



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

Cultivo orgánico de Espinosilla (*Loeselia mexicana* (Lam.) Brand) y
Muicle (*Justicia spicigera* Schtdl)

TESIS

Para obtener el título de licenciada en Biología

P R E S E N T A

CAROLINA ABRIL CORDERO RIANDE

DIRECTORA DE TESIS

Dra. María Socorro Orozco Almanza

CDMX, 2021

Investigación realizada con financiamiento de la DGAPA PAPIME 202720





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

A mi familia.

A mi mamá por enseñarme sobre la constancia, la perseverancia, la paciencia, por todo su amor y por estar en cada paso conmigo.

A mi papá por apoyarme siempre, por todas las veces que madrugó para acompañarme a la universidad, por sus enseñanzas y por su cariño. Gracias a ambos por ayudarme a forjar quien soy, por ayudarme a descubrir lo que amo, por siempre priorizar mis necesidades y mi educación sobre las suyas, esta carrera es por ustedes.

A mis hermanos y mi sobrino porque también me apoyaron siempre y en momentos de estrés me ayudaban a divertirme.

A Kira, mi compañera peluda de desvelos.

A mi amiga Lupita por ser como una hermana y mi apoyo incondicional desde el CCH, por motivarme siempre.

A mis amigos de la facultad Ale, Lilly, Malaika y Benji por estar conmigo toda la carrera, por las risas compartidas, por las prácticas de campo, por ser mi segunda familia.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para mi desarrollo profesional, por crear un segundo hogar en el que conocí buenos amigos y admirables profesores.

A mi directora de tesis la Dra. María Socorro Orozco Almanza por permitirme ser parte del Vivero “Chimalxochipan”, por compartirme siempre sus conocimientos y experiencias, por su amabilidad, su paciencia, por las pláticas y risas compartidas, por ser de las mejores profesoras que tiene la universidad e inspirarme.

A la profesora María de Jesús Rojas y al profesor Roberto Ramos Gonzáles por su apoyo, sus enseñanzas, por hacer que el Vivero se sintiera como un hogar, por sus regaños, por ser seres humanos cálidos e increíbles.

A mis compañeros del vivero Valeria, Gerardo, Jarib y mi compañera gatuna Xochitl por amenizar los días ahí, por las pláticas, los castigos compartidos y por su apoyo.

A todos los profesores con los que coincidí a lo largo de la carrera que me guiaron y despertaron en mi el amor por la Biología.

ÍNDICE

I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCIÓN	2
III. ANTECEDENTES.....	4
3.1 Agricultura Comercial	4
3.2 Agricultura Ecológica	4
3.3 Plantas medicinales.....	5
3.4 Características generales de <i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand	6
3.5 Características generales de <i>Justicia spicigera</i> Schltl.	7
3.6 Propagación de plantas	9
3.6.1 Propagación Sexual	9
3.6.1.1 Latencia	9
3.6.1.2 Germinación	10
3.7 Propagación asexual.....	10
3.8 Abonos orgánicos.....	11
3.8.1 Bocashi.....	12
3.8.2 Composta.....	12
3.8.3 Microorganismos eficientes	13
IV. ESTUDIOS RELACIONADOS CON EL TEMA.....	13
V. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	15
VI. HIPÓTESIS	16
VII. JUSTIFICACIÓN	16
VIII. OBJETIVOS	16

8.1 Objetivo general.....	16
8.2 Objetivos particulares	16
IX. METODOLOGÍA	16
9.1 Elaboración de abonos orgánicos	17
9.1.1 Bocashi.....	17
9.1.2 Composta.....	18
9.1.3 Microorganismos eficientes	19
9.1.4 Análisis de los abonos orgánicos	19
9.2 Germoplasma	20
9.3 Propagación de espinosilla.....	20
9.3.1 Germinación de semillas de espinosilla y obtención de plántulas	20
9.3.2 Emergencia de espinosilla en almácigos	21
9.3.3 Crecimiento de espinosilla con abonos orgánicos composta y bocashi	21
9.3.4 Variables de respuesta.....	21
Altura.....	21
Cobertura	21
Diámetro del tallo principal.....	21
Número de flores	21
Tasa de crecimiento relativo (TCR)	21
Biomasa peso seco de vástago y raíz.....	22
Relación raíz/vástago.....	22
Índice de Dickson	22
9.4 Propagación de muicle.....	22
9.4.1 Preparación del enraizador para las estacas de muicle.....	22
9.4.2 Porcentaje de enraizamiento.....	23

9.4.3 Trasplante de estacas de Muicle a sustrato.....	23
9.4.4 Variables de respuesta.....	23
Altura.....	23
Número de las ramas secundarias.....	23
Número de hojas /rama.....	23
Número de brotes	23
Número de flores	23
Cobertura	24
Diámetro del tallo principal.....	24
Tasa de crecimiento relativo (TCR).	24
Biomasa peso seco de vástago y raíz.....	24
Índice de Dickson	24
9.5 Costos de producción.....	24
9.6 Análisis estadístico	25
X. RESULTADOS	25
10.1 Composición nutrimental de los abonos orgánicos y la tierra de monte	25
10.1.1 Composición nutrimental de tierra de monte (los resultados se compararon con la NOM 021)	25
10.1.2 Composición nutrimental del abono composta	26
10.1.3 Composición nutrimental del abono bocashi	27
10.2 Espinosilla.....	28
10.2.1 Propagación sexual de espinosilla.....	28
10.2.1.1 Germinación media diaria	28
10.2.1.2 Germinación acumulada	29
10.2.1.3 Tiempo medio de germinación.....	29

10.2.1.4	Tiempo medio de germinación al 25, 50, 75 y 96%	30
10.2.1.5	Emergencia de plántulas en almácigo	31
10.2.1.6	Tiempo medio de emergencia	31
10.2.2	Variables morfológicas	32
10.2.2.1	Altura	32
10.2.2.2	Cobertura	33
10.2.2.3	Diámetro del tallo	33
10.2.2.4	Tasa de crecimiento relativo	34
10.2.2.5	Número de flores	35
10.2.2.6	Número de ramas	36
10.2.2.7	Biomasa	37
10.2.2.8	Índice de Dickson	39
10.2.3	Análisis de componentes principales	39
10.2.4	Costos de producción de plantas de espinosilla	40
10.2.4.1	Cultivo de espinosilla en tierra de monte	40
10.2.4.2	Cultivo de espinosilla en tierra de monte/bocashi	41
10.2.4.3	Cultivo de espinosilla en tierra de monte/composta	42
10.3	Muicle	43
10.3.1	Propagación asexual	43
10.3.1.1	Enraizamiento	43
10.3.1.2	Tiempo y porcentaje medio de enraizamiento	44
10.3.2	Variables morfológicas	44
10.3.2.1	Altura	44
10.3.2.2	Cobertura	45
10.3.2.3	Número de brotes	46

10.3.2.4	Número de flores	47
10.3.2.5	Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)	48
10.4	Análisis de componentes principales	49
10.5	Costos de producción de estacas de Muicle.....	50
10.5.1	Estacas de muicle en tierra de monte	50
10.5.2	Estacas de muicle en tierra de monte y bocashi	50
XI.	DISCUSIÓN.....	52
11.1	Calidad de los abonos orgánicos.....	52
11.1.1	Calidad de tierra de monte	52
11.1.2	Calidad del abono composta	53
11.1.3	Calidad del abono bocashi.....	54
11.2	Espinosilla.....	55
11.2.1	Germinación y emergencia de espinosilla.....	55
11.2.2	Variables morfológicas de plantas de espinosilla	56
11.2.2.1	Altura, cobertura, diámetro del tallo y TCR.....	56
11.2.2.2	Número de flores	56
11.2.2.3	Número de ramas.....	57
11.2.2	Biomasa e Índice de Dickson	58
11.3	Muicle	58
11.3.1	Enraizamiento y tiempo medio de enraizamiento de estacas de Muicle.....	58
11.3.2	Variables morfológicas de estacas de muicle.....	59
11.3.2.1	Altura y cobertura y TCR	59
11.3.2.2	Número de brotes y número de flores	60
11.4	Análisis de componentes principales de espinosilla y muicle	60
11.5	Costos de producción.....	61

XII. CONCLUSIONES	62
XIII. REFERENCIAS	64

I. RESUMEN

En la actualidad ha aumentado el uso de plantas medicinales como alternativa o complemento medicinal para el tratamiento de diversas enfermedades. En México existe una gran diversidad cultural, así como también un gran número de especies vegetales, es uno de los países de América con mayor tradición ancestral y riqueza en el uso de la herbolaria, donde se registran más de 5 000 especies que se emplean en remedios naturales. Sin embargo, son pocas las investigaciones que se han realizado sobre la propagación orgánica de plantas medicinales nativas del valle de México por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la propagación y desarrollo de Espinosilla (*Loeselia mexicana*) y Muicle (*Justicia spicigera*) utilizando dos abonos orgánicos, con el fin de generar un plan de manejo. La espinosilla se propagó a través de la semilla, mientras que el Muicle se propagó mediante estacas, en ambos casos se trabajó con tres tratamientos: tierra de monte, bocashi y composta. Las unidades experimentales se colocaron al azar en una parcela a cielo abierto de 6x1 m durante el verano (agosto 2019). Se rotaron semanalmente para evitar diferencias en la incidencia de luz. Se evaluó quincenalmente y por tratamiento, la altura, cobertura, tasa de crecimiento relativo, biomasa, índice de dickson, diámetro del tallo y se cuantificó el número de flores y número de brotes. Los resultados obtenidos mostraron que la espinosilla puede propagarse exitosamente por semilla, la cual no presenta latencia, y germina en un 100%, al igual que el muicle que puede producirse de manera masiva y exitosamente por propagación asexual mediante estacas, las cuáles enraizan en un 100% utilizando como enraizador agua de alpiste. El ACP indicó que el bocashi mejoró las variables de altura, cobertura y número de flores gracias a su concentración de cobre, y que la composta favoreció otras variables como la biomasa y TCR gracias a su concentración de boro. La hipótesis se cumplió parcialmente, debido a que, en las estacas de muicle, el uso de abonos orgánicos no generó ningún beneficio por lo que no es necesario generar este aporte ya que implica un mayor costo de producción, por lo que la propagación de muicle con tierra de monte es la mejor opción.

II. INTRODUCCIÓN

En la actualidad ha aumentado el interés por el uso de plantas como alternativa medicinal, para curar numerosos padecimientos que aquejan al ser humano. En las comunidades que carecen de servicios médicos existen los curanderos y las parteras, los cuales son responsables de la salud de sus comunidades, incluso aun cuando existan servicios médicos, los recursos de la medicina tradicional son utilizados por personas enfermas. En las áreas marginadas existen grupos indígenas con grandes conocimientos de la herbolaria y del ambiente donde se desarrollan estas plantas. Tales conocimientos acumulados por muchas generaciones constituyen la base de la biodiversidad cultural global y del uso sustentable de estos recursos (Caballero y Cortés, 2001; Leonti *et al.*, 2003; Canales *et al.*, 2006).

En México existe una gran diversidad cultural, así como también un gran número de especies vegetales, es uno de los países de América con mayor tradición ancestral y riqueza en el uso de la herbolaria, donde se registran más de 5 000 especies que se emplean en remedios naturales. Actualmente existe un gran acervo de información sobre el uso tradicional de las plantas medicinales como lo es la Enciclopedia de la medicina tradicional mexicana, que incluye el conocimiento de la flora medicinal y de la etnobotánica médica hasta 1994 (Martínez *et al.*, 2006).

No obstante, son pocas las investigaciones sobre la propagación de las plantas medicinales, tanto de forma convencional como orgánica.

Se ha documentado que más del 80% de las plantas con importancia medicinal que se comercializan dentro de los mercados locales proviene de una recolección silvestre y no cuentan con un programa de manejo o protocolos de propagación que permitan su reproducción masiva (Gómez, 2012; Juárez *et al.*, 2013).

El conocimiento sobre las plantas medicinales por parte de las personas que se dedican a su recolección e identificación, hasta su comercialización es muchas veces conocimiento antiguo que pasa de generación en generación sin tomar en cuenta conocimientos científicos. La poca actualización de este conocimiento puede generar problemas de salud a los consumidores debido a que una mala identificación puede

suministrar principios activos que dañen el organismo o bien, si no se propaga bajo condiciones específicas puede no contener los principios activos deseados.

La creación de un plan de manejo para la propagación de plantas medicinales, no solo contribuye a evitar la sobreexplotación de los recursos silvestres y de especies en peligro de extinción, también permite tener materia prima vegetal libre de contaminantes como metales pesados u organismos patógenos y, así mejorar la calidad y cantidad de los principios activos que podemos encontrar en éstas (Juárez *et al.*, 2013).

En este contexto, los géneros *Justicia* de la familia Acanthaceae y *Loeselia* de la familia Polemoniaceae son una fuente importante de principios medicinales, reconocidos por la medicina tradicional mexicana.

Loeselia mexicana (Lam.) Brand (Polemoniaceae), comúnmente conocida como “espinosilla” se usa en la medicina tradicional mexicana para tratar la fiebre, trastornos digestivos como disentería, dolor de estómago e hinchazón, diarrea, vómitos y dolor de cabeza, contra la caspa, caída del cabello y golpes o "susto". Es nativa del continente americano y se encuentra creciendo desde el sur de los EE. UU. a América Central en climas cálidos en altitudes de entre 800 y 3900 m (Herrera *et al.*, 2011).

Justicia spicigera, mejor conocida como muicle se emplea en México desde la época prehispánica para tratar la disentería, gonorrea, sarna, fiebre y sangrado uterino (Hernández, 1790). Actualmente se sigue empleando con fines medicinales para tratar el cáncer, enfermedades circulatorias, diarrea, nervios, reumatismo, inflamación de estómago y dolor de cabeza, (Andrade, 2009).

Debido a la falta de información sobre la propagación de especies medicinales nativas de México y por lo descrito anteriormente, este trabajo tiene como objetivo generar un plan de manejo, para el cultivo ecológico de Espinosilla (*Loeselia mexicana*) y Muicle (*Justicia spicigera*), utilizando como abonos orgánicos composta y bocashi.

III. ANTECEDENTES

3.1 Agricultura Comercial

A mediados del siglo XX con la demanda de alimentos para satisfacer a la creciente población se buscaron diversas técnicas en la agricultura buscando aumentar la producción. Gracias a los avances científicos y a las innovaciones tecnológicas se pusieron al alcance de los agricultores nuevas variedades de plantas con uso de fertilizantes, plaguicidas, insecticidas y nuevas técnicas de riego. La agricultura convencional se sustentó en dos objetivos: la maximización de la producción y de las ganancias, sin prever los efectos en la dinámica de los ecosistemas. Actualmente la agricultura moderna se sustenta en labranza intensiva, los monocultivos, irrigación, aplicación de fertilizantes inorgánicos, control químico de plagas y manipulación genética de los cultivos. Cada una depende de la otra reforzando la necesidad de usar todas las prácticas (Gliessman, 2002).

3.2 Agricultura Ecológica

La Agricultura Ecológica o agroecología se conoce hoy en día como la ciencia fundamental que permite orientar la conversión de sistemas convencionales de producción a sistemas más diversificados y autosuficientes. Con este fin, la Agroecología utiliza principios ecológicos que favorecen las interacciones biológicas en el medio y permite que se realicen los procesos naturales que optimizan sinergias de tal modo que la biodiversidad por sí misma sea capaz de regular procesos como acumulación de materia orgánica, fertilidad del suelo, mecanismos de regulación de plagas y productividad de los cultivos (Altieri y Nicholls, 2007).

El proceso de conversión de sistemas convencionales caracterizados por monocultivos con alta dependencia de insumos externos a sistemas diversificados de baja intensidad de manejo es un proceso transicional y se compone de tres fases: a) Eliminación progresiva de insumos agroquímicos mediante la racionalización y mejoramiento de la eficiencia de los insumos externos a través de estrategias de manejo integrado de plagas, malezas, suelos, etc., b) Sustitución de insumos sintéticos por otros alternativos u orgánicos y c) Rediseño de los agroecosistemas con una infraestructura diversificada y funcional que

subsida el funcionamiento del sistema sin necesidad de insumos externos sintéticos u orgánicos (Altieri y Nicholls, 2007).

Los fertilizantes y abonos son la principal fuente de nutrientes de los cultivos, en México existen diferentes nutrientes agrícolas, algunos de ellos son de uso orgánico como la lombricomposta de bovino, composta de bovino, nitrato chileno y roca fosfórica, mientras que para la agricultura convencional son utilizados materiales inorgánicos como la urea, el nitrato de calcio, fósforo diamónico (DAP) y el superfosfato triple (SPT). Los fertilizantes DAP y SPT que presentan una alta concentración de elementos traza que pueden ingresar a los suelos, aunque no por una sola aplicación a los cultivos, pero comprendiendo la dependencia que generan estos fertilizantes químicos se sugiere tener un constante monitoreo de elementos traza en el sistema suelo-agua-planta a través del tiempo debido a la acumulación y practicas agronómicas que puedan alterar su dinámica (Rodríguez *et. al.*, 2014).

3.3 Plantas medicinales

Las plantas medicinales son aquellos vegetales que producen sustancias llamadas principios activos, los principios activos son moléculas producto del metabolismo de las plantas los cuales ejercen una acción farmacológica ya sea beneficiosa o perjudicial, sobre un organismo vivo. Constituyen aproximadamente la séptima parte de las especies existentes (Muñoz, 1996). La OMS estima que el 80% de las personas en regiones menos desarrolladas emplean la medicina tradicional con plantas para el cuidado de la salud.

