz.

## V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Anualmente se produce una cantidad considerable de residuos de cosechas, los cuales no se utilizan y son acumulados en el campo o son arrojados a ríos o quebradas, convirtiéndose en fuentes de contaminación. La búsqueda de alternativas para el manejo de estos residuos es muy importante, debido al daño que pueden causar al medio ambiente; en este sentido, las regulaciones ambientales son cada vez más estrictas y los consumidores son cada vez más sensibles al impacto ambiental del proceso productivo de un determinado producto. La producción de abonos orgánicos, como el Bocashi, a partir de estos residuos, puede constituir una alternativa viable para su manejo en fincas agrícolas, contribuyendo al reciclaje de las cosechas y de esa forma contribuir a la sostenibilidad de los agroecosistemas (Ramos y Terry 2014).

Los abonos orgánicos son los que se obtienen de la degradación y mineralización de materiales orgánicos tales como: estiércoles (gallinaza, ganado vacuno, ovino, caprino, equino y conejos) dependiendo de cual se utilice así será su contenido de Nitrógeno, Fosforo y Potasio (ver cuadro 1), también se puede usar desechos de cocina, pastos incorporados al suelo en estado verde, etc. 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 (Fonag 2010).

Cuadro 1. Características de estiércoles.

Características de algunos estiércoles			
Estiércol	Nitrógeno	Fosforo	Potasio
	% (N)	%(P)	%(K)
Gallinaza	15	10	4
Caprinaza	8,2	2,1	8,4
Equinaza	6,7	2,3	7,2
Bovinaza	3,4	1,3	3,5
Porquinaza	4,5	2	6

Los abonos orgánicos mejoran el crecimiento de las plantas y pueden reducir la necesidad de

fertilizantes minerales, los cuales tras su aplicación en un tiempo prolongado pueden ocasionar la acidificación, desbalance nutrimental, reducción en la capacidad de intercambio catiónico, acumulación de sales, pérdida de materia orgánica y microorganismos benéficos; con la incorporación de residuos orgánicos, se consigue el suministro de nitrógeno (N), debido a que pueden suministrar N mineral fácilmente disponible por efecto de la mineralización y N orgánico que contribuye a nutrientes residuales en el suelo a largo plazo, reducción de costos para los agricultores, restauración y recuperación de suelos degradados manteniendo la materia orgánica y la fertilidad del suelo para la producción agrícola (Valdés *et al.* 2019).

## **5.1 Propiedades de los abonos orgánicos.**

### **Propiedades físicas:**

El abono orgánico por su color oscuro absorbe más las radiaciones solares, el suelo adquiere más temperatura lo que le permite absorber con mayor facilidad los nutrientes. También mejora la estructura y textura del suelo haciéndole más ligero a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos. También permite mejorar la permeabilidad del suelo ya que influye en el drenaje y aireación de éste. Aumenta la retención de agua en el suelo cuando llueve y contribuye a minimizar el uso de agua para riego por la mayor absorción del terreno; además, disminuye la erosión ya sea por efectos del agua o del viento (Fonag 2010).

### **Propiedades químicas:**

Los abonos orgánicos aumentan el poder de absorción del suelo y reducen las oscilaciones de pH de éste, lo que permite mejorar la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que se aumenta la fertilidad (Fonag 2010).

Según Tortosa (2013), el pH en un abono orgánico es un parámetro que puede condicionar la actividad biológica que degrada la materia orgánica y puede seleccionar a las poblaciones microbiana presentes en cada momento. En general las bacterias prefieren un pH cercano a la neutralidad con un rango comprendido entre 6-7.5, mientras que los hongos se desarrollan mejor en medio ácido, aunque toleran un margen más amplio de pH (5-8), el compostaje puede desarrollarse dentro de un amplio rango de pH que va desde 3 a 11. La evolución del

pH durante el proceso de compostaje puede experimentar una bajada al inicio del proceso debido a la formación de ácidos orgánicos durante el proceso de degradación de las fracciones de materia orgánica más lábiles. Con posterioridad, el pH aumentará debido a la degradación de compuestos de naturaleza ácida y a la mineralización de compuestos nitrogenados hasta la forma de amoníaco, actuando también el proceso de amonificación como un importante sumidero de protones y, por tanto, favoreciendo al aumento del pH. Debido a esta conducta y a su variación durante el proceso de compostaje, el pH se ha tomado como parámetro indicativo de la buena evolución del proceso y su valor condiciona la asimilación por las plantas de algunos nutrientes fundamentales como puede observarse en la figura 1.



Figura 1. Disposición de elementos compostaje según el valor de pH

### Propiedades biológicas:

Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios. También producen sustancias inhibitoras y activadoras de crecimiento, incrementan considerablemente el

desarrollo de microorganismos benéficos, tanto para degradar la materia orgánica del suelo como para favorecer el desarrollo del cultivo (Fonag 2010).

Un fertilizante orgánico o químico se caracteriza por contener al menos 5% de uno o más de los tres nutrientes primarios, poseen diversas formas de actuar entre las cuales se encuentran la liberación lenta, lo que significa que después de la aplicación demora significativamente más tiempo la disponibilidad de los nutrientes para la absorción de la planta que un fertilizante común (IFA 2002).

Los abonos orgánicos también pueden actuar y ser considerados como FLL (fertilizante de liberación lenta) puesto que su mineralización sucede gradualmente, aportando de forma progresiva el N para las plantas, su uso es considerado una estrategia empleada por sistemas agrícolas para reducir pérdidas de N por lixiviación y aumentar la eficiencia de la fertilización, ahorro del laboreo, y fertilizantes (IFA 2002).

Los abonos orgánicos pueden dividirse en dependencia de la fuente de nutrimentos, el grado de procesamiento, y su estado físico (sólido o líquido), entre ellos se encuentra el Bocashi que ha sido utilizado como abono orgánico por los agricultores japoneses desde hace ya muchos años. Bocashi es una palabra japonesa que significa “materia orgánica fermentada” (Ramos y Terry 2014).