La distribución mundial de estas especies depende de factores ecológicos dentro de los cuales el suelo y el clima son los más importantes. En cuanto al clima, está condicionado por una serie de factores: temperatura en relación con la latitud, altura, alejamiento del mar, humedad e insolación. La temperatura media y las máximas y mínimas de ésta, son de gran importancia en la distribución de las plantas medicinales. En cuanto al suelo, está condicionado al tipo de suelo de la zona, pH y su contenido en macro y micronutrientes (Muñoz, 1996).

3.4 Características generales de *Loeselia mexicana* (Lam.) Brand

Loeselia mexicana (Lam.) Brand (Polemoniaceae), comúnmente conocida como “espinosilla” se usa en la medicina tradicional mexicana para tratar la fiebre, trastornos digestivos como disentería, dolor de estómago e hinchazón, diarrea, vómitos y dolor de cabeza, y contra la caspa, caída del cabello y golpes o "susto". Es nativa del continente americano y se encuentra creciendo desde el sur de los EE. UU. a América Central en climas cálidos en altitudes de entre 800 y 3900 m (Herrera, 2011).

Subarbusto o arbusto, por lo general de 1 a 1.5 (2) m de alto, erecto, densamente glanduloso-pubescente; tallos profusamente ramificados desde la base; hojas por lo general alternas (las inferiores en ocasiones opuestas y a veces las hojas jóvenes que van desarrollándose de yemas se presentan aglomeradas), subsésiles, ovadas a lanceoladas, de 1.5 a 4 cm de largo por 1 a 2 cm de ancho, ápice agudo u obtuso, borde aserrado-espinoso, base cuneada; flores solitarias o agrupadas por varias en las axilas de las hojas, rodeadas de aproximadamente unas 10 brácteas lanceoladas, las exteriores foliáceas pero que paulatinamente se van haciendo escariosas; cáliz también escarioso, de unos 8 mm de largo, con las divisiones puntiagudas y aristadas; corola roja (excepcionalmente amarillenta a blanca), de (2) 2.5 a 3.5 cm de largo, incluyendo los lóbulos redondeados, de alrededor de 5 mm de largo; estambres y estilo largamente exsertos; cápsula subglobosa a elipsoide, de 4 a 6 mm de largo; semillas 2 a 5 (8) por lóculo, pequeñas, aplanadas, circulares u oblongas, de 1.5 a 2 mm de diámetro (o largo), aladas. Especie ampliamente distribuida en el Valle de México. Alt. 2250-2800 msnm. En lugares abiertos, con frecuencia perturbados; habita principalmente en matorrales y zacatales, también en bosques de *Juniperus* o en bosques abiertos de encinos, a veces en campos de cultivo abandonados (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

La espinosilla crece en terrenos de cultivo abandonados y está presente como maleza en el nivel interior de bosques templados, asociada a vegetación perturbada de bosque tropical caducifolio o subcaducifolio, matorral xerófilo, pastizal, bosques de encino, de pino, mixto de pino-encino y de junípero.

Loeselia mexicana (Lam.) Brand se usa comúnmente para el tratamiento de los síntomas de la diarrea. Dado que los efectos antidiarreicos pueden deberse a muchos compuestos, se ha evaluado el efecto farmacológico del aceite esencial y los extractos acuosos de hexano, cloroformo, metanol de esta planta mediante los cuales se obtuvieron flavonas y lactonas sesquiterpénicas, además de las reportadas, incluyendo loseline, taninos y saponinas (Pérez y Pérez, 2005).

En la Medicina Tradicional Mexicana, el "espanto" o "susto" es considerado como un síndrome de filiación cultura que se encuentra más comúnmente entre las comunidades indígenas y es causa de atención médica debido a su frecuencia en la incidencia y daño a la salud de los individuos. En México, las especies del género *Loeselia* (Polemoniaceae) se utilizan para tratar los síntomas relacionados con el "susto" (Herrera *et al.*, 2001).

Así mismo esta planta se emplea en el estado de Oaxaca y se utiliza también para tratar otras enfermedades como la fiebre, trastornos digestivos como disentería, dolor de estómago e hinchazón, diarrea, vómitos y dolor de cabeza, y contra la caspa, caída del cabello y golpes o "susto" (Herrera *et al.*, 2011).

3.5 Características generales de *Justicia spicigera* Schltdl.

Justicia spicigera Schltdl perteneciente a la familia Acanthaceae es una planta originaria de México que se extiende a América del Sur, comúnmente conocida como muicle o muitle, es un arbusto de hoja perenne con flores tubulares de color naranja. Herrera en el 2009 señala que *Justicia spicigera* se utiliza en la Medicina Tradicional Mexicana como inmunoestimulador, mientras que Márquez y colaboradores en 1999 le atribuyen otros beneficios como antiinflamatorio, depurativo sanguíneo y para tratar enfermedades como diarrea y cáncer uterino (Vega *et al.*, 2012).

Arbusto hasta de 5 m de alto; tallos jóvenes esparcida a más o menos densamente pubescentes con tricomas eglandulares más o menos uniformemente dispuestos a concentrados en 2 líneas; hojas con pecíolos hasta de 2 cm de largo, láminas frecuentemente ennegrecidas con el secado, ovado-elípticas a elípticas o angostamente elípticas, de 3.2 a 22.5 cm de largo, de 0.7 a 6.7 cm de ancho, 2.2 a 4.6 veces más largas que anchas, acuminadas en el ápice, agudas a atenuadas en la base, margen entero a sinuado, ambas superficies

pubescentes sobre todo a lo largo de las venas principales o glabras; inflorescencias en forma de panículas axilares pedunculadas de espigas dicasiales hasta de 10.5 cm de largo, raquis glabro o con tricomas eglandulares y a veces también con glándulas sésiles pateliformes inconspicuas (glandular-punteado), en la parte distal los tricomas volviéndose muy dispersos o concentrados en 2 líneas, dicasios alternos, unifloros, más o menos secundifloros, 1 por axila, sésiles a subsésiles, brácteas opuestas, triangulares, de 1 a 2 mm de largo, de 0.5 a 1.2 mm de ancho, glabras, inconspicuamente glandularpunteadas o esparcidamente pubescentes por fuera, bractéolas triangulares a ovadas o subuladas, de 0.9 a 2.2 mm de largo, de 0.4 a 1 mm de ancho, glabras o inconspicuamente glandular-punteadas por fuera, flores sésiles a subsésiles; cáliz 5-lobado, de 2.5 a 4.5 mm de largo, lóbulos lanceolados a lanceoladosubulados o triangular-subulados, iguales, de 1.5 a 3.2 mm de largo, de 0.5 a 0.9 mm de ancho, glabros o pubescentes con tricomas glandulares por fuera; corola anaranjada, fusiforme en el botón, de 3 a 5.5 cm de largo, en la parte proximal (cerca de la base del tubo) pubescente con tricomas glandulares inconspicuos subsésiles a estipitados, glabra en la parte distal, tubo gradualmente ampliado, de 1.9 a 3.2 cm de largo, de 1.7 a 4 mm de diámetro cerca del punto medio, labio superior de 1 a 2.1 cm de largo, entero, labio inferior enrollado, de 1 a 2.1 cm de largo, lóbulos de 0.8 a 2.5 mm de largo; estambres de 1.4 a 2 cm de largo, filamentos glabros, tecas de 1.5 a 3.2 mm de largo, iguales a subiguales, subparalelas a subsagitadas, subigualmente insertas, glabras, sin apéndices basales; estilo de 2.8 a 4.8 cm de largo, glabro o con pocas glándulas cerca de la base, estigma de 0.4 a 0.7 mm de largo, lóbulos indiferenciados; cápsula (raramente presente) de 1.7 cm de largo, glabra, estípite de 8 mm de largo, cabeza de 9 mm de largo; semillas 4, lenticulares, de 2.7 a 3 mm de largo, de 2.5 mm de ancho, cubiertas con papilas subcónica (Thomas y Castellanos, 2003).

Originaria de México a Colombia, esta planta se encuentra presente en climas cálidos, semicálidos, semisecos, secos y templados desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm. Cultivada en huertos familiares, crece a orillas de caminos, asociada a vegetación perturbada en bosques tropicales caducifolio, subcaducifolio y perennifolio, matorral xerófilo, bosque espinoso, bosque mesófilo de montaña, bosques de encino, de pino y mixto de encino-pino (Vega et al., 2012).

Justicia spicigera Schldtl se emplea en México desde la época prehispánica para tratar la disentería, gonorrea, sarna, fiebre y sangrado uterino (Hernández, 1790). Actualmente se sigue empleando con fines medicinales para tratar el cáncer, enfermedades circulatorias, diarrea, nervios, reumatismo, inflamación de estómago y dolor de cabeza, (Andrade, 2009).

3.6 Propagación de plantas

La propagación de una planta consiste en la producción de una planta a partir de una célula, de un tejido, un órgano o una planta madre. Existen dos métodos de propagación: la propagación sexual, la cual se lleva a cabo mediante las semillas y la propagación asexual mediante tejidos vegetales (Osuna *et al.*, 2017).

Uno de los principios de la propagación vegetativa es la totipotencialidad de las células, característica que permite que una célula cree un organismo entero debido a que posee toda la información genética necesaria. Este tipo de propagación da lugar a un organismo genéticamente igual al progenitor (Harmann *et al.*, 1997).

3.6.1 Propagación Sexual

La propagación o reproducción sexual es aquella que se logra mediante una semilla, esta reproducción depende de la fecundación que se lleva a cabo ya sea dentro de una misma flor hermafrodita o entre flores de distintos sexos. Una vez que la fecundación se lleva a cabo, da lugar a un organismo genéticamente diferente a sus progenitores (Osuna *et al.*, 2017).

3.6.1.1 Latencia

Dentro de la propagación sexual se suele presentar latencia, el estado de latencia es definido como la incapacidad de una semilla para germinar aún bajo condiciones óptimas de temperatura, humedad y concentración de oxígeno. La latencia es también una adaptación por parte de la semilla para que ésta no germine cuando los factores ambientales son desfavorables para la plántula (Varela y Arana, 2011).

La latencia se puede deber a diversos factores como lo son la inmadurez del embrión, impermeabilidad de la cubierta seminal, presencia de sustancias inhibidoras, requerimientos especiales de luz y temperatura, entre otros (Doria, 2010).

El nivel de latencia que las semillas presentan depende de su procedencia y del tiempo desde la cosecha, entre otros factores. Debido a lo anterior existen distintos tipos de latencia:

- a) Latencia exógena: Se refiere a la latencia producida por un problema en la cubierta de las semillas, puede ser latencia física, mecánica o química.
- b) Latencia endógena: Se refiere a la latencia producida por un problema en el embrión y puede deberse a embriones rudimentarios o embriones no desarrollados.
- c) Latencia interna: Es aquella que tiene un origen fisiológico debido a un mecanismo inhibitor.
- d) Latencia combinada morfofisiológica: Consiste en la combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismos fisiológicos inhibidores (Varela y Arana, 2011).

3.6.1.2 Germinación

Una de las primeras etapas del desarrollo de una planta y por ende la primera fase de la propagación sexual, es la germinación de la semilla, proceso por el cual el embrión se transforma en una plántula que comienza a desarrollar procesos metabólicos y morfogénéticos para valerse por sí misma. La germinación se caracteriza por una serie de procesos y de cambios estructurales como lo son, la imbibición, activación de metabolismo, elongación del embrión y ruptura de la testa por la cual se da paso la salida de la radícula (Suárez y Melgarejo, 2010). Es el nacimiento de una nueva plántula.

3.7 Propagación asexual

La reproducción asexual es aquella que se lleva a cabo sin la formación de gametos, se producen organismos nuevos a partir de tejidos o estructuras como las estacas, estolones, tubérculos y esquejes. En este tipo de reproducción se forma un organismo genéticamente idéntico a su progenitor, lo cual reduce la variabilidad genética de las poblaciones (Jiménez y Matías, 2010).

La propagación por estacas es un método que consiste en la formación de un nuevo sistema de raíces adventicias a partir de un fragmento de una planta madre. En la propagación por estacas comúnmente se utilizan estacas de tallo ya que se reporta un mayor porcentaje de enraizamiento que con otras partes de la planta, esto se debe a que los tallos tienen un mayor número de células indiferenciadas facilitando la formación de primordios radicales (Acosta *et al.*, 2008).

Existen diferentes tipos de estacas como: herbáceas, de madera suave, madera semileñosa y de madera dura o leñosa, o bien, se pueden clasificar también de acuerdo a su posición en la rama o planta como: apicales o terminales, subapicales y basales. La eficacia de estos tipos de estacas radica en la especie o variedad que se trate, la época del año en que se realiza y el cuidado que se tenga al realizarlas (Sisaro y Hagiwara, 2016).

Este tipo de propagación presenta ventajas como la facilidad en el procedimiento, se puede propagar más material en poco espacio, se puede obtener una gran cantidad de estacas a partir de una planta (Acosta *et al.*, 2008).

3.8 Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son el material resultando de la descomposición natural de la materia orgánica gracias a la acción de microorganismos, los cuales procesan y transforman los materiales en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y ayudan a mejorar la calidad y aspecto de las plantas que se desarrollan en él. Los abonos orgánicos son el resultado de un proceso de descomposición que puede ser aeróbico o anaeróbico y dan lugar a un producto con alto valor nutrimental (Ramos y Terry, 2014).

Anualmente se produce una cantidad considerable de residuos agrícolas, dejando una gran cantidad de desechos, los cuales se convierten en un potencial de contaminación ambiental. El aprovechamiento de estos residuos como medio eficiente de reciclaje racional de nutrimentos, mediante su transformación en abonos orgánicos, ayuda al crecimiento de las plantas y contribuye a mejorar o mantener muchas propiedades del suelo (Ramos y Terry, 2014).

Existen diferentes tipos de abonos orgánicos como los fermentados, los cuales consisten en descomponer aeróbicamente residuos orgánicos, por medio de poblaciones de microorganismos que existen en los mismos residuos, esta descomposición es controlada, y da como resultado un material parcialmente estable que continuará su ciclo de descomposición, pero más lentamente, un ejemplo de este abono orgánico es el bocashi (Herrán *et al.*, 2008).

3.8.1 Bocashi

La elaboración de los abonos orgánicos fermentados como el Bocashi se puede entender como un proceso de semi-descomposición aeróbica de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos que existen en los propios residuos, en condiciones controladas, que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición, capaz de nutrir las plantas a la vez que contribuye a la fertilidad del suelo. La composición química del Bocashi varía según los materiales utilizados en su elaboración (Ramos y Terry, 2014).

Los componentes y su constitución son aspectos básicos en la elaboración, ya que de ellos dependerá la velocidad de descomposición o tasa de mineralización gobernada por la actividad microbiológica y la posterior disponibilidad de nutrientes. Los principales componentes de los sustratos orgánicos son suelo, estiércol de ganado, ceniza, cal, melaza, residuos vegetales, levaduras, carbón y agua (Ramos y Terry, 2014).

Se considera, que el abono está listo cuando no se distinguen los residuos que fueron incorporados, la mezcla es uniforme y tiene un aspecto a tierra negra y esponjosa (Ramos *et al.*, 2014)

3.8.2 Composta

La composta es un abono orgánico, el cual se forma debido a la degradación de los materiales por acción microbiana, en este abono los materiales son acomodados en capas para posteriormente ser sujetos a un proceso de descomposición; los microorganismos que llevan a cabo la descomposición o también llamada mineralización de los materiales, ocurren de manera natural en el ambiente. Es el resultado de la mezcla de varios elementos orgánicos

como desechos de cocina, cascaras, ramas, hojas o excremento animal, que pasa por un proceso de descomposición (Orozco, 2014).

La composta mejora las características de los suelos, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana (Nieto *et al.*, 2002) y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (Rodríguez *et al.*, 2008).

3.8.3 Microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes son un grupo múltiples organismos que cumplen una función benéfica en los suelos y en los ciclos biogeoquímicos de diversas sustancias. Estos microorganismos viven de forma natural en el suelo y dentro de sus principales funciones es degradar y/o transformar materiales de modo que éstos puedan ser aprovechados por las plantas para nutrirse (Feijoo, 2016).

Dentro de estos microorganismos encontramos el grupo ácido láctico, bacterias fotosintéticas, grupo de actinomicetos y hongos, levaduras que tienen como función la fijación del nitrógeno atmosférico, descomposición de desechos orgánicos, supresión de patógenos en el suelo, reciclaje e incremento de nutrientes disponibles en el suelo, degradación de tóxicos incluyendo pesticidas, entre otros. El uso de los microorganismos eficientes en la agricultura ecológica tiene como objetivo el mejoramiento productivo y ambiental contribuyendo así al mejoramiento económico y social de las comunidades rurales (Feijoo, 2016).

IV. ESTUDIOS RELACIONADOS CON EL TEMA

Cuadro 1. Estudios relacionados con el tema

Nombre del trabajo	Año	Autores	Objetivo	Resultados
Influencia de los abonos orgánicos y biofertilizantes en	2005	Sánchez <i>et al.</i>	Evaluar la influencia de abonos orgánicos	Con los abonos composta y humus de lombriz los

la calidad de las especies medicinales Calendula officinalis L. y Matricaria recutita			en la calidad de las plantas medicinales	rendimientos de masa vegetal fueron superiores y mejoran la calidad de las plantas medicinales
Coumarin Derivatives from <i>Loeselia mexicana</i> : Determination of the Anxiolytic Effect of Daphnoretin on Elevated Plus-maze	2007	Navarro <i>et al.</i>	Observar si las Cumarinas derivadas de <i>Loeselia mexicana</i> presentan una acción ansiolítica	El extracto etanólico crudo de toda la planta mostró un efecto ansiolítico en ratones machos ICR
Actividad antibacteriana y antifúngica de <i>Justicia spicigera</i>	2012	Vega <i>et al.</i>	Determinar si <i>Justicia spicigera</i> posee actividad antibacteriana y antifúngica.	Los extractos etanólicos y su fracción hexánica de toda la planta seca inhibieron el crecimiento de microorganismos causantes de la disentería
Antidiabetic effects of <i>Justicia spicigera</i> Schltdl (Acanthaceae)	2012	Ortiz <i>et al.</i>	Evaluar la acción antidiabética del extracto etanólico de <i>Justicia spicigera</i>	El extracto etanólico de las hojas de <i>Justicia spicigera</i> estimulan la absorción de la glucosa en las células adiposas sensibles a la insulina
Plants used in the traditional medicine of Mesoamerica	2015	Alonso <i>et al.</i>	Identificar qué plantas utilizadas en la medicina tradicional	Se determinó que <i>Justicia spicigera</i> ha sido utilizada

(Mexico and Central America) and the Caribbean for the treatment of obesity			mesoamericana sirven para tratar la obesidad	para tratar la obesidad
Efectos de diferentes dosis de abono orgánico tipo bocashi en indicadores morfológicos y productivos del cultivo de pimiento (<i>Capsicum annum</i> L.) var. California Wonder	2015	Antomarchi <i>et al.</i>	Comparar el crecimiento de pimiento en suelo de monte y bocashi	El Bocashi favoreció la altura y cobertura del pimiento
Production of callus and roots from lateral meristems of <i>Loeselia mexicana</i>	2018	Aguirre y Martinez.	Evaluar si la combinación de citocininas y auxinas puede inducir el desarrollo in vitro de brotes, raíz o callo en la planta	La aplicación de hormonas presentó una respuesta favorable al producir callo verde con raíz en un tiempo de cinco semanas
Enraizantes Naturales en <i>Coffea canephora</i> var. <i>robusta</i> (L. Linden) A. Chev.	2019	Guamán <i>et al.</i>	Evaluar el enraizamiento de café con diferentes tratamientos	El porcentaje de enraizamiento con agua de lenteja fue bajo

V. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo responden dos especies de plantas medicinales (*Loeselia mexicana* (Lam.) Brand y *Justicia spicigera* Schldl.) a distintos métodos de propagación (sexual y asexual) y cómo se desarrollan con diferentes abonos orgánicos?

VI. HIPÓTESIS

Las plantas de espinosilla y de muicle se desarrollarán mejor con la aplicación de abonos orgánicos, que, en relación a la tierra de monte, dada la demanda de estas dos especies por macro y micronutrientes, necesario para producción de follaje y flores.

VII. JUSTIFICACIÓN

México es uno de los países más ricos en cuanto a diversidad de plantas medicinales y tradición ancestral, existe mucha información sobre el uso medicinal de plantas nativas de México, sin embargo, no existen suficientes estudios científicos sobre su propagación tanto de forma convencional como de forma orgánica y por esta razón es necesario estudiar la biología de estas especies y su propagación con el fin de generar planes de manejo para su producción. Aunado a este hecho se encuentra el uso de pesticidas y fertilizantes en la agricultura convencional, el cual es un problema que no solo afecta al medio ambiente y la salud del suelo, sino que también afecta la calidad de las plantas medicinales y por consecuencia tiene efectos en la salud o calidad de vida del hombre.

VIII. OBJETIVOS

8.1 Objetivo general

Evaluar la propagación y desarrollo de Espinosilla (*Loeselia mexicana*) y Muicle (*Justicia spicigera*) utilizando dos abonos orgánicos, con el fin de generar un plan de manejo.

8.2 Objetivos particulares

Propagar por semilla la espinosilla utilizando como abonos orgánicos: bocashi y composta

Propagar por esqueje el muicle utilizando dos abonos orgánicos: bocashi y composta

Determinar la calidad morfológica de las plantas a través de su altura, cobertura, TCR (tasa de crecimiento relativo e índice de Dickson) para las dos especies medicinales

IX. METODOLOGÍA

9.1 Elaboración de abonos orgánicos

Los abonos orgánicos bocashi y composta se elaboraron dentro del Centro de Capacitación en Agricultura Orgánica “Chimalxochipan” ubicado en el campo 2 de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

9.1.1 Bocashi

La elaboración del abono se realizó en un área sombreada bajo el siguiente procedimiento: sobre un plástico de 5X5m, se colocaron por capas los siguientes materiales, y en el siguiente orden: hojarasca, tierra, estiércol de caballo, salvado de trigo, carbón triturado con 1 cm de diámetro, levadura de pan y melaza, dolomita, zeolita, cal y leche (Cuadro 2). Los materiales se colocaron en conjuntos de tres capas, agregando agua, melaza, levadura, leche y los minerales ente ellas. Una vez colocadas todas las capas, se mezclaron todos los ingredientes, se aplicó agua hasta alcanzar una humedad de 65% (prueba del puño) y se procedió a tapar el abono con parte del plástico base (Fig. 1) (poner una foto). Durante la primera semana la pila de compostaje se volteó diariamente y se registró su temperatura. A los 28-30 días se terminó el composteo, se tamizó el bocashi, se etiquetó, se encostaló y se almacenó a la sombra, permaneciendo ahí hasta su uso.



Figura 1. Preparación de abono bocashi

Cuadro 2. Ingredientes para elaborar 100 kg de bocashi

Material	Cantidad
Hojarasca	10 kg
Melaza	4 l
Levadura	225 g
Tierra	30 kg
Salvado de trigo	18 kg
Cal	1 g
Roca fosfórica	1 g
Zeolita	1 g
Dolomita	1 g
Carbón	7.5 kg
Estiércol	10 kg
Restos de cocina	10 kg
Leche agria	2 l

9.1.2 Composta

La composta también se realizó en el área de composteo del Centro de Capacitación en Agricultura Orgánica “Chimalxochipan”, en una zona sombreada, sobre tierra, se colocaron capas sucesivas de materia orgánica (Restos de cocina) previamente picada (2.5-5cm), se agregó hojarasca, estiércol de caballo y suelo. Los ingredientes también se aplicaron por conjunto de tres capas intercaladas, y finalmente se hizo un riego hasta alcanzar un 60-65% de humedad y el montículo se tapó con una lona.

La composta se volteó una vez a la semana y se le adicionó agua siempre que fue necesario, para mantener siempre una humedad del 60-65%. Transcurridos cuatro a seis meses, una vez que la M.O está descompuesta totalmente, se dio por finalizado el proceso de composteo y se procedió a cernir la composta, etiquetarla y encostalarla.

9.1.3 Microorganismos eficientes

Para la elaboración de los microorganismos eficientes se tomó una muestra de tierra de monte adquirida en una zona conservada de Xochimilco, se colocó un puño de tierra junto con un gramo de levadura en un cuadro de tela de algodón y se amarró a forma de costal.

Por otro lado, en una cubeta se mezclaron dos litros de melaza con un litro de leche agria y dentro de esta mezcla se metió el costal hecho de tierra y levadura. Se tapó con tela de algodón y se dejó reposar durante dos semanas.

Una vez pasado este tiempo, se retiró el costal de tierra y levadura. El resultado se mezcló con 57 l de agua (resultando así 60 l en total) y se almacenó. De esta mezcla se tomó un litro y se mezcló con 19 l de agua, es decir que los tres litros iniciales rinden para 1200 l.

9.1.4 Análisis de los abonos orgánicos

Para realizar la calidad de los abonos orgánicos bocashi y composta se usó la siguiente metodología (NOM-021):

- pH: potenciométrico en relación a la muestra: agua, 1.5.
- Conductividad eléctrica (CE): puente de conductividad eléctrica en sucesión muestra: agua, 1.5.
- Materia orgánica (MO): por calcinación.
- Nitrógeno inorgánico (N): digerido con mezcla diácida y determinado por arrastre de vapor Kjeldahl.
- Fosforo (P): digerido con mezcla diácida y determinado por fotocolorimetría por reducción con molibdo-vanadato (Bray Kurtz)
- Potasio, Sodio (K, Na): digerido con mezcla diácida y determinado por espectrofotometría de emisión de flama.
- Calcio, Magnesio, Hierro, Cobre, Zinc, Manganeso (Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn): digeridos con mezcla diácida y determinado por espectrofotometría de absorción atómica.

- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): acetato de amonio 1.0 N ph 7.0 y determinado por arrastre de vapor.
- Boro (B): digerido con mezcla diácida y determinado por fotoclorimetría de azometina-H.
- Densidad aparente (DAP): método de la probeta.
- Carbono/ Nitrógeno (C:N): estimado por cálculo.

9.2 Germoplasma

Se utilizaron semillas de espinosilla (*Loeselia mexicana* (Lam.)Brand), para su propagación sexual, las cuales se recolectaron en el parque ecológico Yautlica en la Delegación Iztapalapa, Ciudad de México.

Para el muicle (*Justicia spicigera* Schltldl) se utilizaron estacas de tallo suave de 25 cm de largo, las cuales se recolectaron de diferentes individuos cultivados en el Centro Chimalxochipan, durante el mes de Agosto.

9.3 Propagación de espinosilla

9.3.1 Germinación de semillas de espinosilla y obtención de plántulas

Se realizaron pruebas de germinación en cajas Petri de 9 cm de diámetro. Las semillas se dividieron en tres grupos, un grupo de 100 semillas se remojó previamente en agua de lluvia (colectada en el vivero) durante 15 min, otro grupo de 100 semillas se remojó previamente en microorganismos eficientes elaborados en el vivero durante 15min y otro grupo de 100 semillas constituyó el testigo (semillas sin inmersión en agua).

Diariamente se registró el porcentaje y el tiempo medio de germinación, siguiendo el método de Maguire (1962) calculado como $M = \Sigma(n_i / t)$, donde n_i : número de semillas germinadas el i -ésimo día, y t : tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla (González y Orozco, 1996).

9.3.2 Emergencia de espinosilla en almácigos

En almácigos de 75 cavidades se colocaron las semillas de espinosilla (dos semillas por cavidad) para evaluar la emergencia de las semillas. Se utilizaron dos tratamientos: Suelo/Turba 50:50 y Suelo/Turba/Composta 50:25:25, diariamente se evaluó la emergencia hasta que durante 5 días no emergiera ninguna otra planta.

9.3.3 Crecimiento de espinosilla con abonos orgánicos composta y bocashi

Una vez obtenidas las plántulas de espinosilla, éstas se transplantaron a bolsas de plástico negro calibre 600 de 2 kg (25cm x 25cm), donde se evaluaron tres tratamientos: 1) tierra de monte 100%; 2) tierra de monte + composta 1:1 y 3) tierra de monte + bocashi 1:1, los sustratos se prepararon mezclando completamente y homogéneamente la tierra de monte, composta y bocashi según el tratamiento. El diseño experimental constó de 25 repeticiones por tratamiento.

Las unidades experimentales se colocaron al azar en una parcela a cielo abierto de 6X1 m durante el verano (agosto 2019). Se rotaron semanalmente para evitar diferencias en la incidencia de luz.

9.3.4 Variables de respuesta

Altura. Se tomó la altura de cada planta, con el apoyo de una cintra métrica o una regla desde la superficie del suelo hasta el ápice del tallo principal de la planta.

Cobertura. Se midió el diámetro de la cobertura de la copa de cada planta en cruz, y se calculó la cobertura con la fórmula del área basal del cilindro.

Diámetro del tallo principal. Se midió en el tallo principal de la planta a 5 cm por encima de la superficie del suelo. Esta medida se obtuvo con la ayuda de un Vernier

Número de flores. Se contabilizó el número de flores por planta

Tasa de crecimiento relativo (TCR). Se obtuvo restando el logaritmo natural de la altura final, menos el logaritmo natural de la altura inicial, dividiendo el resultado en tiempo final menos tiempo inicial (Leopold y Kriedeman, 1975).

$$TCR = \frac{(In\ Altura\ final - In\ Altura\ inicial)}{(t2 - t1)}$$

Biomasa peso seco de vástago y raíz. Después de seis meses de análisis del crecimiento de las plantas, éstas se cosecharon y se pesaron en fresco el tallo con ramas y hojas, al igual que la raíz después se secaron en una estufa a 70°C y se registró el peso seco tanto de la parte aérea como de la raíz y posteriormente se calculó la biomasa en peso seco.

Relación raíz/vástago: Se calculó con la siguiente formula

$$RAR = \frac{Peso\ seco\ aéreo\ (g)}{Peso\ seco\ radical\ (g)}$$

Índice de Dickson. Se determinó mediante el peso seco total de la planta (g), y la suma de la esbeltez y la relación raíz/vástago (Birchler *et al.*, 1998):

$$IDC = \frac{Peso\ seco\ de\ la\ planta\ (g)}{\left[\left(\frac{Altura}{Diámetro} \right) + \left(\frac{Peso\ seco\ de\ la\ parte\ aérea}{Peso\ seco\ de\ la\ raíz} \right) \right]}$$

9.4 Propagación de muicle.

9.4.1 Preparación del enraizador para las estacas de muicle

Se utilizó como enraizador agua de alpiste, la cual se obtuvo de la siguiente manera: se colocaron 500 g de alpiste remojando en 1.5 l de agua de lluvia (colectada en el vivero) durante 48hrs. Pasado este tiempo se retiró el agua y las semillas se colocaron en un recipiente hasta que germinaron, y posteriormente se molieron en 1.5 l de agua, dejando reposar la mezcla durante 12 horas.

Se colocaron 60 estacas a remojar en agua de lluvia (testigo) y 60 estacas en el macerado de alpiste en ambos casos durante dos horas. Posteriormente las estacas se colocaron en ocho envases de plástico transparentes de 1 l, separando las estacas de cada tratamiento (previamente etiquetados). Las unidades experimentales se distribuyeron al azar

en un bancal cubierto con plástico blanco lechoso de invernadero, para mantener una humedad relativa alta, que favoreciera el enraizamiento.

9.4.2 Porcentaje de enraizamiento

Se determinó el porcentaje y el tiempo medio de enraizamiento, tanto para las estacas del tratamiento con agua de alpiste y el testigo, para lo cual se revisaron las estacas semanalmente. El porcentaje final de enraizamiento se consideró, cuando ninguna estaca presentó emergencia de raíces después de 10 días de permanecer el último valor constante. Las estacas enraizadas se trasplantaron a sustrato de crecimiento según el tratamiento correspondiente.

9.4.3 Trasplante de estacas de Muicle a sustrato

Cada estaca de muicle enraizada (sin distinguir entre los tratamientos) se trasplantó a bolsas de plástico con dos tratamientos de sustrato: 1) Tierra de monte + composta 1:1; 2) Tierra de monte + bocashi 1:1; y 3) Testigo con tierra de monte al 100%. Cada uno con 10 repeticiones.

9.4.4 Variables de respuesta

Quincenalmente se evaluaron las siguientes variables de respuesta:

Altura. Se tomó la altura de cada planta, con el apoyo de una cintra métrica o una regla desde la superficie del suelo hasta el ápice del tallo principal de la planta.

Número de las ramas secundarias. Se contó el número de ramas secundarias que presentó cada estaca y se midió su longitud.

Número de hojas /rama. Se contó el número de hojas por rama que presentaron las estacas.

Número de brotes. Se contabilizó el número de brotes que presentaron las estacas.

Número de flores. Se contabilizó el número de flores por estaca.

Cobertura. Se midió el diámetro de la cobertura de la copa de cada planta en cruz, y se calculó la cobertura con la fórmula del área basal del cilindro.

Diámetro del tallo principal. Se midió en el tallo principal de la planta a 5 cm por encima de la superficie del suelo. Esta medida se obtuvo con la ayuda de un Vernier

Tasa de crecimiento relativo (TCR). Se obtuvo restando el logaritmo natural de la altura final, menos el logaritmo natural de la altura inicial, dividiendo el resultado en tiempo final menos tiempo inicial (Leopold y Kriedeman, 1975).

$$TCR = \frac{(In\ Altura\ final - In\ Altura\ inicial)}{(t2 - t1)}$$

Biomasa peso seco de vástago y raíz. Después de seis meses de análisis del crecimiento de las plantas, éstas se cosecharon y se pesaron en fresco el tallo con ramas y hojas, al igual que la raíz después se secaron en una estufa a 70°C y se registró el peso seco tanto de la parte aérea como de la raíz y posteriormente se calculó la biomasa en peso seco.

Índice de Dickson. Se determinó mediante el peso seco total de la planta (g), y la suma de la esbeltez y la relación parte aérea/ radical (Birchler *et al.*, 1998):

$$IDC = \frac{Peso\ seco\ de\ la\ planta\ (g)}{\left[\left(\frac{Altura}{Diámetro} \right) + \left(\frac{Peso\ seco\ de\ la\ parte\ aérea}{Peso\ seco\ de\ la\ raíz} \right) \right]}$$

9.5 Costos de producción

Se calculó por tratamiento, considerando los costos de los insumos más los costos de la mano de obra (Laporta, 2016).

El índice costo beneficio para cada tratamiento se calculó con los costos del precio de venta en el mercado y los costos de producción de cada tratamiento:

Índice beneficio/costo= precio de venta/ costo de producción.

Si $B/C \geq 1$ el tratamiento es rentable económicamente.

Si $B/C \leq 1$ el tratamiento no es rentable.

Si $B/C = 1$ no hay ganancias ni pérdidas.

9.6 Análisis estadístico

A los datos de altura, cobertura, diámetro del tallo, y tasa de crecimiento relativo (TCR) medidos en la Espinosilla y el Muicle bajo tres tratamientos, se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un sólo factor (tratamiento). Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa estadístico NCSS 2019 (NCSS 2019 Statistical Software (2019). NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA, ncss.com/software/ncss).