## **5.2 Bocashi:**

El bocashi incorpora al suelo materias orgánicas y nutrientes esenciales como, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro; los cuales, mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo; tiene como objetivo estimular la vida microbiana del suelo y la nutrición de las plantas. Las enmiendas orgánicas varían en su composición química de acuerdo al proceso de elaboración, duración del proceso, actividad biológica y tipos de materiales que se utilicen (Ramos *et al.* 2014).

### **5.2.1 Etapas de elaboración:**

La elaboración del bocashi consiste en un proceso de semi-descomposición aeróbica (con presencia de oxígeno) de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos, quimioorganotróficos, que existen en los propios residuos, con condiciones controladas, y que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones

favorables y que son capaces de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir la tierra.

La primera etapa por la que pasa la fermentación del abono es la estabilización, en la que la temperatura puede llegar a alcanzar aproximadamente 70°C y 75°C debe controlarse adecuadamente. Posteriormente, la temperatura del abono comienza a caer nuevamente, dado el agotamiento o la disminución de la fuente energética que retroalimentaba el proceso. En este momento empieza la estabilización del abono y solamente sobresalen los materiales que presentan una mayor dificultad para su degradación a corto plazo. A partir de aquí, el abono pasa a la segunda etapa, que es la maduración, en la cual la degradación de los materiales orgánicos que todavía permanecen es más lenta, para luego llegar a su estado ideal para su inmediata utilización (MAG 2011).

### **5.2.2 Ingredientes básicos y sus principales aportes para la preparación de los abonos orgánicos fermentados tipo bocashi.**

Según MAG (2011), algunos ingredientes para abonos fermentados y sus aportes son:

**Gallinaza de aves ponedoras u otros estiércoles:** Es la principal fuente de nitrógeno en la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Su aporte básico consiste en mejorar las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos nutrientes, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, entre otros elementos. Dependiendo de su origen, puede aportar inoculo microbiológico y otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad, los cuales mejorarán las condiciones biológicas, químicas y físicas del terreno donde se aplicarán los abonos.

**Carbón quebrado en partículas pequeñas:** Mejora las características físicas del suelo, como su estructura, lo que facilita una mejor distribución de las raíces, la aireación y la absorción de humedad y calor (energía). Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que funciona con el efecto tipo “esponja sólida”, el cual consiste en la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles a las plantas, disminuyendo la pérdida y el lavado de éstos en la tierra.

**Pulidura o salvado de arroz:** Es uno de los ingredientes que favorecen, en alto grado, la fermentación de los abonos, la cual se incrementa por la presencia de vitaminas complejas en la Pulidura o en el afrecho de arroz, también llamado de salvado en muchos países. Aporta activación hormonal, nitrógeno y es muy rica en otros nutrientes muy complejos cuando sus carbohidratos se fermentan, los minerales, tales como fósforo, potasio, calcio y magnesio también están presentes.

**Cascarilla de arroz:** Este ingrediente mejora las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes. También beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas, así como de su actividad simbiótica con la microbiología de la rizosfera. Es, además, una fuente rica en silicio, lo que favorece a los vegetales, pues los hace más resistentes a los ataques de insectos y enfermedades. A largo plazo, se convierte en una fuente de humus. En la forma de cascarilla semi-calcinada o carbonizada, aporta principalmente silicio, fósforo, potasio y otros minerales trazos en menor cantidad y ayuda a corregir la acidez de los suelos.

**Cal dolomita o cal agrícola:** Su función principal es regular la acidez que se presenta durante todo el proceso de la fermentación, cuando se está elaborando el abono orgánico; Propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica, durante todo el proceso de la fermentación cuando se están elaborando los abonos orgánicos.

**Melaza:** Es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos. Favorece la multiplicación de la actividad microbiológica; es rica en potasio, calcio, fósforo y magnesio; y contiene micronutrientes, principalmente boro, zinc, manganeso y hierro.

**Levadura:** Es la principal fuente de inoculación microbiológica para la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Es el arranque o la semilla de la fermentación.

**Suelo:** En muchos casos, ocupa hasta una tercera parte del volumen total del abono que se desea elaborar. Entre otros aportes, tiene la función de darle una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad; con su volumen, aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbológica de los abonos y, consecuentemente, lograr una buena fermentación.

**Agua:** Tiene la finalidad de homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono.

### **5.2.3 Pasos para la elaboración del bocashi**

Solorzano y Hernández (2017) señalan que los pasos a seguir son:

Paso 1: Los ingredientes se deben colocar en capas, para posteriormente mezclarlos de manera uniforme, evitando generar montículos mayores a 50 cm de altura (ver figura 2).

Paso 2: Una vez hecha la mezcla, se debe tapar durante los primeros tres días con sacos o plástico, para acelerar la primera etapa de fermentación.

Paso 3: Para evitar excesos de temperatura que afecten el abono, se deben hacer volteos diariamente durante los primeros cinco días y aprovechando la labor para redistribuir el montículo y bajar la altura a unos 20 cm (ver Figura 3).





Figura 2. Paso 1 para la elaboración de bokashi.



Figura 3. Paso 3 para la elaboración de bokashi.

#### **5.2.4 Beneficios del uso del bocashi**

MAG (2011), señala que, entre los beneficios que presenta el uso del bocashi son:

- Reducción de costos de producción, ya que el precio de los fertilizantes sintéticos es alto en el mercado comparado con el costo del Bocashi, permitiendo mejorar de esa manera la rentabilidad de los cultivos.
- Reducción sustancial de productos sintéticos, disminuyendo el riesgo de contaminación de suelo, aire y agua.
- Se contribuye a la conservación del suelo, existe mayor captación de agua lluvia, disminuye el calor ambiental y se protege la biodiversidad, con lo que se colabora en la protección del medio ambiente, reduce la acidez de los suelos al dejar de usar sulfato de amonio y sustituirlo por el bocashi.
- Si la técnica es aplicada dentro del sistema de agricultura orgánica (sin utilizar productos agroquímicos), se pueden lograr mejores precios de los productos en el mercado.