X. RESULTADOS

10.1 Composición nutrimental de los abonos orgánicos y la tierra de monte

Los abonos orgánicos y tierra de monte fueron evaluados en el departamento de suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo.

10.1.1 Composición nutrimental de tierra de monte (los resultados se compararon con la NOM 021)

De acuerdo a la composición nutrimental, la tierra de monte se considera de calidad baja (Lab. Central de análisis de suelo UACH) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición nutrimental de la tierra de monte

Características	Resultado	Unidades
pH	6.16	---
CE	0.22	dS m ⁻¹
M.O.	8.58	%
N- inorgánico	0.00128	%

P	0.00024	%
K	0.01433	%
Ca	0.2292	%
Mg	0.02359	%
Fe	0.00572	%
Cu	1.22	mg kg ⁻¹
Zn	3.11	mg kg ⁻¹
Mn	2.48	mg kg ⁻¹
B	1.35	mg kg ⁻¹
Dens. Apar.	0.88	g cm ⁻³
Textura	Franco-arenosa	---
Arena	59.73	%
Limo	35.3	%
Arcilla	5.0	%

*Los resultados presentados son el promedio de tres repeticiones.

10.1.2 Composición nutrimental del abono composta

La composta analizada es de calidad media alta de acuerdo al Laboratorio Central de Suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Composición del abono composta

Características	Resultado	Unidades
pH	7.58	---
CE	4.33	dS m ⁻¹
M.O.	34.98	%
N- inorgánico	1.61	%
P	0.15	%
K	0.41	%
Na	0.23	%
Ca	1.43	%

Mg	0.71	%
CIC	54.73	Cmol ₍₊₎ kg ⁻¹
Fe	0.23	%
Cu	15.73	mg kg ⁻¹
Zn	86.46	mg kg ⁻¹
Mn	60.33	mg kg ⁻¹
B	216.36	mg kg ⁻¹
Dens. Apar.	0.76	g cm ⁻³
C:N	16.4	---

*Los resultados presentados son el promedio de tres repeticiones.

10.1.3 Composición nutrimental del abono bocashi

El bocashi analizado es de calidad alta de acuerdo con el Laboratorio Central de Suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo, (Cuadro 5).

Cuadro 5. Composición nutrimental del abono bocashi

Características	Resultado	Unidades
pH	7.9	---
CE	4.82	dS m ⁻¹
M.O.	45.36	%
N- inorgánico	1.05	%
P	0.55	%
K	0.42	%
Na	0.42	%
Ca	0.92	%
Mg	0.39	%
CIC	50.0	Cmol ₍₊₎ kg ⁻¹
Fe	0.37	%
Cu	36.8	mg kg ⁻¹
Zn	107.4	mg kg ⁻¹

Mn	90.96	mg kg ⁻¹
B	85.76	mg kg ⁻¹
Dens. Apar.	0.43	g cm ⁻³
C:N	36.1	---

*Los resultados presentados son el promedio de tres repeticiones.

10.2 Espinosilla

10.2.1 Propagación sexual de espinosilla

10.2.1.1 Germinación media diaria

La germinación media diaria, presentó la misma tendencia para los diferentes tratamientos, el porcentaje máximo de semillas germinadas (50%-65%), se presentó entre tres y cuatro días, posteriormente el número de semillas germinadas por día descendió hasta que no se registró ninguna semilla más germinada (Fig. 2).

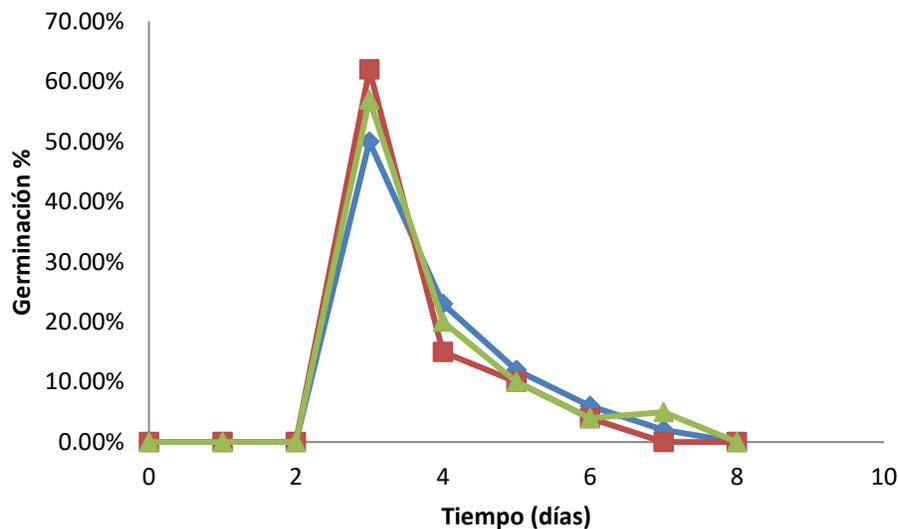


Figura 2. Germinación de semillas con diferentes tratamientos de precondicionamiento (n= 25)

Sin remojo — T; Remojo en una solución de microorganismos eficientes (M.E) — T1;
Remojo en agua de lluvia — T2

10.2.1.2 Germinación acumulada

Los tratamientos (microorganismos eficientes y agua de lluvia) y el testigo (sin remojo) no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), las semillas presentaron un alto porcentaje de germinación con y sin tratamiento pregerminativo (93%) (Fig. 3).

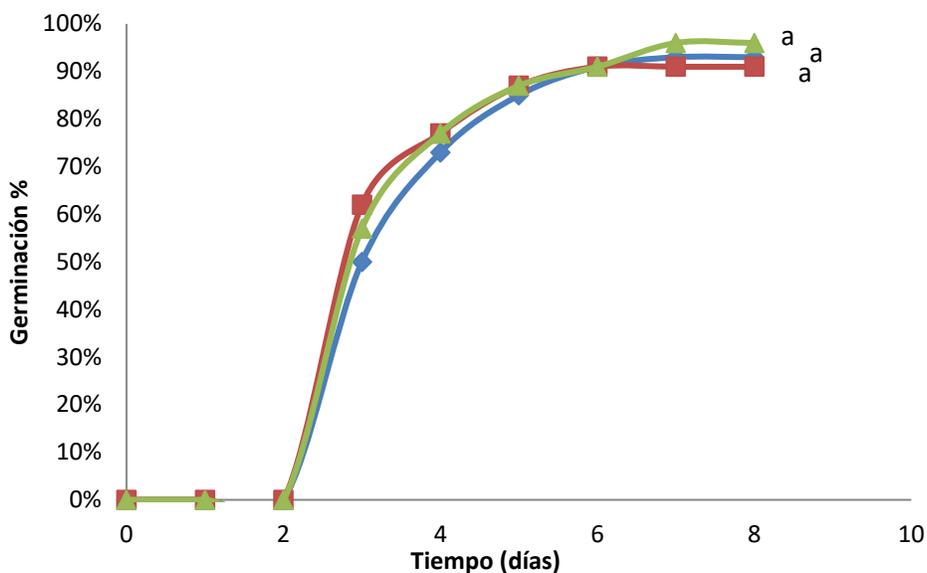


Figura 3. Germinación acumulada de semillas de espinosilla con diferentes tratamientos pregerminativos (n=25)

Sin remojo — T; Remojo en M.E — T1; Remojo en agua de lluvia — T2

10.2.1.3 Tiempo medio de germinación

El índice indica el tiempo promedio en que germinan las semillas de espinosilla. Las semillas remojuadas en agua de lluvia durante 15 minutos germinaron más rápido en comparación a los demás tratamientos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tiempo medio de germinación para las semillas de espinosilla (n=25)

Tratamiento	$n_i t_i$	N	TMG
Testigo	87	23	3.78
Tratamiento 1	82	22	3.72
Tratamiento 2	88	24	3.66

* $n_i t_i$ (número de semillas germinadas por día x número de días después de la siembra); N (Total de semillas germinadas); TMG(Tiempo medio de germinación); Testigo (Sin remojo previo); Tratamiento 1 (Remojo en solución de microorganismos eficientes); Tratamiento 2 (Remojo en agua de lluvia)

10.2.1.4 Tiempo medio de germinación al 25, 50, 75 y 96%

El tratamiento 1 (remojo de la semilla en ME) fue el que alcanzó primero el 25,50, 75 y 96% de germinación entre uno y 4.5 días en promedio, el tratamiento 2 (remojo de las semillas en agua de lluvia) presentó valores intermedios y el testigo fue el que tardó más en germinar y alcanzar estos valores en un tiempo entre 1.5 y 6 días (Fig. 4).

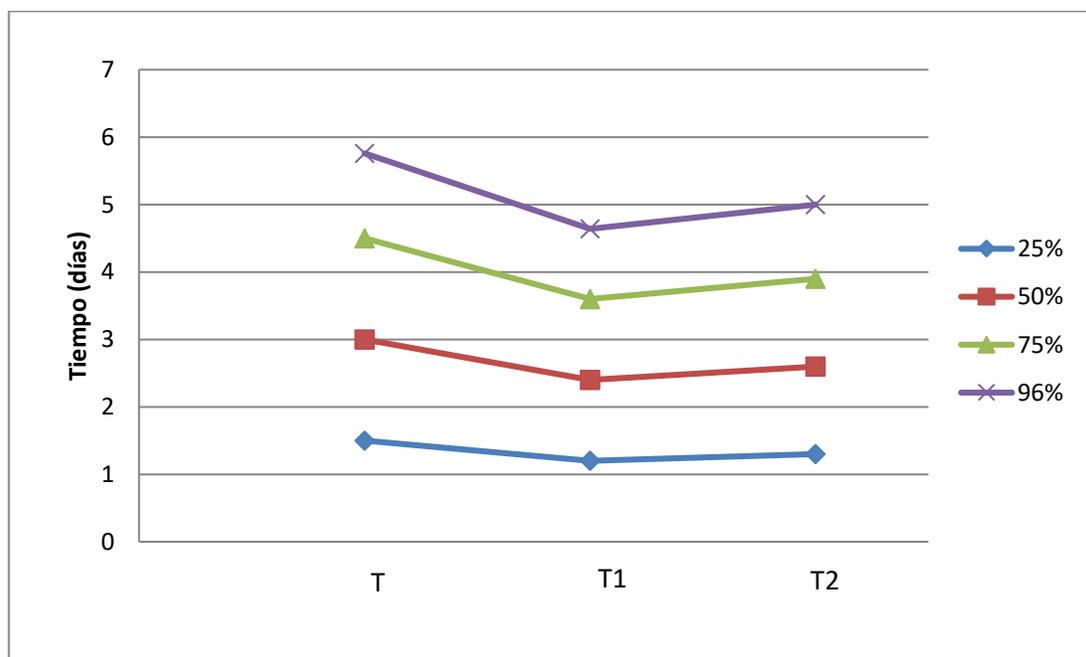


Figura 4. Tiempo medio de germinación de semillas para 25, 50, 75 y 96% (n=25)

10.2.1.5 Emergencia de plántulas en almácigo

El testigo presentó un porcentaje de emergencia mayor (73%), en comparación al tratamiento con composta (58%) (Fig 5).

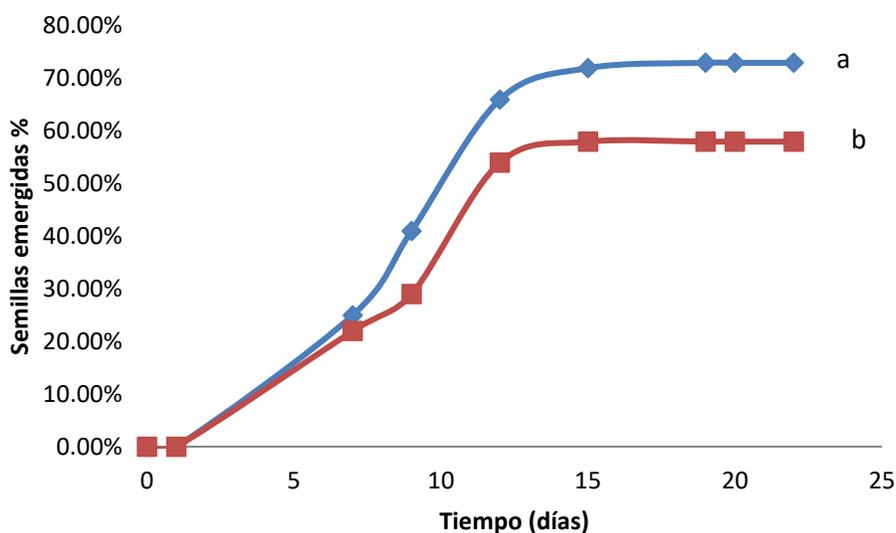


Figura 5. Curva de emergencia de semillas de espinosilla (n=75)

Suelo/Turba 50:50 — T; Suelo/Turba/Composta 50:25:25 — T1

10.2.1.6 Tiempo medio de emergencia

El tiempo medio de emergencia del testigo fue similar al del tratamiento con composta, con un promedio de cerca de 10 días (Cuadro 7).

Cuadro 7. Tiempo medio de emergencia de semillas de espinosilla (n=75)

Tratamiento	n _{ti}	N	TME (días)
Suelo/Turba	548	55	9.96
Suelo/Turba/Composta	443	44	10.06

* $n_i t_i$ (número de semillas emergidas por día x número de días después de la siembra); N (Total de semillas sembradas); TME (Tiempo medio de emergencia)

10.2.2 Variables morfológicas

10.2.2.1 Altura

La altura no presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos de bocashi y composta, pero si con la tierra de monte (testigo) donde las plantas tuvieron menor tamaño (Fig. 6).

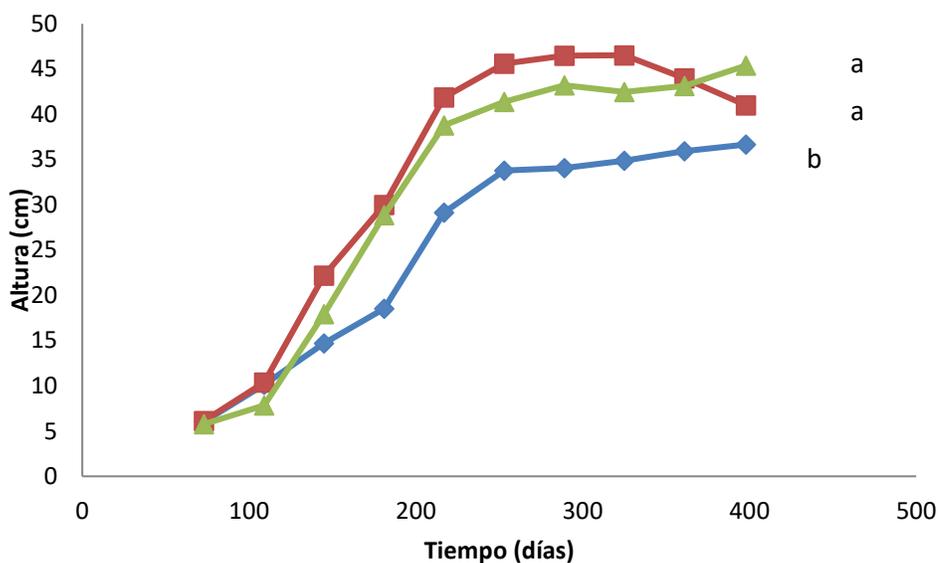


Figura 6. Altura promedio de las plantas de espinosilla por tratamiento en relación al tiempo (n=15)

Tierra de monte — T; Tierra de monte/Bocashi 50:50 — T1; Tierra de monte/Composta 50:50 — T2

10.2.2.2 Cobertura

Los tratamientos con abonos orgánicos presentaron diferencias con el testigo (tierra de monte) ($P \leq 0.05$), la cobertura se incrementó un 32% en relación al testigo (Fig 7).

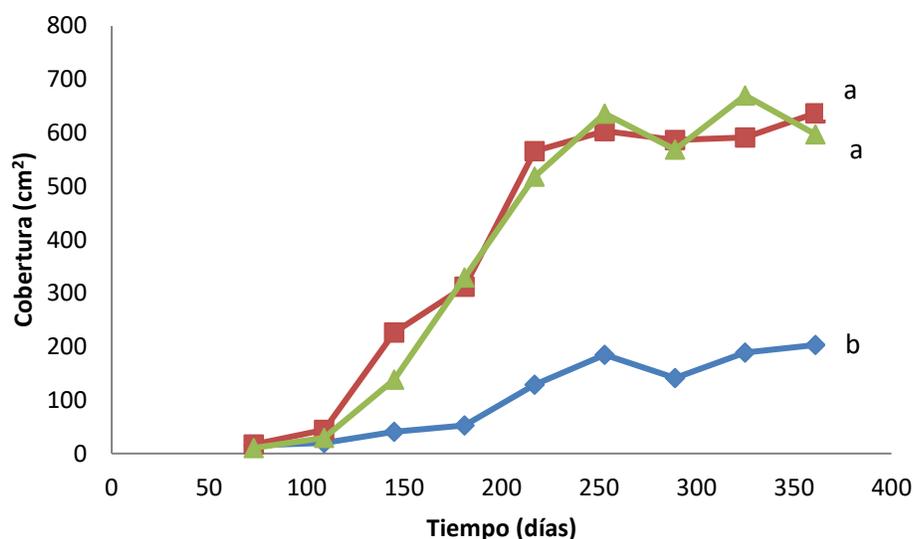


Figura 7. Cobertura promedio de las plantas de espinosilla por tratamiento en relación al tiempo (n=15)

Tierra de monte — T; Tierra de monte/Bocashi 50:50 — T1; Tierra de monte/Composta 50:50 — T2

10.2.2.3 Diámetro del tallo

El diámetro del tallo no presentó diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos de bocashi y composta, sin embargo, si presentó diferencias significativas con el testigo, su diámetro se incrementó un 44% más que en relación al testigo (Fig. 8).