### **VI. METODOLOGÍA**

#### **6.1 Ubicación:**

El desarrollo y producción del fertilizante orgánico a base de caprinaza se realizó en el cantón el castaño, municipio de Tonacatepeque, Departamento de San Salvador, en el periodo de julio- noviembre de 2021. El sitio se encuentra a una altitud de 603 msnm con coordenadas geográficas 13°43'9.42"N 89° 5'28.16"O.

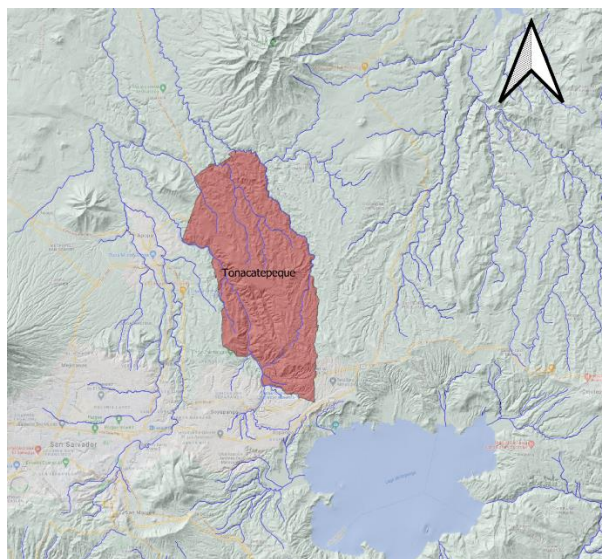


Figura 4. Ubicación geográfica elaborado en software QGIS.

## 6.2 Tipo de investigación

La investigación por su propósito corresponde a una investigación de tipo aplicada ya que busca la utilización de los conocimientos que se adquirieron mediante la revisión bibliográfica, por su aporte a la sociedad de tipo gnoseológica, técnica por su objetivo principal el cual es desarrollar un fertilizante orgánico de liberación lenta, experimental por sé que llevo a fase de campo y transversal por los resultados de su fase de laboratorio que analiza los datos recopilados en un periodo de tiempo.

## 6.3 Fase de campo

La fase de campo se realizó en dos etapas, la primera consistió en la elaboración del bocashi a base de caprinaza y en la segunda etapa se llevó a cabo el proceso de peletizado del bocashi.

### 6.3.1 Elaboración del bocashi

Para la elaboración de 45 lb de abono orgánico tipo bocashi se utilizaron los siguientes Materiales:

Cuadro 2. Materiales para la elaboración de bocashi.

<b>Materiales</b>	<b>Cantidades</b>
<b>Agua</b>	10 litros
<b>Melaza</b>	1 litro
<b>Granza de Arroz</b>	5 lb
<b>Pulimento de Arroz</b>	5 lb
<b>Harina de roca</b>	6 lb
<b>Microorganismos de montaña</b>	1 litro
<b>Harina de cascara de huevo</b>	2 lb
<b>Caprinaza</b>	25 lb

El proceso de elaboración del bocashi se llevó a cabo por un periodo de 15 días, bajo sombra, resguardado del sol, lluvia, viento, algunos ingredientes fueron picados hasta obtener partículas de aproximadamente 2 cm antes de su uso.

Paso 1: Se diluyo la melaza en agua y se agregaron los microorganismos de montaña, para efectuar la mezcla, los materiales fueron ordenados en capas y volteados, durante el mezclado se agregó el agua, para asegurar el contenido de humedad se realizó la prueba del puño, que consiste en agarrar una muestra del sustrato con el puño de una mano, posteriormente se aprieta, si salen de 8 a 10 gotas la humedad está en un 80%, para el caso se utilizó una humedad del 50%.

Paso 2: Una vez hecha la mezcla, se dejó en forma de volcán a una altura de 20 cm y se tapó con plástico, para acelerar la primera etapa de fermentación, durante los primeros 5 días, se revolvió de 2 a 3 veces al día para oxigenar la mezcla y mantener una temperatura de 50 -60 °C.

Paso 3: Después de los primeros 5 días la mezcla fue extendida para que perdiera la humedad a unos 10 cm, se quitó el plástico y dejó al aire libre para que la temperatura rondara los 20 °C y la mezcla tornara a un color gris.

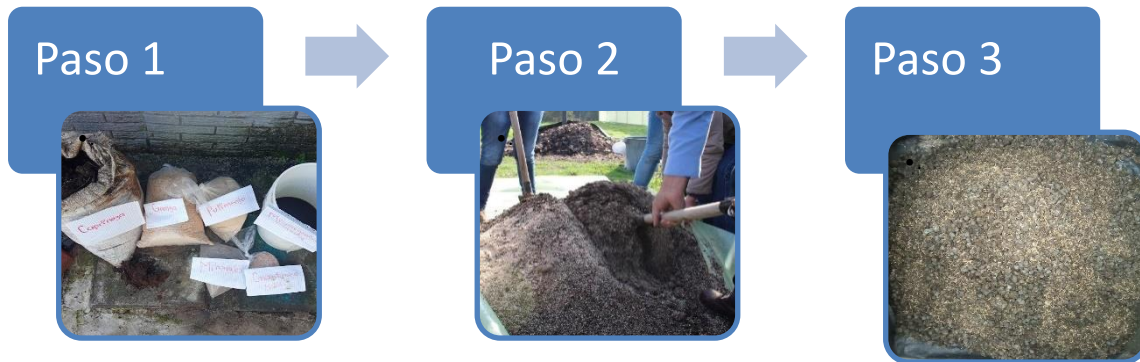


Figura 5. Proceso de elaboración del bocashi.

### 6.3.2 Proceso de peletizado del bocashi

Para la elaboración de los pellets se utilizaron los siguientes materiales:

Cuadro 3. Materiales para la elaboración de pellets.

Materiales	Cantidad
<b>Bocashi</b>	20 lb
<b>Bandeja de aluminio</b>	2
<b>Molino</b>	1
<b>Tubos PVC ½ pulgada</b>	1
<b>Bolsas plásticas</b>	20
<b>Agua</b>	½ lt

Descripción del proceso de elaboración de pellets:

➤ **Diseño del Prototipo de pellets:**

Se utilizó un tubo PVC de ½ pulgada, el cual fue cortado a una distancia de 2 cm de largo, con la finalidad de obtener de 20 a 30 tubos, el prototipo final tiene un tamaño de diámetro de ½ " (pulgas) y 2 cm de largo.