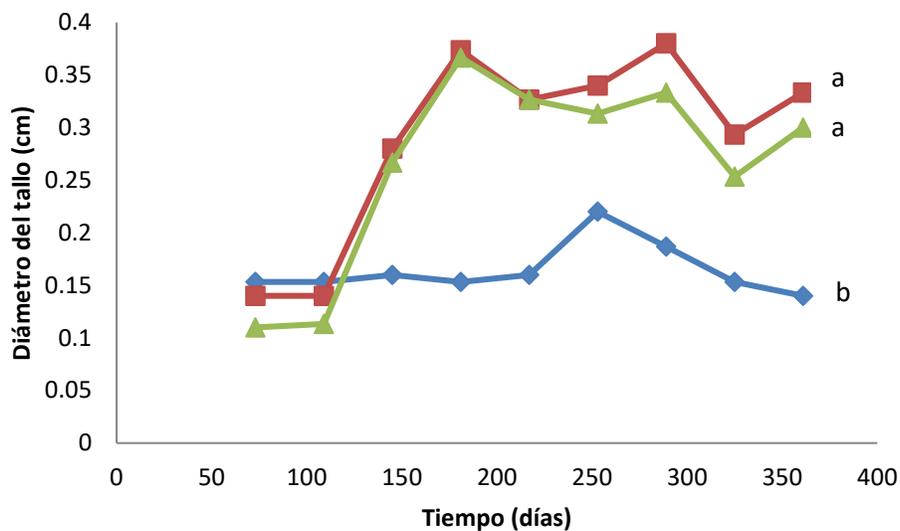


Figura 8. Diámetro del tallo promedio de las plantas de espinosilla por tratamiento en relación al tiempo (n=15)

Tierra de monte — T; Tierra de monte/Bocashi 50:50 — T1; Tierra de monte/Composta 50:50 — T2

10.2.2.4 Tasa de crecimiento relativo

La TCR no presentó diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre el tratamiento de bocashi (0.0047 cm^{-1}) y el tratamiento con composta (0.0051 cm^{-1}), pero si con el tratamiento con tierra de monte (0.0045 cm^{-1}) (Fig. 9).

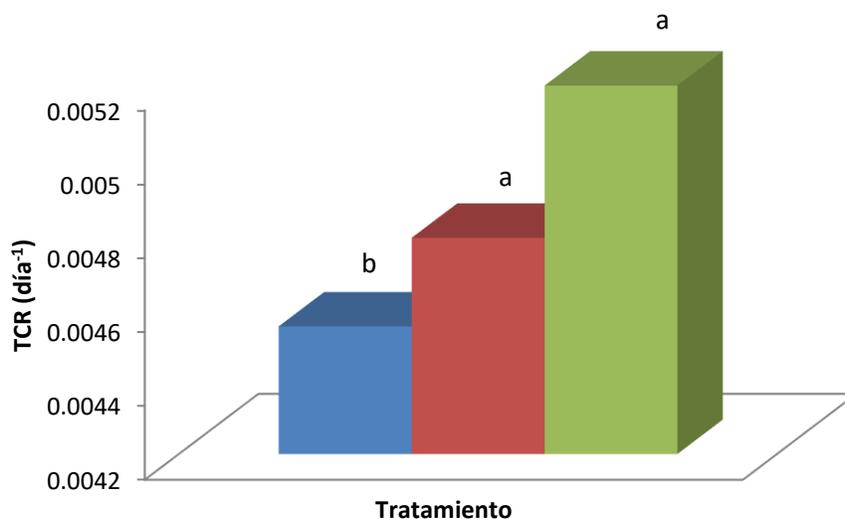


Figura 9. Tasa de crecimiento relativo de las plantas de espinosilla por tratamiento en relación al tiempo (n=15)

Tierra de monte — T; Tierra de monte/Bocashi 50:50 — T1; Tierra de monte/Composta 50:50 — T2

10.2.2.5 Número de flores

El número de flores presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos con abonos y el testigo con tierra de monte.

Las flores presentaron el mismo patrón en los tratamientos de bocashi, composta y tierra de monte (Figura 10).

En los tres tratamientos se presentó la floración a partir del día 200 de vida de las plantas, el testigo alcanzó su punto máximo a los 250 días comenzando a descender después de esta fecha, mientras que los tratamientos de bocashi y composta alcanzaron su punto máximo aproximadamente a los 280 días y a partir de esta fecha comenzó a descender el número de flores. Aproximadamente a los 325 días ya no hubo presencia de flores (Figura 10).

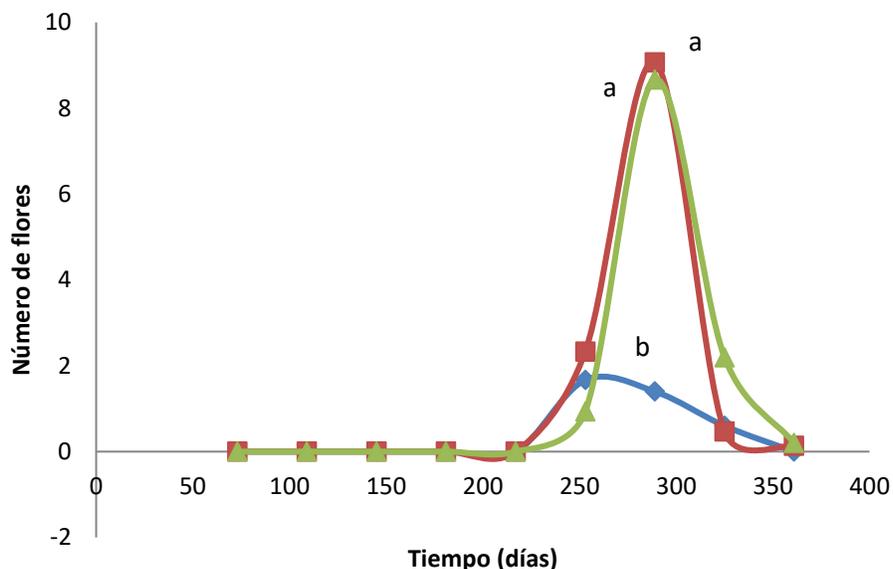


Figura 10. Número de flores promedio de las plantas de espinosilla por tratamiento en relación al tiempo (n=15)

Tierra de monte — T; Tierra de monte/Bocashi 50:50 — T1; Tierra de monte/Composta 50:50 — T2

10.2.2.6 Número de ramas

Los tratamientos presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). El tratamiento con composta presentó un mayor número de ramas y el tratamiento con suelo de monte presentó el valor más bajo.

A partir del día 217 comenzó la aparición de nuevas ramas en las plantas de espinosilla. Durante su tiempo de vida la espinosilla presenta un periodo en el que sus hojas y ramas se secan, debido a esto se presentan altos y bajos y en el número de ramas. El tratamiento de composta fue el que se recuperó más rápidamente de este periodo, mientras que el tratamiento con tierra de monte presentó una disminución en el número de ramas hasta el último día de registro debido al quiebre de sus ramas secas (Fig. 11).

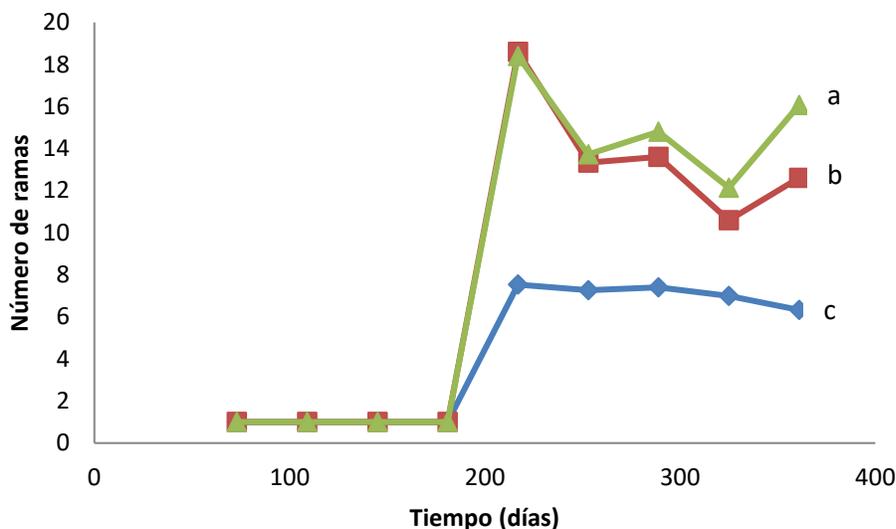


Figura 11. Número de ramas promedio de las plantas de espinosilla por tratamiento en relación al tiempo (n=15)

Tierra de monte — T; Tierra de monte/Bocashi 50:50 — T1; Tierra de monte/Composta 50:50 — T2

10.2.2.7 Biomasa

La biomasa presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tres tratamientos. El tratamiento con composta presentó la mayor biomasa seca y fresca, mientras que el testigo presentó los valores más bajos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Atributos de la biomasa en las plantas de espinosilla

Tratamiento	BFV (g)	BSV (g)	BFR (g)	BSR (g)	Biomasa fresca (g)	Biomasa total seca (g)	Biomasa total (g)
T^c	17.46	5.04	13.93	4.84	31.4	9.88	36.73
T1^b	28.33	11.59	41.26	18.87	69.6	30.47	100.93

T2^a	57.4	18.44	56.53	17.75	113.93	36.20	152.43
-----------------------	------	-------	-------	-------	--------	-------	--------

*T(Tierra de monte); T1(Tierra de monte+ bocashi); T2 (Tierra de monte + composta).
 BFV(Biomasa fresca vástago); BSV(Biomasa seca vástago); BFR(Biomasa fresca raíz);BSR(Biomasa seca raíz)



Figura 12. Vástago seco de las plantas de espinosilla por tratamiento a los 350 días de edad

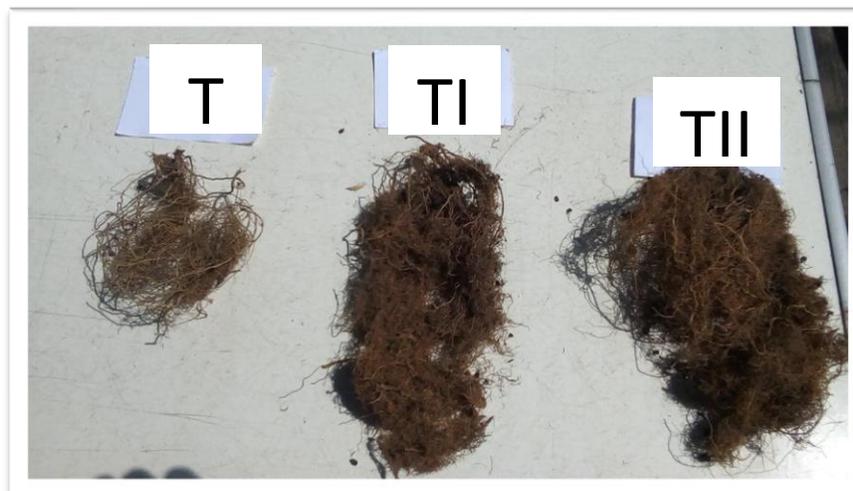


Figura 13. Raíz seca de plantas de espinosilla por tratamiento a los 350 días de edad

10.2.2.8 Índice de Dickson

Los tres tratamientos presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). El tratamiento con composta presentó el mayor valor, seguido del tratamiento con bocashi. El tratamiento de tierra de monte presentó el valor más bajo (Fig 14).

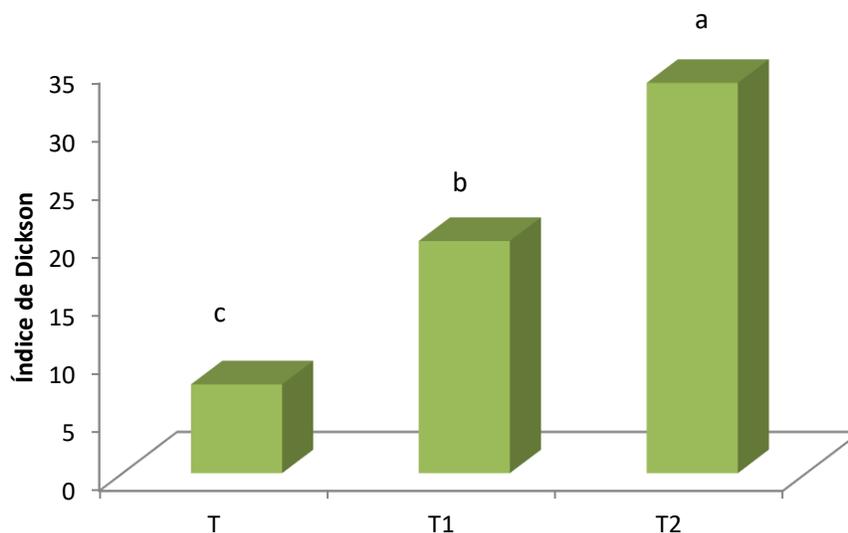


Figura 14. Índice de Dickson para los diferentes tratamientos en las plantas de espinosilla

10.2.3 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (ACP) explicó el 82.96 % de la varianza total y ordenó distintamente a los tratamientos; las variables del suelo de mayor carga en el componente 1 (66.58%) fueron las variables pH, MO, Pi, K, Ca y Mg separando a los tratamientos Bocashi y composta del tratamiento testigo (Fig 15).

El segundo componente, explicó sólo el 16.37 % de la varianza restante, y las variables del suelo de mayor carga fueron el Cu y el B (Fig 15).

De esta manera el ACP ordenó y separó a T1 (Bocashi) y T2 (Composta) de T (Testigo) por contener mayor cantidad de MO que tiene influencia en el pH. Asimismo, en

el tratamiento T1 las plantas presentan mejores características como mayor número de flores, altura y cobertura relacionado con la concentración de Cu en relación con el tratamiento T2 con plantas de mayor BSR, BFR, TCR y Biomasa FV asociado a mayor concentración de B (Fig 15).

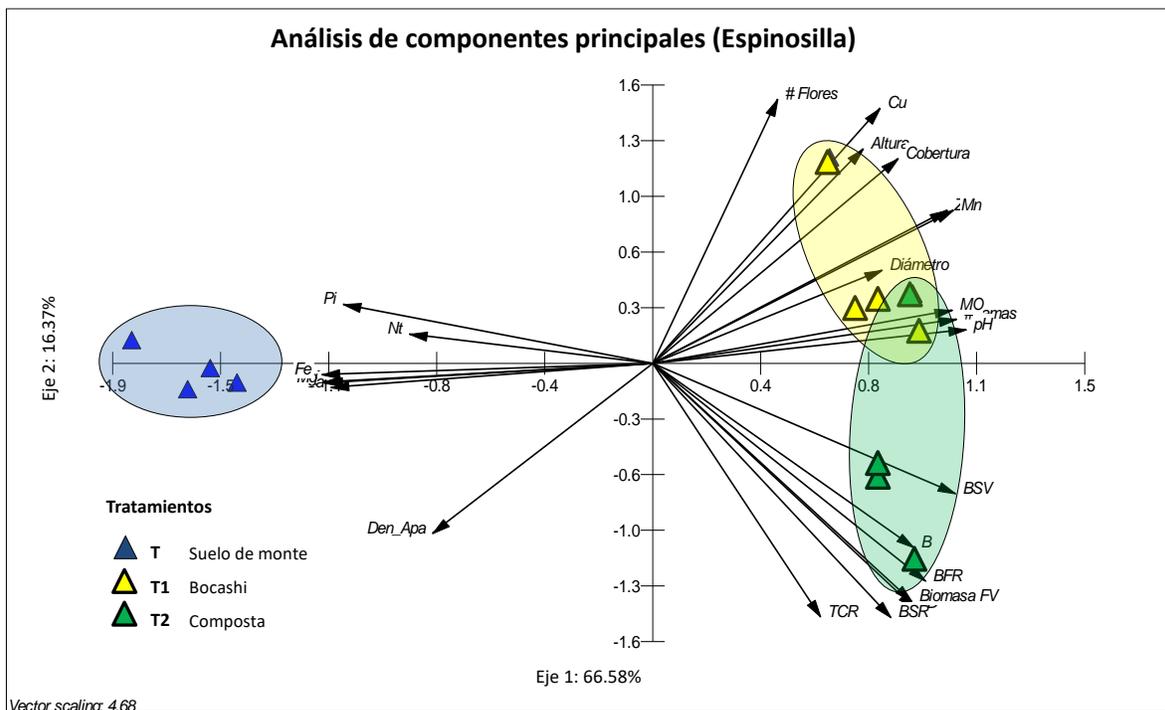


Figura 15. Análisis de componentes principales (ACP) para la composición nutricional de los abonos orgánicos y la tierra de monte vs. las variables de calidad morfológica para las plantas de espinosilla

10.2.4 Costos de producción de plantas de espinosilla

10.2.4.1 Cultivo de espinosilla en tierra de monte

Producir 15 plantas de espinosilla con tierra de monte tiene un costo de \$935.95 pesos (Cuadro 10). El costo de producción es para plantas de 325 días con aproximadamente 40 cm de altura. El costo de producir una planta de espinosilla fue de \$62.3. Tomando en cuenta que el precio de una planta de espinosilla de este tamaño en el mercado tiene un precio de \$80, la ganancia sería de \$17.7.

El índice beneficio/costo nos da un valor de 1.284, lo cual nos indica que el tratamiento es rentable económicamente.

Cuadro 10. Costos de producción para tratamiento testigo

Insumos	Cantidad	Precio unitario \$M.N	Costo total \$M.N
Tierra de monte (kg)	30	0.5	15
Bolsas (pza)	15	1	15
Semillas (pza)	15	0.5	7.5
Mano de obra (hrs)	70	12.835	898.45
Total			935.95
Costo unitario por planta			62.3

10.2.4.2 Cultivo de espinosilla en tierra de monte/bocashi

Producir 15 plantas de espinosilla con tierra de monte y bocashi tiene un costo de \$976.15 pesos (Cuadro 11). El costo de producción es para plantas de 325 días con aproximadamente 41cm de altura. El costo de producir una planta de espinosilla con este tratamiento fue de \$65.07 y se obtienen 598.6g de materia aprovechable (parte aérea). Tomando en cuenta que el precio de una planta de espinosilla de este tamaño en el mercado tiene un precio de \$100, la ganancia sería de \$34.93.

El índice beneficio/costo nos da un valor de 1.536, lo cual nos indica que el tratamiento es rentable económicamente.

Cuadro 11. Costos de producción para tratamiento con bocashi

Insumos	Cantidad	Precio unitario	Costo total
----------------	-----------------	------------------------	--------------------

		\$M.N	\$M.N
Tierra de monte	15	0.5	7.5
(kg)			
Bolsas (pza)	15	1	15
Bocashi (kg)	15	3.18	47.7
Semillas (pza)	15	0.5	7.5
Mano de obra	70	12.835	898.45
(hrs)			
Total			976.15
Costo unitario por planta			65.07

10.2.4.3 Cultivo de espinosilla en tierra de monte/composta

Producir 15 plantas de espinosilla con tierra de monte y composta tiene un costo de \$973.45 pesos (Cuadro 12). El costo de producción es para plantas de 325 días con aproximadamente 45cm de altura. El costo de producir una planta de espinosilla con este tratamiento fue de \$64.89 y se obtienen 1,136.6 g de materia aprovechable (parte aérea). Tomando en cuenta que el precio de una planta de espinosilla de este tamaño en el mercado tiene un precio de \$100, la ganancia sería de \$35.11

El índice beneficio/costo nos da un valor de 1.541 lo cual nos indica que el tratamiento es rentable económicamente.

Cuadro 12. Costos de producción para tratamiento con composta

Insumos	Cantidad	Precio unitario	Costo total
		\$M.N	\$M.N
Tierra de monte	15	0.5	7.5
(kg)			
Composta (kg)	15	3	45

Bolsas (pza)	15	1	15
Semillas (pza)	15	0.5	7.5
Mano de obra (hrs)	70	12.835	898.45
Total			973.45
Costo unitario por planta			64.89

10.3 Muicle

10.3.1 Propagación asexual

10.3.1.1 Enraizamiento

El porcentaje de enraizamiento del tratamiento con agua de alpiste fue mayor estadísticamente (100%) al testigo con agua de lluvia (90%) (Fig. 16).

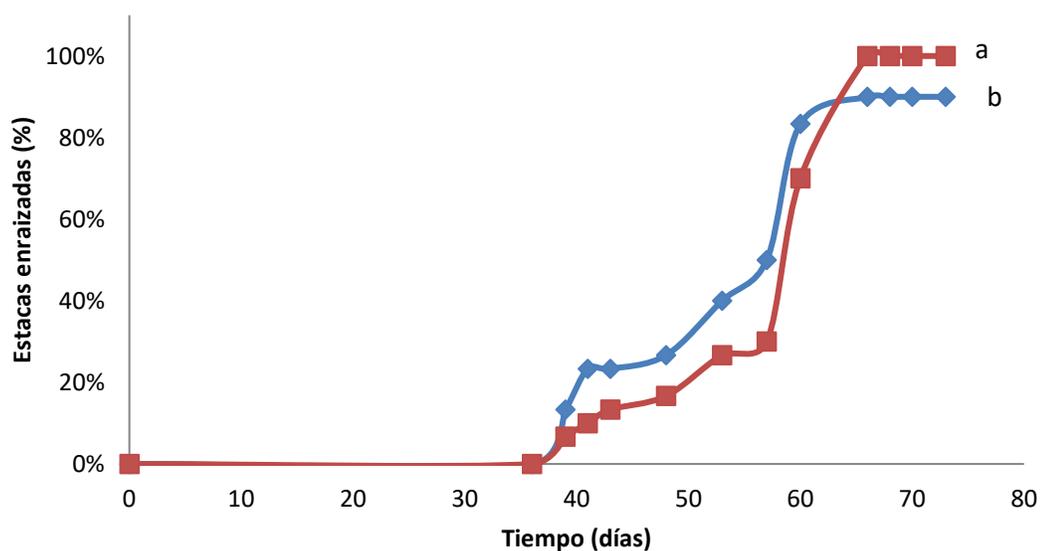


Figura 16. Curva de enraizamiento de estacas de Muicle con agua de lluvia y agua de alpiste (n=30)

Agua de lluvia — T; Agua de alpiste — T1

10.3.1.2 Tiempo y porcentaje medio de enraizamiento

El testigo con agua de lluvia presentó un tiempo menor de enraizamiento en comparación al tratamiento con agua de alpiste; sin embargo, el tratamiento con agua de alpiste obtuvo un 10% más de estacas enraizadas que el testigo (Cuadro 9).

Cuadro 9. Tiempo medio de enraizamiento de estacas de muicle (n=30)

Tratamiento	n _i t _i	N	TME (días)	% de estacas enraizadas
Agua de lluvia	1345	27	49.81	90%
Agua de alpiste	1616	30	53.86	100%

*n_it_i (número de semillas enraizadas por día x número de días después de la siembra); N (Total de estacas); TME (Tiempo medio de enraizamiento)

10.3.2 Variables morfológicas

10.3.2.1 Altura

Los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre ellos. El tratamiento con composta fue el que presentó la mayor altura (35 cm), y el testigo presentó el valor más bajo (24.5cm) (Fig. 17).

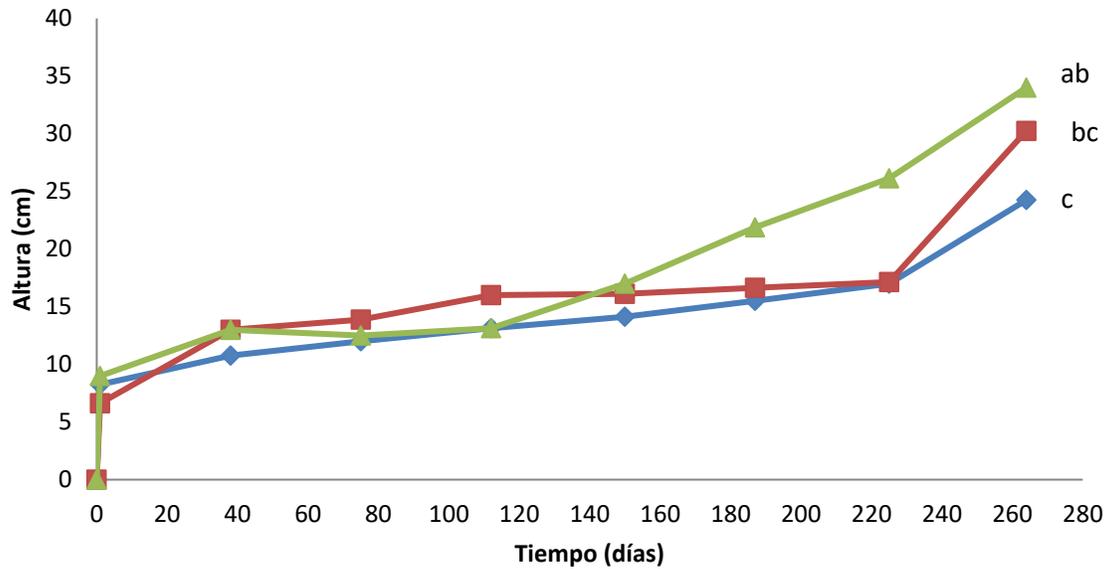


Figura 17. Altura promedio de estacas de muicle por tratamiento en relación al tiempo (n=8)

Tierra de monte — T; Tierra de monte/Bocashi 50:50 — T1; Tierra de monte/Composta 50:50 — T2

10.3.2.2 Cobertura

La cobertura de las estacas de muicle presentó el mismo comportamiento que la altura, los tratamientos tuvieron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre ellos. La cobertura osciló entre 220.8 y 545 cm². El tratamiento con composta presentó la mayor cobertura, mientras que el testigo presentó el valor más bajo (Fig. 18).

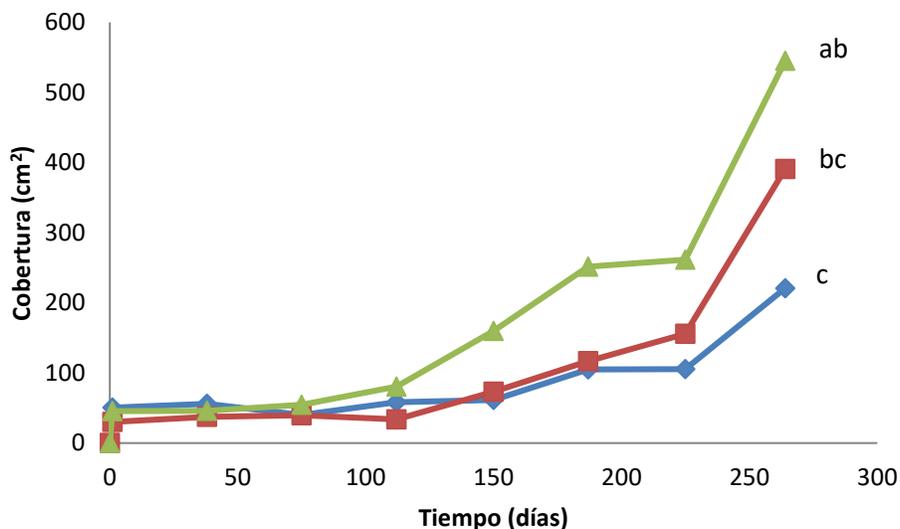


Figura 18. Cobertura promedio de estacas de muicle por tratamiento en relación al tiempo(n=8)

Tierra de monte — T; Tierra de monte/Bocashi 50:50 — T1; Tierra de monte/Composta 50:50 — T2

10.3.2.3 Número de brotes

El número de brotes presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$), el tratamiento con composta (T2), presentó el mayor número de brotes (5.8), en relación a los tratamientos con bocashi (2.8) y tierra de monte (1.3), los cuales presentaron valores menores al de la composta, e iguales entre sí (sin diferencias estadísticas entre ellas; $p \geq 0.05$) (Figura 19).

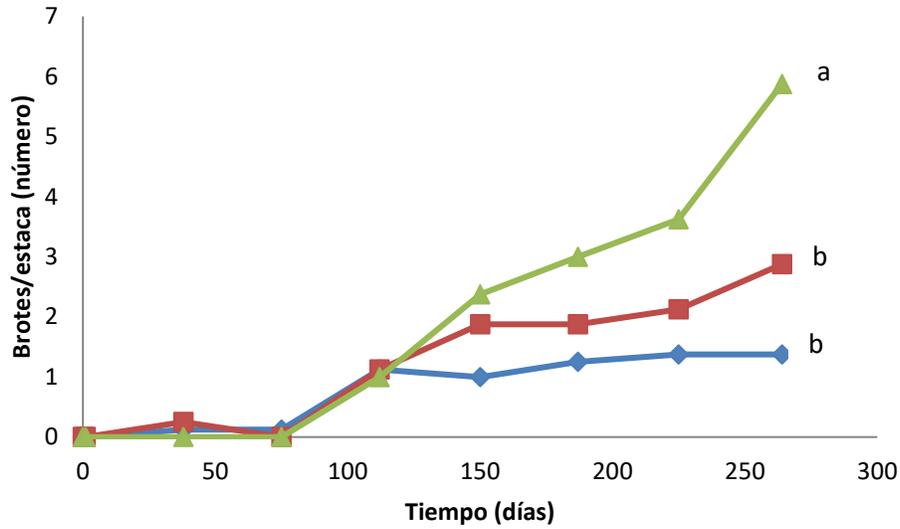


Figura 19. Número de brotes promedio por estaca de muicle por tratamiento (n=8)

Tierra de monte — T; Tierra de monte/Bocashi 50:50 — T1; Tierra de monte/Composta 50:50 — T2

10.3.2.4 Número de flores

Durante el experimento, el único tratamiento que presentó flores fue el tratamiento con composta a los 120 días después del enraizamiento (Fig. 20).

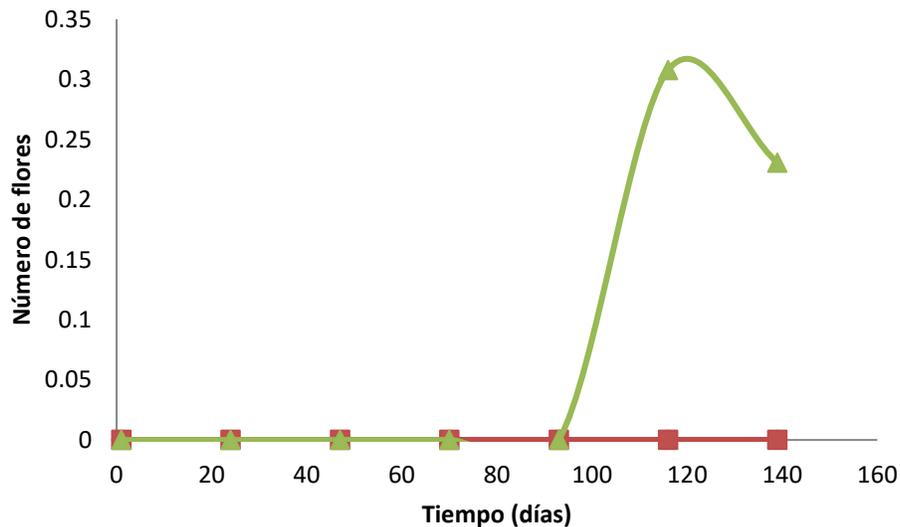


Figura 20. Número de flores promedio en estacas de muicle conforme el tiempo por tratamiento (n=13)

Tierra de monte T; Tierra de monte/Bocashi 50:50 T1; Tierra de monte/Composta 50:50 T2

10.3.2.5 Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

La TCR presentó diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos. Los tratamientos con composta y bocashi presentaron el valor más alto, mientras que el tratamiento con tierra de monte presentó el valor más bajo. Los tratamientos con bocashi y composta tuvieron un valor 20% más alto en relación al testigo con tierra de monte (Figura 21).

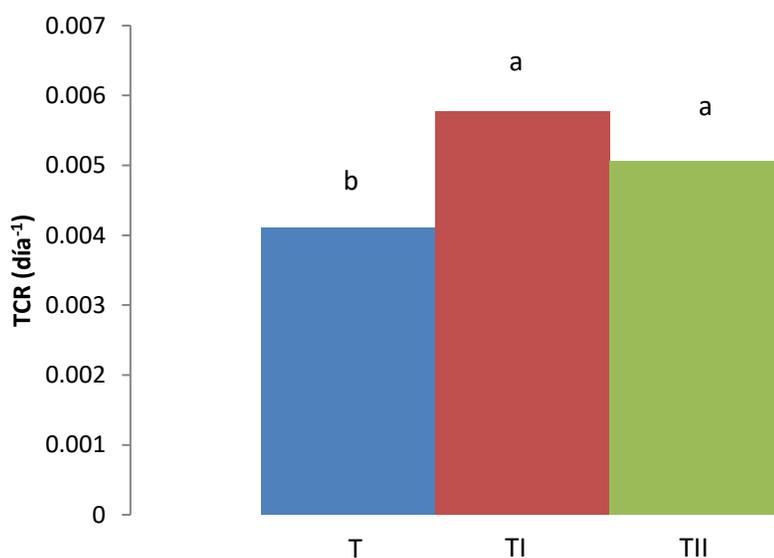


Figura 21. Número de flores promedio en estacas de muicle por tratamiento (n=8)

Tierra de monte T; Tierra de monte/Bocashi 50:50 T1; Tierra de monte/Composta 50:50 T2

10.4 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales explicó el 78.2 % de la varianza total y ordenó distintamente a los tratamientos; las variables del suelo de mayor carga en el componente 1 (66.58%) fueron las variables pH, MO, Pi, Nt, K, Ca y Mg separando a los tratamientos Bocashi (T1) y composta (T2) del tratamiento testigo (T) (Fig 122).

El segundo componente explicó sólo el 14.7 % de la varianza restante, las variables del suelo de mayor carga fueron el Cu y el B (Fig 22).

De esta manera el ACP ordenó y separó a T1 (Bocashi) y T2 (Composta) de T (Testigo) por contener mayor cantidad de MO que tiene influencia en el pH y micronutrientos como el Zn. Asimismo, en el tratamiento T2 las plantas presentan mejores características como mayor número de flores, altura y cobertura relacionado con la concentración de B en relación con el tratamiento T1 asociado a mayor concentración de Mn, Mo y Cu pero menor concentración de B (Fig 22).