➤ **Proceso de molido del bocashi:**

Se hizo necesario realizar el proceso de molido del bocashi con el objetivo que las partículas se redujeran hasta conseguir una harina fina.

➤ **Formado de pellets**

A la mezcla del bocashi molido se le agrego ½ litro de agua que sirvió como aglutinante, hasta conseguir una masa moldeable la cual fue colocada en cada tubo con el fin de conseguir que tomara la forma de cilindro, para facilitar su manejo se colocó bolsas plásticas, los tubos con la mezcla se dejaron reposar de 3 a 5 minutos, seguidamente se extrajo y se colocaron en una bandeja de aluminio y se dejaron secar durante 48 horas.



Figura 6. Proceso de elaboración de pellets

#### 6.4 Fase de laboratorio

La fase de laboratorio se llevó a cabo en el departamento de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador ubicada en final 25 Avenida Norte, San Salvador, bajo de 50 msnm; coordenadas geográficas 13°43'06" Latitud Norte, 89°12'11" Longitud Oeste.

Los materiales e instrumentos empleados para el montaje de la investigación fueron:

Cuadro 4. Materiales e instrumentos utilizados en la fase de laboratorio.

Materiales	Cantidad
Sonda multiparamétrica	1
Balanza	1
Beaker	5
Agua destilada	1 lt
Muestra de pellets	40 gr

Se tomo una muestra de 40 gr de pellets de ½ pulgada de diámetro y 2 cm de largo, para determinar: Solidos totales disueltos, conductividad eléctrica, pH y temperatura, durante 72 horas, efectuando 2 a 3 lecturas por día. Para realizar el montaje se dispusieron 5 muestras cada una con un contenido de 8 gramos de pellets, fueron colocados en 5 beaker, se agregaron 200 ml de agua destilada a cada muestra y se dejaron reposar hasta llevar a cabo el proceso de disolución, con el uso de la sonda multiparamétrica se efectuaron las lecturas para determinar la velocidad de liberación del fertilizante peletizado.



Figura 7. Inicio de la fase de liberación del fertilizante peletizado.





Figura 8. Proceso final de liberación del fertilizante peletizado.

Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de suelos del CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). Se evaluaron los parámetros: pH en agua, fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), Suma de bases, Acidez intercambiable, CICE, % Sat. Bases, % de materia orgánica, Ca/Mg, Mg/K, Ca+ Mg/k, Ca/k, cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn) (ver anexo 1).

### 6.5 Empaque del producto final

Se realizó el diseño de una viñeta con un logotipo representativo al fertilizante, utilizando una caja de plástico la cual contiene alrededor de 15 a 20 pellets, en la parte trasera se encuentra la información nutricional en base a los resultados de los análisis químicos (ver figura 9).





Figura 9. Fertilizante orgánico a base de caprinaza peletizado.

## VII. RESULTADOS

### 7.1 Análisis químico

El contenido de los principales macronutrientes presentes en el abono orgánico elaborado, se puede apreciar en la figura 10, el análisis muestra que, tanto para el fósforo (P) y potasio (K) se encuentra en un muy alto contenido y por medio del valor del pH y tomando de referencia la figura 1, se puede deducir que el contenido de nitrógeno (N) es fuerte, lo que indica que la materia prima caprinaza brinda un excelente aporte de N,P,K y es uno de los mejores estiércoles que se puede utilizar para la elaboración de fertilizantes orgánicos.

En cuanto a los contenidos de calcio, magnesio, cobre, hierro, zinc, denota un resultado bajo para cada elemento, lo cual manifiesta que los ingredientes utilizados para la elaboración del fertilizante orgánico, a portan menor porcentaje de micronutrientes y menor porcentaje de algunos macronutrientes.

El porcentaje de saturación de bases hace referencia a la suma de los cationes principales que contiene el fertilizante (calcio, magnesio, sodio, potasio), respecto de la capacidad de intercambio catiónico, el resultado es del 100% lo que indica que el fertilizante tiene mayor posibilidad de retener cationes.

La capacidad de intercambio catiónico efectiva del fertilizante elaborado es alta, indicando la habilidad que posee a retener cationes y brindar disponibilidad de nutrientes a la planta.

El valor del pH del abono orgánico elaborado es de 9.20 indicando que el fertilizante es fuertemente alcalino, la alcalinidad o acidez de un abono tiene mucho que ver con los materiales dominantes durante el proceso de compostaje, la utilización de harina de roca provoca la estabilización del pH, disminuyendo la acidez en el proceso de fermentación, Según Tortosa (2013) , el compostaje puede desarrollarse dentro de un amplio rango de pH que va desde 3 a 11, por lo tanto se deduce que el valor obtenido se encuentra dentro de parámetros de un buen pH para un abono orgánico.

En cuanto al contenido de materia orgánica, el valor obtenido oscila entre un 26% lo que indica un alto contenido en el fertilizante elaborado, esta es una condición adecuada para que se realice una descomposición completa del abono y se asegure una buena mineralización de los elementos.

Figura 10. Resultados de análisis químicos del fertilizante a base de caprinaza.

RESULTADO DE ANALISIS DE MUESTRA																																	
pH en agua 1:2.5		Fosforo (mg kg)		Potasio (mg kg)		Ca (cmol kg)		Mg (cmol kg)		K int. (cmol kg)		Suma de Bases (cmol kg)		Acidez Int. (H+ Al) (cmol kg)		CICE		% Sat. Bases		%Materia organica		Ca/Mg		Mg/k		Ca+Mg/k		Cu (mg kg)		Fe (mg kg)		Zn (mg kg)	
9.2	EAL	297	MA	10980	MA	3.41	B	3,3	A	28.15	37.49	A	0.00	B	37.49	A	100.0	26.21	A	1.05	B	0.12	B	0.24	B	0.85	B	5.86	B	1.62	B		

Cuadro 5. Leyenda de rangos obtenidos en análisis químico.