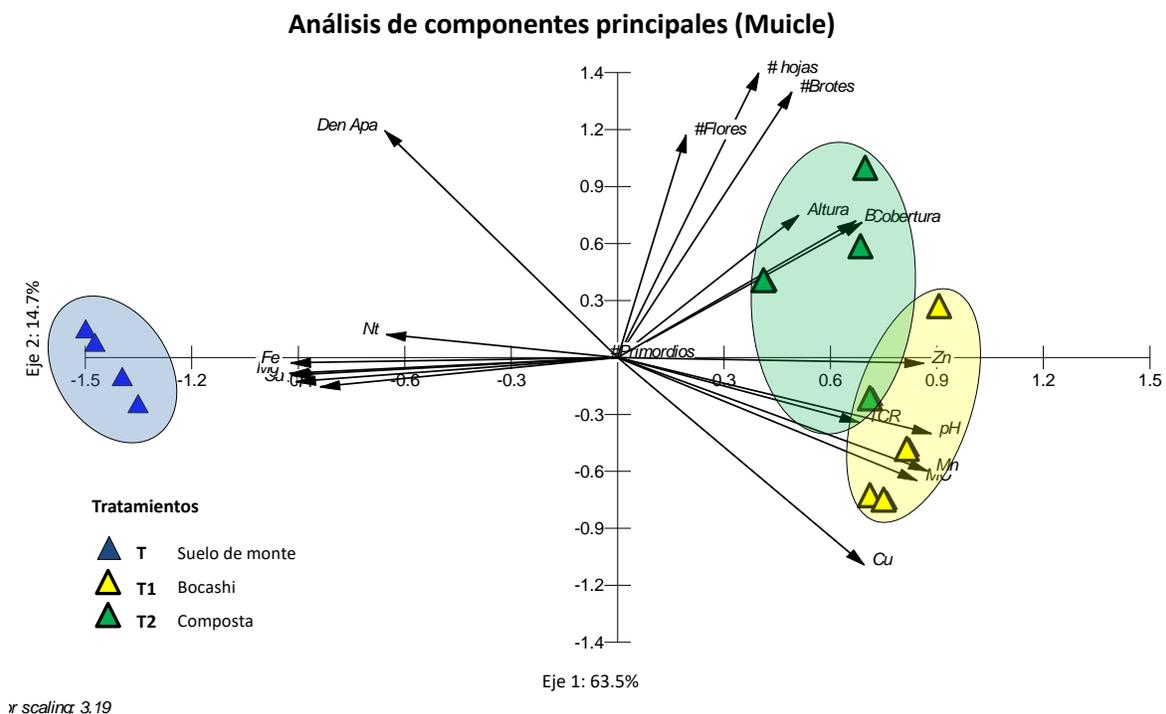


Figura 22. Análisis de componentes principales (ACP) para la composición nutrimental de los abonos orgánicos y la tierra de monte vs. las variables de calidad morfológica de las plantas de muicle

10.5 Costos de producción de estacas de Muicle

10.5.1 Estacas de muicle en tierra de monte

Producir ocho estacas de muicle con tierra de monte tiene un costo de \$529.4 pesos (Cuadro 13). El costo de producción es para plantas de 140 días con aproximadamente 25 cm de altura. El costo de producir una estaca de muicle con este tratamiento fue de \$66.17. El precio en el mercado de una planta de muicle es de \$70.

El índice beneficio/costo nos da un valor de 1.056 lo cual nos indica que con este tratamiento no hay ganancias ni pérdidas.

Cuadro 13. Costos de producción para tratamiento testigo

Insumos	Cantidad	Precio unitario	Costo total
		\$M.N	\$M.N
Tierra de monte (kg)	16	0.5	8
Bolsas (pza)	8	1	8
Mano de obra (hrs)	40	12.835	513.4
Total			529.4
Costo unitario por estaca			66.17

10.5.2 Estacas de muicle en tierra de monte y bocashi

Producir ocho estacas de muicle con tierra de monte y bocashi tiene un costo de \$550.84 pesos (Cuadro 14). El costo de producción es para plantas de 140 días con aproximadamente 30 cm de altura. El costo de producir una estaca de muicle con este tratamiento fue de \$68.85. El precio en el mercado de una planta de muicle es de \$70.

El índice beneficio/costo nos da un valor de 1.016 lo cual nos indica que con este tratamiento no hay ganancias ni pérdidas.

Cuadro 14. Costos de producción para tratamiento con bocashi

Insumos	Cantidad	Precio unitario \$M.N	Costo total \$M.N
Tierra de monte (kg)	8	0.5	4
Bocashi (kg)	8	3.18	25.44
Bolsas (pza)	8	1	8
Mano de obra (hrs)	40	12.835	513.4
Total			550.84
Costo unitario por estaca			68.85

10.5.3 Estacas de muicle en tierra de monte y composta

Producir ocho estacas de muicle con tierra de monte y composta tiene un costo de \$549.6 pesos (Cuadro 15). El costo de producción es para plantas de 140 días con aproximadamente 34 cm de altura. El costo de producir una estaca de muicle con este tratamiento fue de \$68.6. El precio en el mercado de una planta de muicle es de \$70

El índice beneficio/costo nos da un valor de 1.020 lo cual nos indica que con este tratamiento no hay ganancias ni pérdidas.

Cuadro 15. Costos de producción para tratamiento con composta

Insumos	Cantidad	Precio unitario \$M.N	Costo total \$M.N
----------------	-----------------	--	------------------------------------

Tierra de monte (kg)	8	0.5	4
Composta (kg)	8	3	24
Bolsas (pza)	8	1	8
Mano de obra (hrs)	40	12.835	513.4
Total			549.4
Costo unitario por estaca			68.6

XI. DISCUSIÓN

11.1 Calidad de los abonos orgánicos

11.1.1 Calidad de tierra de monte

El pH de la tierra de monte fue de 6.16, de acuerdo con la NOM- 021- RECNAT- 2000 se clasifica como un suelo moderadamente ácido. Osorio (2012) menciona que pH entre 6 y 6.5 genera condiciones adecuadas para la disponibilidad de nutrientes para las plantas. La conductividad eléctrica (CE) fue de 0.22 dS m⁻¹ por lo que éste suelo no presentó problemas de salinidad, esto significa que hay mayor cantidad de nutrientes disponibles para las plantas y existe un mayor rendimiento (Mata *et al.*, 2014)).

Los cationes (Na,⁺ Ca⁺² Mg⁺² y K⁺) y aniones (Cl⁻, SO₄⁻², NO₃⁻, HCO₃⁻) producen la salinidad del suelo cuando se elevan sus concentraciones en la solución de la misma, en este caso para la tierra de monte son bajas lo cual le daría una ventaja a esta tierra en relación a la disponibilidad del agua para el crecimiento adecuado de las plantas (Mata *et al.*, 2014).

La materia orgánica fue de 8.58%, considerada como media según la NOM- 021- RECNAT- 2000. La materia orgánica mejora las propiedades del suelo mediante la humificación y la mineralización, lo cual repercute de manera positiva en la nutrición de las plantas. A su vez la cantidad de materia orgánica influye en la densidad aparente y por lo tanto con la porosidad del suelo, la tierra de monte presentó una densidad aparente de 0.88

(g cm⁻³) lo que significa que hay un menor espacio poroso en comparación a la composta (0.76 g cm⁻³) y bocashi (0.43 g cm⁻³) (Murray *et al.*, 2011).

La tierra de monte presentó un valor muy bajo de nitrógeno inorgánico (0.00128 %) lo cual puede ser un factor limitante debido a que la principal función del nitrógeno en el suelo es el desarrollo del tallo, crecimiento de follaje y formación de frutos. Junto con el nitrógeno, el fósforo (0.00024 %) es un elemento limitante en el desarrollo de las plantas, tiene una acción directa sobre el desarrollo radicular y la formación de semillas, además tiene un papel importante en el metabolismo de las plantas ya que forma parte del ATP, ADP y AMP. La deficiencia de fósforo puede presentar enanismo en las plantas (Rodríguez y Flórez, 2004; Rincón y Gutiérrez, 2012)

La composición de macro y micronutrientes es baja en relación a un suelo fértil que pudiera favorecer el crecimiento de la espinosilla. Las bajas concentraciones de los nutrientes no permitieron el desarrollo de las plantas con una calidad alta, como si se presentó cuando se utilizaron abonos orgánicos.

11.1.2 Calidad del abono composta

La composta presentó una calidad media- alta, de acuerdo a los análisis del Laboratorio Central de Suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo. El pH fue de 7.58 considerado como medianamente alcalino según la NOM- 021- RECNAT- 2000, lo cual es ideal para una composta madura. Un pH bajo (<6) puede denotar la presencia de procesos anaeróbicos o bien, que la composta no está madura aún, si el pH se mantiene entre 7.5 y 8 es una buena señal de descomposición (Bueno *et al.*, 2008).

La materia orgánica fue de 34.98%, Roman *et al.* (2013) concluyen que una composta madura debe tener por encima del 20% de materia orgánica. El contenido de materia orgánica en un abono es importante, ya que favorece la estructura del suelo, fomenta la presencia de organismos benéficos en los cultivos, amortigua el pH y aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

La conductividad eléctrica fue de 4.33 dS m^{-1} , éste valor pertenece a un suelo salino de acuerdo a la NOM- 021- REC NAT- 2000.

La composta analizada obtuvo una relación C:N de 16.4. Martínez *et al.*, (2013) reportan valores finales de 16.2 y 14.5 La relación C:N nos indica el grado de estabilidad de la composta, éste valor disminuye conforme avanza el proceso de compostaje a valores cercanos a 10:1. De Bertoldi y Zucconi (1987) sugieren que valores entre 18-20 implican un mayor grado de madurez en la composta.

Por otro lado Félix *et al.*, (2010) reporta una relación C:N promedio de 10 en compostas maduras. Bueno y colaboradores (2008) consignan que una composta madura debe tener una relación C:N <20.

El valor de nitrógeno inorgánico para la composta madura fue de 1.61% y mayor al bocashi (1.05%) y tierra de monte (0.0012%), lo cual se relacionó con los mejores valores de las variables de respuesta morfológicas de las plantas. Cárdenas *et al.* (2004) menciona que concentraciones bajas de nitrógeno pueden resultar limitantes para el desarrollo debido a su importancia como regulador en el proceso de osmosis. Una concentración mayor al 1% de N en los sustratos o abonos orgánicos permiten una mejor retención y disponibilidad de agua.

El fósforo fue de 0.15%, aunque la NOM- 021- REC NAT- 2000 cita que es un valor bajo, autores como Aguayo *et al.* (2005) reportan valores similares (0.18%).

El potasio fue de 0.41% similar al obtenido en el bocashi, considerado un valor medio según la NOM- 021- REC NAT- 2000. Vicencio *et al.* (2011) obtuvieron un valor de 0.16% de potasio en su composta madura, y la consideran como pobre en potasio.

11.1.3 Calidad del abono bocashi

El bocashi analizado es de calidad alta de acuerdo con el Laboratorio Central de Suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo, (Cuadro 4). El abono tuvo un pH de 7.9 considerado como medianamente alcalino según la NOM- 021- REC NAT- 2000.

La materia orgánica fue de 45.36% considerado un valor muy alto en comparación con los diferentes bocashis analizados por Mendivil *et al.* (2020) que obtuvo valores entre 18% y 25%. El nitrógeno inorgánico fue de 1.05%, Mota *et al.* (2019) reportan un 0.95% de N para un bocashi maduro.

El bocashi presentó una relación carbono/nitrógeno de 36. Mota *et al.* (2019) reportan un valor de 16 y Baltodano (2002) cercanos a 10.

La conductividad eléctrica del abono bocashi en este trabajo fue de 4.82 ds m⁻¹, muy similar al reportado por Boudet *et al.* (2015) (4.92 ds m⁻¹). De acuerdo a la NOM- 021- RECNAT- 2000 este valor representa un suelo salino. Rodríguez *et al.* (2004) consignan valores de 2.25 ds m⁻¹ en un bocashi utilizado para el cultivo de habichuela, el cual tuvo implicaciones positivas sobre los indicadores de crecimiento y productividad del cultivo.

El porcentaje de fósforo fue bajo 0.55% al igual que el nivel de calcio 0.92%. El contenido de potasio (0.42%) fue medio de acuerdo a la NOM- 021- RECNAT- 2000. Perez *et al.* (2008) reportan un 3.87% de fósforo, 2.47% de calcio y 2.26% de potasio en un bocashi. Considerando que las concentraciones de P, K y Ca, fueron más bajas en el bocashi trabajado en relación al reportado por estos autores, no se presentaron afectaciones en desarrollo de las plantas de espinosilla. Los tratamientos con bocashi y composta presentaron una altura, cobertura, diámetro y tasa de crecimiento relativa mayor al testigo (tierra de monte).

El bocashi presentó una capacidad de intercambio catiónico muy alta (50 Cmol₍₊₎ kg⁻¹), un 0.37% de hierro (deficiente), 36.8 mg kg⁻¹ de cobre (adecuado), 107.4 mg kg⁻¹ de zinc (adecuado), 90.96 mg kg⁻¹ de manganeso (adecuado), y 85.76 mg kg⁻¹ de boro (muy alto) (NOM- 021- RECNAT- 2000).

11.2 Espinosilla

11.2.1 Germinación y emergencia de espinosilla

Las semillas de espinosilla presentaron un alto porcentaje de germinación con y sin tratamiento pregerminativo, lo que significa que es una especie fácilmente manejable bajo

condiciones de vivero. Sin embargo, haciendo pruebas de emergencia el tiempo se elevó y el número de plantas se redujo.

11.2.2 Variables morfológicas de plantas de espinosilla

11.2.2.1 Altura, cobertura, diámetro del tallo y TCR

La altura fue igual con bocashi que con composta. alcanzando entre 40 y 45 cm, pero mayor al testigo (tierra de monte) en casi 20 cm, de igual forma la cobertura de las plantas fue mayor con la aplicación de abonos orgánicos, en comparación al testigo (tierra de monte), esto se relacionó a que los abonos orgánicos presentaron un porcentaje mayor de los macro y microelementos determinados.

Los valores de N en ambos abonos fueron similares, lo que favoreció el crecimiento de la espinosilla sin presentar diferencias significativas en las variables morfológicas (altura, cobertura, diámetro y TCR). Por otro lado, según la NOM- 021- RECNAT- 2000 la tierra de monte (testigo) presentó algunas condiciones favorables para el crecimiento de las plantas, sin embargo, es importante considerar que la concentración en que se encuentran los macro y micronutrientes no fue suficiente para lograr un óptimo desarrollo de las plantas de espinosilla, es decir que la adición de abonos orgánicos en el cultivo de espinosilla favorece el desarrollo morfológico de ésta.

Antonmarchi *et al.* (2015) obtuvieron mejores resultados en el crecimiento de *Capsicum annuum* L. var. California Wonder mediante la adición de bocashi en comparación a la tierra de monte, quienes reportan una mayor altura y engrosamiento de la planta.

En la medicina tradicional se utiliza la infusión o decocción del tallo y flores de espinosilla para tratar padecimientos como dolor de estómago, disentería y tratar la caída del cabello, por lo cual al utilizar abonos orgánicos se tiene la ventaja de obtener plantas con mayor biomasa (Cuadro 7).

11.2.2.2 Número de flores

El comportamiento de la floración presentó un mismo patrón en los tres tratamientos, sin embargo, con composta y bocashi tuvieron valores significativamente mayores al testigo (tierra de monte). El inicio de la floración para los tres tratamientos, se presentó en noviembre, 250 días después del trasplante. Rzedowski y Rzedowski (1995), reportan su floración entre octubre y febrero, finalizando entre marzo y abril.

Los tratamientos con composta y bocashi presentaron valores muy similares de N, P y K. El K es importante en la fotosíntesis y en la traslocación de carbohidratos y síntesis de proteínas, mientras que el P promueve un buen desarrollo radical y ayuda a generar resistencia a enfermedades. Ambos macronutrientes son importantes en la floración y, una baja concentración podría afectar el desarrollo de la planta, retrasar la floración o presentar un escaso número de flores como fue el caso de la tierra de monte (Barreta *et al.*, 2010).

Cabe mencionar que durante el experimento las plantas tenían ocho meses de edad cuando comenzó la floración, sin embargo, en plantas de mayor edad cultivadas en el vivero Chimalxochipan se ha observado un aumento en el número de flores.

11.2.2.3 Número de ramas

El número de ramas presentaron diferencias significativas en los tres tratamientos, en las plantas abonadas con composta se registró un mayor número de ramas, seguido por las plantas abonadas con el bocashi y fue menor en las plantas testigo (tierra de monte).

Durante el experimento se presentó una disminución y aumento constante en el número de ramas debido a que, en su ciclo de vida, durante la floración las ramas de la espinosilla comienzan a secarse, al mismo tiempo otras ramas nuevas emergen.

El tratamiento de composta tuvo un porcentaje mayor de N (1.61%), en comparación a los demás tratamientos. El nitrógeno tiene una función importante sobre el crecimiento de

la planta, estimula el crecimiento de los tallos y hojas (Kovacik *et al.* 2007), de aquí el resultado obtenido con el abono composta.

11.2.2 Biomasa e Índice de Dickson

El tratamiento con composta presentó plantas con una mayor biomasa. García *et al.*(2010) reportan mayor biomasa en los tratamientos donde los sustratos son enriquecidos con composta y reportan valores más bajos cuando solo se utiliza suelo.

Para el Índice de calidad de Dickson fue el mismo comportamiento que para la biomasa, los tres tratamientos presentaron diferencias significativas entre ellos, el tratamiento con composta fue el de plantas con mayor calidad morfológica en relación a las plantas abonadas con bocashi y las cultivadas con tierra de monte, en este último caso las plantas presentaron la calidad menor.

11.3 Muicle

11.3.1 Enraizamiento y tiempo medio de enraizamiento de estacas de Muicle

El tratamiento de remojo en agua de alpiste presentó un 100% de enraizamiento mientras que el testigo (remojo en agua de lluvia) presentó el 90%.

En la revisión bibliográfica no se encontraron otros estudios que utilizaran alpiste como enraizador, sin embargo, otros autores como Chulde (2017) utilizaron otro tipo de enraizadores naturales como el extracto de sauce obteniendo resultados favorables.