Rangos	Significado
MB	MUY BAJO
B	BAJO
M	MEDIO
A	ALTO
MA	MUY ALTO
NS	NO SODICO
S	SODICO

Cuadro 6. Significado de valores para el pH en agua.

Análisis	Valores	Rangos	Significado
pH en agua	4.1 a 4.4	EA	EXTREMADAMENTE ÁCIDO
	4.5 a 5.0	MFA	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO
	5.1 a 5.5	FA	FUERTEMENTE ÁCIDO
	5.6 a 6.0	MA	MODERADAMENTE ÁCIDO
	6.1 a 6.5	LA	LIGERAMENTE ÁCIDO
	6.6 a 7.3	N	NEUTRO
	7.4 a 8.0	MAL	MODERADAMENTE ALCALINO
	8.1 a 9.0	FAL	FUERTEMENTE ALCALINO
	>9.0	EAL	EXTREMADAMENTE ALCALINO

## 7.2 Evaluación de la curva de liberación del fertilizante peletizado.

Se determinaron:

- Solidos totales disueltos mg/L
- conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
- pH
- Temperatura  $^{\circ}\text{C}$

### 7.2.1 Día 1

Durante las primeras 24 horas se tomó una lectura, mientras daba inicio el proceso de disolución de los pellets en agua obteniendo los siguientes resultados presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de las primeras 24 horas del proceso de liberación del fertilizante peletizado.

18-oct-2021					
Lectura	Muestra	STD mg/L	Ce ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura $^{\circ}\text{C}$
1	1	1.12	2.64	6.90	26
1	2	1.7	4.08	7.42	27.2
1	3	5.47	2.39	7.35	26.8
1	4	1.12	1.65	7.03	26.5
1	5	2.81	6.36	6.92	26.3

De acuerdo a los datos obtenidos de los diferentes parámetros, se puede observar que durante las primeras 24 horas la velocidad de liberación de nutrientes del fertilizante es lenta iniciando con un valor de 1.12 mg/L y alcanzando un valor máximo de 2.81 mg/L, la concentración de sales solubles del fertilizante se mide a través de la CE (conductividad eléctrica) indicando un valor más alto de 6.36 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) señalando que el fertilizante posee un buen proceso de mineralización de la materia orgánica. En cuanto al pH se puede observar que las muestras iniciaron con un valor de pH neutro (6-7) y una temperatura estable de 26  $^{\circ}\text{C}$ .

### 7.2.2 Día 2

Después de las 24 horas del inicio del proceso de liberación del fertilizante en agua se tomaron dos lecturas con un lapso de 6 horas de diferencia entre cada una, obteniendo los siguientes resultados presentados en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados 48 horas después de inicio del proceso de disolución del fertilizante peletizado.

19-oct-2021					
Lectura	Muestra	STD mg/L	Ce ( $\mu$ S/cm)	pH	Temperatura °C
2	1	331	669	7,84	24.2
3		615	1308	8,19	25.3
2	2	375	753	7,97	24.1
3		770	1560	8,44	25.6
2	3	361	724	8,11	24.0
3		838	1632	8,44	25.3
2	4	334	675	8,22	23.9
3		865	1731	8,57	24.9
2	5	325	652	8,36	23.8
3		794	1591	8,57	25.1

### 7.2.3 Día 3

Después de las 48 horas del inicio del proceso de liberación del fertilizante en agua se tomaron dos lecturas con un lapso de 6 horas de diferencia entre cada una, obteniendo los siguientes resultados presentados en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados 72 horas después de inicio del proceso de liberación del fertilizante peletizado

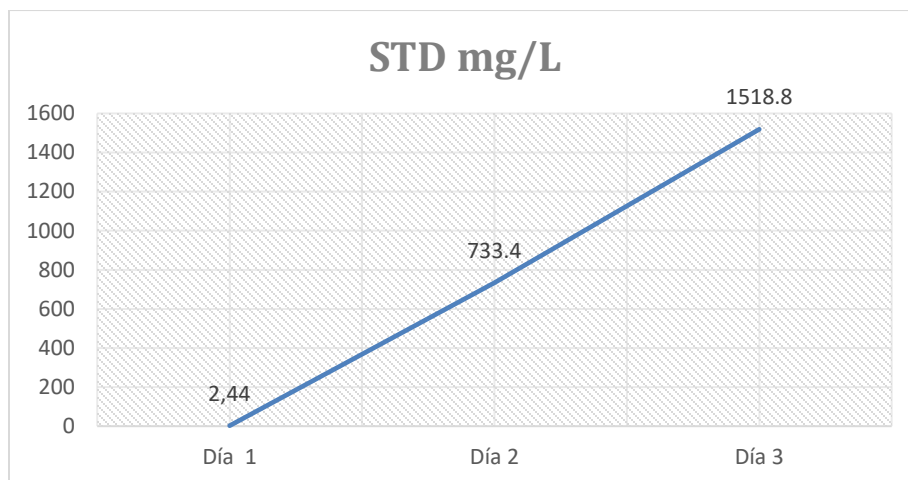
20-oct-2021					
Lectura	Muestra	STD mg/L	Ce (μS/cm)	pH	Temperatura °C
4	1	1290	2057	8.24	25.3
5		1322	2062	8.06	25.4
4	2	887	1783	8.43	25.3
5		919	1835	8.32	25.1
4	3	948	1903	8.53	25.5
5		981	1950	8.37	25.0
4	4	984	1970	8.57	25.2
5		1016	2010	8.43	24.9
4	5	899	1803	8.55	25.3
5		934	1848	8.42	24.8

#### 7.2.4 Resumen de resultados por parámetros:

De las 5 muestras realizadas se efectuó un promedio de los resultados de cada parámetro por cada día obteniendo los siguientes resultados.

##### 1. Sólidos totales disueltos

Parámetro	Día 1	Día 2	Día 3
STD mg/L	2,44	733,4	1518,8

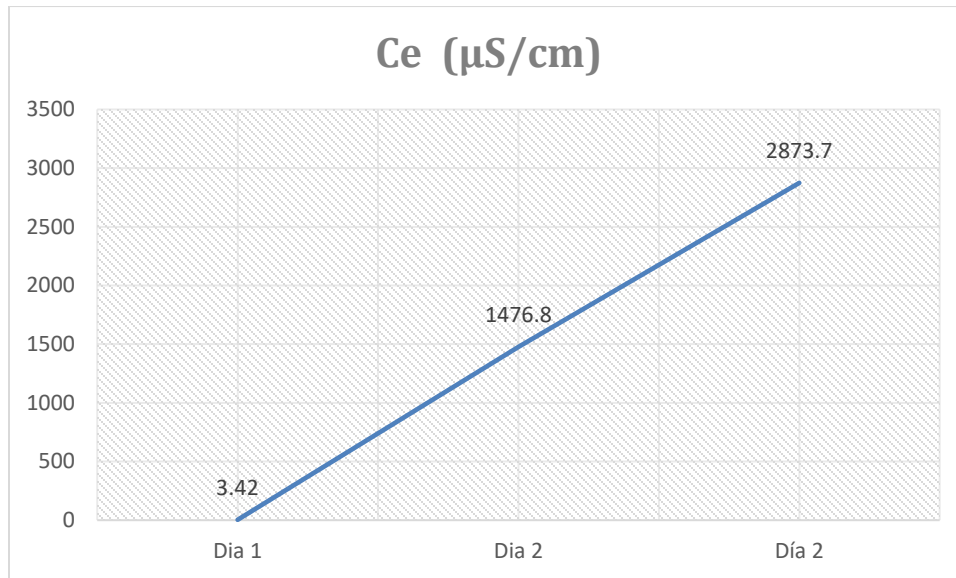


Gráfica 1. Comportamiento de sólidos totales disueltos por un período de 3 días.

En la gráfica 1 se puede observar que los sólidos totales disueltos expresados en mg/L incrementaron su valor durante el segundo día aumentando la velocidad de liberación de una forma paulatina. Después de las 48 horas (día 3) la velocidad de la curva de liberación de nutrientes del fertilizante peletizado alcanzo un valor máximo de 1518.8 mg/L lo que deduce que los compuestos del fertilizante elaborado se tornan disponibles paulatinamente cuando el agua los difunde evitando la volatilización y perdidas por lixiviación de los elementos que lo componen manteniéndolos disponibles por un periodo prolongado de tiempo.

## 2. Conductividad eléctrica:

Parámetro	Día 1	Día 2	Día 2
Ce ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	3,42	1476,8	2873,7



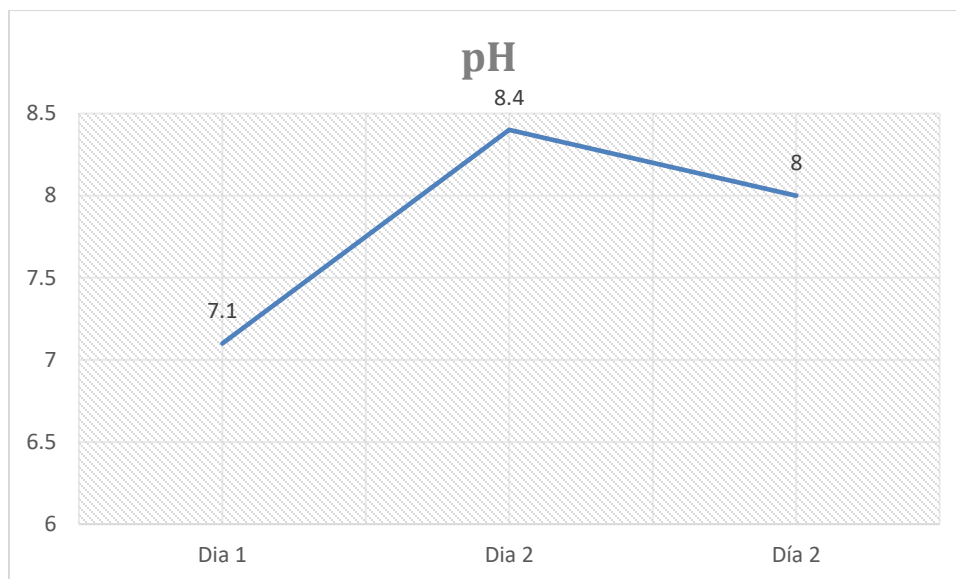
Gráfica 2. Comportamiento de la conductividad eléctrica por un período de 3 días.

El valor de la CE es directamente proporcional con los STD, iniciando con un valor de 3.42 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en el primer día alcanzando un máximo de 2873.7 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en el tercer día, lo cual manifiesta la excelente capacidad del fertilizante para conducir la corriente eléctrica y a pesar de que este parámetro no provee una medida directa de los iones o sales específicas que se encuentran en el fertilizante, la medición está muy correlacionada con la concentración de nitratos, potasio, sodio, cloruro, sulfato y amonio y su capacidad de mineralización de los mismo y a su vez indicando que el fertilizante tiene una alta CIC (capacidad de intercambio catiónico) reflejando su habilidad de retener cationes y brindar disponibilidad de nutrientes.

### 3. pH

Parámetro	Día 1	Día 2	Día 2
pH	7,1	8,4	8,3





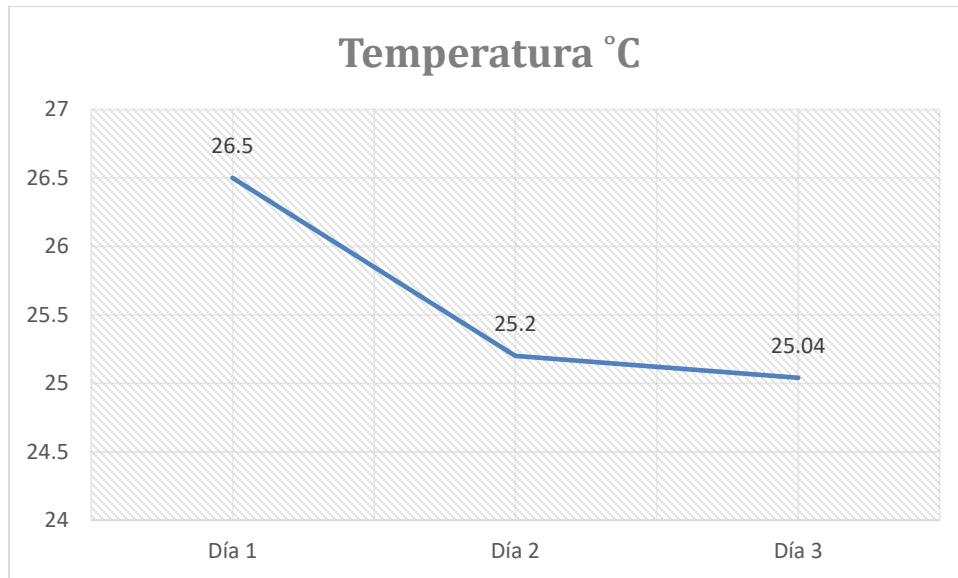
*Gráfica 3. Comportamiento del Ph por un período de 3 días.*

El fertilizante peletizado tiene una alta CIC (capacidad de intercambio catiónico) reflejando su habilidad de retener cationes y brindar disponibilidad de nutrientes por lo tanto a medida estos nutrientes, sales se tornan disponibles durante su dilución en agua el pH tiende a aumentar 7 a 8, reflejando un pH alcalino por los compuestos que se encuentran ya disueltos. El valor final obtenido del pH es de 8, indicando un buen parámetro de pH para un abono orgánico.

#### 4. Temperatura

Parámetro	Día 1	Día 2	Día 3
Temperatura °C	26,5	25,2	25,04

La grafica 4 muestra el comportamiento de la temperatura del agua en donde fue diluido el fertilizante peletizado, manteniéndose estable a 25 °C en día 2 y 3, no interfiriendo en el proceso de liberación de los compuestos del fertilizante.



*Gráfica 4. Comportamiento de temperatura durante un periodo de 3 días.*

El fertilizante peletizado tiene una alta CIC (capacidad de intercambio catiónico) reflejando su habilidad de retener cationes y brindar disponibilidad de nutrientes, las sales disponibles en el fertilizante no son tóxicas para el cultivo al que sea aplicado, la concentración de los componentes son directamente proporcionales a interferir en la mejora de la productividad del sistema agrícola, mejorando la textura del suelo el cual es aplicado, ayudando a mejorar las condiciones de drenado y aumentando el contenido de materia orgánica, el valor final obtenido del pH es de 8, estando dentro de parámetros de un buen valor de pH para un abono orgánico.

## 7.3 Ficha técnica de fertilizante orgánico a base de caprinaza de liberación lenta.

# ABONO ORGÁNICO PELETIZADO DE LIBERACIÓN LENTA



Ficha técnica del fertilizante orgánico peletizado a base de caprinaza

Diciembre 2021

## Descripción del fertilizante

El Abono orgánico peletizado a base de caprinaza es un abono orgánico tipo bocashi, que ha sido higienizado, homogeneizado y peletizado, dispuesto en forma de pequeños cilindros facilitar la dispersión mecánica del producto sobre la tierra de cultivo.

El Abono orgánico peletizado se elabora a partir de un 70% de estiércol de caprinos. Sus dimensiones están diseñadas para ser compatibles con las máquinas agrarias convencionales.

### N-P-K

El Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) mejora el desarrollo biológico de las plantas e incrementa su resistencia ante posibles enfermedades y plagas. La estructura química de estos nutrientes provoca su fácil absorción, por lo que el fertilizante se recomienda para cultivos de tiempo cortos.

### MATERIA ORGÁNICA

El Abono orgánico peletizado contiene un 26 % de materia orgánica que mejora el crecimiento de los cultivos.

### RECOMENDACIONES DE USO

La estructura en forma de pelets evita que las máquinas agrícolas de distribución se atasquen, por lo que el fertilizante orgánico a base de caprinaza se recomienda para abonar plantaciones extensas.

### INFORMACIÓN NUTRICIONAL

Elementos	Contenido
Nitrógeno	Fuerte
Fosforo (mg/kg)	297
Potasio (mg/ kg)	10980
Calcio (cmol/kg)	3.41
Materia Orgánica %	26
Cobre (mg/kg)	0.85
Hierro (mg/kg)	5.86
Zinc (mg/kg)	1.62

### BENEFICIOS AGRONÓMICOS

- Apto para Agricultura Ecológica
- Recomendado para su uso en extensiones hortícolas por su estructura física.
- Fácil aplicación con maquinaria agrícola.
- Sin problemas de compactación
- Válido tanto para el abonado de fondo como superficial.



Cultivos	Dosis
	Macetas
Hortalizas	10-25 gr/maceta
Frutales	10-25 gr/maceta
Flores	10-25 gr/maceta
Granos	10-25 gr/maceta

Elaborado por: Lorena Guadalupe López Martínez

Figura 11. Ficha técnica del fertilizante orgánico a base de caprinaza de liberación lenta.

## **VIII. CONCLUSIONES**

Los pellets del fertilizante orgánico a base de caprinaza son una fuente de liberación lenta, pone a disposición sus componentes de una forma paulatina cuando se difunden en agua evitando la volatilización y pérdidas por lixiviación, manteniéndolos disponibles para las plantas por un periodo prolongado de tiempo.

El resultado de los elementos analizados químicamente, demostró que la fuente de Nitrógeno (estiércol de caprinos) tuvo un efecto positivo en la composición nutricional del fertilizante elaborado, siendo una fuente viable en la elaboración de abonos orgánicos como sustituto de la gallinaza y bovinaza que son los más comúnmente utilizados, a su vez denota un excelente resultado en el contenido de Fosforo y Potasio.

El fertilizante orgánico a base de caprinaza es un abono orgánico tipo bocashi, dispuesto en forma de pequeños cilindros para facilitar la dispersión mecánica del producto y así poder ser utilizado en plantaciones extensas, apto para el uso en sistemas con enfoque de agricultura ecológica.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

**IFA (Asociación Internacional de la industria de los fertilizantes). 2002.** Los fertilizantes y su uso (en línea) consultado el 09 jun 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>.

**MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2011.** Elaboración y uso del bocashi. Programa especial para la seguridad alimentaria pesa en El Salvador (en línea) consultado 09 jun 2021. Disponible en [http://www.fao.org/3/at788s/at788s.pdf?fbclid=IwAR1rqYvJdWjzJqS0LJeXlq7w8\\_RZRqbq3NfR3rzHOtOxyOdmqVUU1lce-k](http://www.fao.org/3/at788s/at788s.pdf?fbclid=IwAR1rqYvJdWjzJqS0LJeXlq7w8_RZRqbq3NfR3rzHOtOxyOdmqVUU1lce-k).

**Tortosa, G. 2013.** El pH durante el compostaje. (en línea, sitio web). Consultado 14 de oct. 2021. Disponible en <http://www.compostandociencia.com/2013/11/ph-en-el-compostaje-html/>

**FONAG (Fondo para la protección del agua). 2010.** Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan el agua. Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. (en línea). Consultado 14 de oct.2021. Disponible en [http://fonag.org.ec/doc\\_pdf/abonos\\_organicos.pdf](http://fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf)


**Ferrari, J; Dosanto, A; Tiftonell, P; Reuque, R; Gazzotti, J. 2018.** Aplicación de fertilizantes orgánicos-pellets con sembradoras convencionales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. (en línea) consultado 09 jun. 2021. Disponible en <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/5527#>

**Valdés, G; Montoya C; Hernández, Z; Ramírez, C; Escalante, J. 2019.** Incorporación de abonos orgánicos y liberación de C-CO2 como indicador de la mineralización del carbono, Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México, México (en línea) consultado 09 jun 2021. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-90282019000300513](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282019000300513).


- Almonte, S; Robson, M. 1998.** Fabricación de Pellets utilizando materia orgánica y su efecto sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo tropical y sobre el desarrollo de maíz (*Zea mays*). Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, Guácimo, Limón, Costa Rica (en línea) consultado 09 jun. 2021. Disponible en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=TESISUM.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=000995>
- Ramos, D; Terry E.2014.** Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba (en línea) consultado 09 jun 2021. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362014000400007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007).
- Campos, A. 2017.** Desarrollo y producción de un fertilizante organomineral en pellets y su evaluación en campo y laboratorio (en línea) consultado 09 jun. 2021. Disponible en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=earth.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=042005>
- Solorzano, A; Hernández, A. 2017.** Elaboración de Abono orgánico (Bocashi). (en línea) consultado 14 oct.2021. Disponible en [http://www.platicar.go.cr/images/buscador/fichas-tecnicas/AGUACATE/01\\_BOCASHI.pdf](http://www.platicar.go.cr/images/buscador/fichas-tecnicas/AGUACATE/01_BOCASHI.pdf)

## X. ANEXOS


Anexo 1. Resultados de análisis químico realizado al fertilizante orgánico fabricado.



**LABORATORIO DE SUELOS**



**CENITA**  
CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL  
"ENRIQUE ALVAREZ CORDOVA"



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA Y FORESTAL  
CENTA "ENRIQUE ALVAREZ CORDOVA"  
LA BORATORIO DE SUELOS  
TEL. 2397-2248      Correo electronico: [labsuelos@centa.gob.sv](mailto:labsuelos@centa.gob.sv)      AÑO 2021

No. Carta	No. Muestra	Nombre del Productor	Nombre de la Finca	Cantón	Municipio	Departamento	Identif.	Profundidad cm	Utilizará riego si o no	Cultivo a fertilizar	Nombre del responsable
C20681	M20906	MIGUEL HERNÁNDEZ	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR	URBANO	SAN SALVADOR	SAN SALVADOR	1	30cm	NO		MIGUEL HERNÁNDEZ

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS PAGADAS**

N° Muestra	Textura al tacto	pH en agua 1:2.5	Fósforo (mg kg <sup>-1</sup> )	Potasio (mg kg <sup>-1</sup> )	Ca (cmol kg <sup>-1</sup> )	Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )	Na (cmol kg <sup>-1</sup> )	K int. (cmol kg <sup>-1</sup> )	Suma Bases (cmol kg <sup>-1</sup> )	Acidez Int. (H+Al) (cmol kg <sup>-1</sup> )	CICE	%Sat. Bases	%Materia orgánica	Ca/Mg	Mg/k	Ca+Mg/k	Ca/K	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )
M20906	SIN TEXTURA*	9.20	EAL 297 MA 10980	MA	3.41 B	3.25 A	2.69 NS	28.15	37.49 A	0.00 B	37.49 A	100.0	25.21 A	1.05 B	0.12 B	0.24 B	0.12 B	0.85 B	5.86 B	26.55 MA	1.62 B

Detalle: (mg kg<sup>-1</sup>) = ppm      (cmol kg<sup>-1</sup>) = meq/100 g de suelo  
 \*SIN TEXTURA: es prácticamente un sustrato, predomina más la materia orgánica que el suelo propiamente o no es suelo.

Rangos de Análisis

Análisis	Valores	Rangos	Significado
pH en Agua	4.1 a 4.4	EA	EXTREMADAMENTE ÁCIDO
	4.5 a 5.0	MFA	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO
	5.1 a 5.5	FA	FUERTEMENTE ÁCIDO
	5.6 a 6.0	MA	MODERADAMENTE ÁCIDO
	6.1 a 6.5	LA	LIGERAMENTE ÁCIDO
	6.6 a 7.3	N	NEUTRO
	7.4 a 8.0	MAL	MODERADAMENTE ALCALINO
	8.1 a 9.0	FAL	FUERTEMENTE ALCALINO
	> 9.0	EAL	EXTREMADAMENTE ALCALINO

Rangos	Significado
MB	MUY BAJO
B	BAJO
M	MEDIO
A	ALTO
MA	MUY ALTO
NS	NO SODICO
S	SODICO

Analistas: Inga. Claudia Lino  
 Licda. Liza de Menjivar  
 Licda. Sonia de Alegria  
 Licda. Yaneth Valencia





Anexo 2. Ingredientes utilizados para la elaboración del fertilizante orgánico.



Anexo 3. Insumos utilizados para la elaboración del fertilizante orgánico peletizado.





Anexo 4. Abono orgánico peletizado.