Solís *et al.* (2015) realizaron un estudio sobre propagación asexual de *Justicia tinctoria* (Oerst.) D. N. Gibson por medio de estacas en el cual utilizaron estacas terminales, medias y basales. Las estacas terminales tuvieron un mayor número de brotes, raíces y el mayor porcentaje de enraizamiento. Así mismo mencionan que la presencia de hojas en las

estacas influyó negativamente en el enraizamiento, mientras que las estacas sin hojas tuvieron un enraizamiento exitoso. El mayor porcentaje de enraizamiento fue del 92% con arena como sustrato y es respaldado por autores como Solís *et al.* (2015) que coinciden con el experimento realizado en esta investigación en relación al tipo de estaca y a la posición mostrando resultados favorables en ambos tratamientos.

El tiempo medio de enraizamiento fue menor en el tratamiento (agua de lluvia) sin embargo tuvo un porcentaje menor (90%) de enraizamiento, mientras que el tratamiento con alpiste presentó un mayor tiempo, pero el 100% de estacas enraizadas.

11.3.2 Variables morfológicas de estacas de muicle

11.3.2.1 Altura y cobertura y TCR

Para las tres variables fue el mismo comportamiento: los tratamientos con composta y bocashi no tuvieron diferencias significativas entre ellos, pero si con el testigo (tierra de monte). De igual manera que en las plantas de espinosilla, esto debido a que la composta y el bocashi presentan un mayor contenido de macro y micronutrientes.

Estos resultados concuerdan con Muñoz y Hernández (2018) quienes obtuvieron resultados favorables en la altura, diámetro y floración de geranio y belén añadiendo composta ovina y lombricomposta. Bello y colaboradores (2011) evaluaron la altura, grosor del tallo y número de hojas/planta en estacas de morera (*Morus alba*) obteniendo mejores resultados en los tratamientos con fertilización (composta y humus de lombriz) con respecto al tratamiento sin fertilizar.

El hecho de que en estas variables no se presentara diferencia significativa entre los tratamientos con abonos fue causa de la similitud en la composición bromatológica de ambos abonos orgánicos utilizados.

11.3.2.2 Número de brotes y número de flores

El tratamiento con composta presentó un mayor número de brotes en relación a los tratamientos con bocashi y al testigo (tierra de monte). Por otro lado, el único tratamiento que presentó floración durante el experimento fue el tratamiento con composta.

La composta y el bocashi tuvieron valores similares de potasio, de acuerdo a Yong (2004) este macronutriente estimula la producción de flores. Sin embargo, la composta tuvo mayor concentración de micronutrientes como boro, calcio y magnesio, Cakmak (2015) consigna que el boro es un elemento muy importante en la nutrición de las plantas debido a su contribución en la integridad estructural y funcional de las membranas de la raíz al igual que el calcio. Vera (2001) apoya lo mencionado por Cakmak (2015) mencionando que, en situaciones de deficiencia de boro, el plasmalema se altera y perjudica la asimilación de fósforo, potasio y otros nutrientes.

11.4 Análisis de componentes principales de espinosilla y muicle

El análisis de componentes principales (ACP) sugiere que el uso de abonos orgánicos en ambas especies favoreció las variables de crecimiento, éstos presentan un mayor porcentaje de Zn en relación al testigo (tierra de monte).

Ojeda *et al* 2009 y Nuñez *et al* (2009) consideran que existe una deficiencia de Zn cuando éste se encuentra en una concentración menor a 20 mg kg^{-1} , siendo que el testigo presentó 3.11 mg kg^{-1} . El Zinc tiene un papel importante en la fisiología, metabolismo y reproducción de las plantas, regula un gran número de enzimas y ejerce un papel fisiológico en la estructura de las membranas biológicas por lo que regula también el crecimiento y reproducción de la planta (Almendros *et al.*, 2008). De acuerdo a Ojeda *et al* (2010) el zinc es catalizador en la síntesis de serina, la cual es precursora del aminoácido triptófano, que en la hoja se convierte en ácido indolacético. Esta auxina es responsable del desarrollo del brote y de la hoja por lo que es normal que en suelos con deficiencia del zinc como lo es el testigo, disminuya su tamaño.

En el caso de la espinosilla, el bocashi fue el sustrato con mayor contenido de cobre y el análisis de componentes principales nos indicó que este elemento tuvo una influencia positiva en el número de flores, altura y cobertura. El cobre juega un papel fundamental en la fotosíntesis, respiración y lignificación, la falta de éste afecta principalmente el crecimiento reproductivo de las plantas como la producción de flores, semillas y frutos. La deficiencia de cobre provoca retraso de la floración o senescencia, esto se debe a una esterilidad masculina causada debido a que las plantas con deficiencia de Cu generan polen no viable, así mismo, otro de los efectos de la deficiencia es la falta de lignificación de las paredes celulares de las anteras (Kyrkby y Römheld, 2007).

Si bien el bocashi mejoró las variables de altura, cobertura y número de flores gracias al cobre, el ACP indicó que el tratamiento con composta favoreció otras variables como la biomasa y TCR gracias a la presencia del boro. Lizarazo *et al* (2013) evalúan la masa seca total (MS) con diferentes concentraciones de boro en plantas de *Passiflora tripartita var. mollissima* y obtienen que la MS disminuye en el tratamiento con menor cantidad de boro, esto lo adjudican a un desequilibrio en las funciones que este elemento cumple en la planta, puesto que es un elemento estructural de la membrana celular e influye en la elongación de la raíz, interviene en procesos metabólicos, participa en el transporte de azúcares y lignificación de la pared celular. Su ausencia tiene un efecto negativo en la división y elongación celular, siendo posible que los tejidos meristemáticos paren su crecimiento y afecten el desarrollo de nuevos órganos y como resultado la acumulación de la biomasa (Da silva *et al.*, 2008).

Del mismo modo, Asad *et al* (2002) reportan que, a mayor cantidad de boro, las plantas de *Helianthus annuus* y *Brassica napus* acumulan mayor materia seca.

11.5 Costos de producción

El índice beneficio/costo para el caso de la espinosilla fue mayor en el tratamiento con composta (1.541) seguido del tratamiento con bocashi (1.536) y el testigo con tierra de monte presentó el valor más bajo (1.284). El índice establece que cuando el valor es mayor a 1, el tratamiento es rentable económicamente. En este experimento los tres tratamientos

resultaron rentables, sin embargo, es importante resaltar los tratamientos que presentan mejores ganancias son los tratamientos con composta y bocashi gracias a su altura, cobertura y biomasa total.

Para las estacas de muicle, el uso de abonos orgánicos no generó ningún beneficio por lo que no es necesario generar este aporte ya que implica un mayor costo de producción, por lo que la propagación de muicle con tierra de monte es la mejor opción.

XII. CONCLUSIONES

La espinosilla puede propagarse exitosamente por semilla, la cual no presenta latencia, y germina en un 100%, sin embargo, la emergencia de plántulas cuando las semillas se siembran en un sustrato de tierra de monte el número de plántulas obtenidas solo es del 80%.

Las semillas inmersas en agua de lluvia tienen un porcentaje de germinación del 100%, y presentan un menor tiempo medio para la germinación, lo cual representa una ventaja para la producción masiva de plantas.

Tratamientos de composta y bocashi tuvieron diferencias estadísticamente significativas en relación al testigo (tierra de monte)

Las plantas de espinosilla propagadas por semilla, mejoran su altura, cobertura, no. de hojas y flores, biomasa fresca, TCR e índice de Dickson al utilizar composta como abono orgánico.

El ACP de espinosilla indicó que el bocashi mejoró las variables de altura, cobertura y número de flores gracias a su concentración de cobre, y que la composta favoreció otras variables como la biomasa y TCR gracias a su concentración de boro.

El muicle puede producirse de manera masiva y exitosamente por propagación asexual por estacas, las cuáles enraizan en un 100% utilizando como enraizador agua de alpiste; sin embargo, el tiempo de enraizamiento fue menor cuando se utilizó solo agua de lluvia para promover el enraizamiento.

Las plantas obtenidas por estaca, presentaron un mejor desarrollo utilizando composta como abono orgánico, todas las variables de crecimiento como altura, cobertura, no. de brotes y no. de flores fueron mayores que al utilizar bocashi o solo tierra de monte y la TCR no presentó diferencias entre el abono composta y el bocashi pero resultaron mayores al testigo.

El ACP ordenó y separó a T1 (Bocashi) y T2 (Composta) de T (Testigo) por contener mayor cantidad de MO que tiene influencia en el pH y micronutrientes como el Zn. Las plantas abonadas con composta presentaron mejores características como mayor número de flores, altura y cobertura relacionadas como una respuesta a la concentración de B presente en el abono orgánico. Las plantas abonadas con bocashi presentaron mejores valores de las variables del crecimiento, como una respuesta a sus mayores concentraciones de Mn, Mo y Cu.

En el caso de las estacas de muicle, el T2 presenta plantas con mejores características como mayor número de flores, altura y cobertura relacionado con la concentración de B en relación con el tratamiento T1 asociado a mayor concentración de Mn, Mo y Cu pero menor concentración de B.

XIII. REFERENCIAS

- Acosta, F. J. L., Tenjo, N. R. G., Fischer, G., & Lasprilla, D. M. (2008). *Propagación de uchuva (Physalis peruviana L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos*. Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín, 61(1), 4347-4357.
- Aguayo, F. W., Rodríguez, F. H., & Vargas, D. C. (2005). *El uso de composta proveniente de residuos sólidos municipales como mejorador de suelos para cultivos en Yucatán*. Estudios preliminares. Ingeniería, 9(3), 31-38.
- Aguirre, M. L., Martínez, C. M. (2018). *Production of callus and roots from lateral meristems of Loeselia mexicana*. Botanical Sciences, 96(3), 405-414.
- Almendros, G. P., Rico S. M., López V. L., & Álvarez A. J. (2008). *Deficiencia de zinc en los cultivos y correctores de carencia del micronutriente*. Vida Rural, 19(280), 12-16.
- Alonso, A. J., Domínguez, F., Zapata, J. R., & Carranza, A, C. (2015). *Plants used in the traditional medicine of Mesoamerica (Mexico and Central America) and the Caribbean for the treatment of obesity*. Journal of ethnopharmacology, 175, 335-345.
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I. (2007). *Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación*. Revista ecosistemas, 16(1), 3-10.
- Andrade, A. (2009). *Ethnobotanical study of the medicinal plants from Tlanchinol, Hidalgo, México*. Journal of Ethnopharmacology 122:163-171.
- Antomarchi, A. B., Calderón, V. E. C., Fabré, T. B., & Gomez, G. G. (2015). *Efectos de diferentes dosis de abono orgánico tipo bocashi en indicadores morfológicos y productivos del cultivo de pimiento (Capsicum annuum L.) var. California Wonder*. Centro Agrícola, 42(4), 5-9.
- Asad, A., Blamey, F. P. C., & Edwards, D. G. (2002). *Dry matter production and boron concentrations of vegetative and reproductive tissues of canola and sunflower plants grown in nutrient solution*. Plant and soil, 243(2), 243-252.
- Baltodano Hernández, P. (2002). *Determinación de la calidad microbiológica del abono orgánico bocashi durante el proceso de fabricación y almacenamiento* (Trabajo de

investigación para obtener el título de licenciada en microbiología y química clínica). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Barrera, J., Cruz, M., & Melgarejo, L. M. (2010). *Nutrición mineral. Experimentos en fisiología y bioquímica vegetal*, 80-106.

Bello, R., García, M. D., Martínez, V., & Abeledo, C. (2011). *Efecto de dos abonos orgánicos en el cultivo de la morera (Morus alba)*. Revista Computadorizada de Producción Porcina Volumen, 18(3).

Birchler, T. A., Royo, A., & Pardos, M. (1998). *La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica*. Forest Systems, 7(1), 109-121.

Boudet, A., Tony, F., Santos, R., Meriño, Y (2017). *Efecto sobre el tomate (Solanum lycopersicum L.) de diferentes dosis de abono orgánico bocashi en condiciones agroecológicas*. Revista Centro Agrícola 44(4): 37-42.

Bueno, P., Díaz, M., & Cabrera, F. (2008). *Factores que afectan al proceso de compostaje*. En J. Moreno, & R. Moral, Compostaje (págs. 93 - 110). Barcelona: Aedos, s.a.

Caballero, J., & Cortés, L. (2001). *Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. Plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa y Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, DF, México, 79-100.

Cakmak, I. (2015). *Sinergismos y Antagonismos entre Nutrientes Minerales durante la absorción y transporte en las plantas*. Curso Internacional sobre Nutrición de Cultivos. Intagri. México, DF, México.

Canales, M., Hernández, T., Caballero, J., Romo, A., Durán, A., Lira, R. (2006) *Análisis cuantitativo del conocimiento tradicional de las plantas medicinales en San Rafael, Coxcatlán, Valle de Tehuacán–Cuicatlán, Puebla, México*. Acta Bot. Mex. 75:21–43.

Cárdenas, R., Sánchez, J. M., Farías, R., & Peña, J. J. (2004). *Los aportes de nitrógeno en la agricultura*. Revista Chapingo Serie Horticultura, 10(2), 173-178.

Chulde, D. (2017). *Propagación vegetativa de weinmannia pinnata l. (encino), mediante el empleo de tres enraizadores, en el sector rumichaca, provincia del Carchi*. Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal, Ibarra. 11 de diciembre de 2017. 67 páginas.

Da Silva, D., L. Lanzoni, A. Enedi, L. De Lima y T. Muraoka. (2008). *Boron affects the growth and ultrastructure of Castor Bean plants*. Sci. Agric. 65(6), 659-664.

De Bertoldi, M., Ferranti, M. P., L'Hermite, P., & Zucconi, F. (1987). *Compost: production, quality and use*. Elsevier Applied Science. London,(41145), 853.

Doria, J. (2010). *Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento*. Cultivos tropicales, 31(1), 00-00.

Feijoo, M. A. L. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), 31-40.

Félix, J. A., Martínez, R. R., Azpiroz, R. H. S., Serrato, F. R., Armenta, B. A. D., Rodríguez, Q. G y Osalde, P. V. (2010). *Propiedades microbiológicas de las compostas que inhiben el crecimiento de Fusarium oxysporum, Rhizoctonia solani y Pythium sp*. Biotecnología Aplicada a Recursos Forestales, Libros Técnicos: Serie Forestal. Universidad Autónoma Indígena de México, Universidad Autónoma de Chapingo, Colegio de Posgraduados-Puebla, 261-273.

García, J. C., Trejo, L. I., Velásquez, M. A., Ruiz, A., & Gómez, F. C. (2010). Crecimiento de petunia en respuesta a diferentes proporciones de composta en sustrato. Revista Chapingo. Serie Horticultura, 16(2), 107-113.

Gliessman SR (2002) *Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 359 pp.

Gómez Álvarez, R. (2012). *Plantas medicinales en una aldea del estado de Tabasco, México*. Revista fitotecnia mexicana, 35(1), 43-49.

González-Zertuche, L., & Orozco-Segovia, A. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Botanical Sciences*, (58), 15-30.

Guamán, R., Leython, S., & Martínez, T. (2019). *Enraizantes Naturales en Coffea canephora var. robusta (L. Linden) A. Chev. Investigatio*, (12), 93-102.

Hartmann, H.T., D.E. Kester, J.T. Davies y R.L. Geneve. (1997). *Plant propagation: principles and practices*. 6th edition. Prentice Hall, Uper Saddle River, New Jersey. p. 199–209.

Hartmann, H. T., Kester, D. E. (1963). *Plant propagation: principles and practice*. Soil Science, 95(1), 89.

Hernández, F. (1790). *De Historia Plantarum Plantae Novae*. Ed. Matritence. Pp 155. Madrid

Herrán, J., Torres, S., Martínez, R., Ruiz, M., Portugal, O. (2008). *Importancia de los abonos orgánicos*. Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible, 4(1), 57-68.

Herrera, A., Jaime, M., Herrera, S., Oaxaca J., & Salazar, E. (2009). *Uso de terapia alternativa/complementaria en pacientes seropositivos a VIH*. Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social, 47(6), 651-658.

Herrera, M., GonzálezA., Zamilpa, A., Jiménez, E., Huerta, M., Y Navarro, V. M. (2011). *The standardized extract of Loeselia mexicana possesses anxiolytic activity through the γ -amino butyric acid mechanism*. Journal of ethnopharmacology, 138(2), 261-267.

Herrera, M., González, A., Zamilpa, A., Jiménez, E., Huerta, M., & Navarro, M. (2011). *The standardized extract of Loeselia mexicana possesses anxiolytic activity through the γ -amino butyric acid mechanism*. Journal of Ethnopharmacology, 138(2), 261-267.

Jiménez, C., Matías, L. (2010). *La sexualidad en las plantas*. Revista digital universitaria, 11(8), 3-11.

Juárez, C., Aguilar, J., Juárez, M., Bugarín, R., Juárez, P. & Cruz, E. (2013). “*Hierbas aromáticas y medicinales en México*”. *Revista Bio Ciencias*, 2 (3), 119-129.

Kyrkby, E.; Römheld, V. *Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad*. *Informaciones Agronómicas* 2008, 68, 1–3.

Kováčik, J., & Bačkor, M. (2007). *Changes of phenolic metabolism and oxidative status in nitrogen-deficient Matricaria chamomilla plants*. *Plant and soil*, 297(1-2), 255-265.

Laporta, R. (2016). *Costos y gestión empresarial: incluye costos con ERP*. Ecoe Ediciones. Bogota, Colombia.

Leonti M, O Sticher, M Heinrich (2003) *Antiquity of medicinal plant usage in two Macro-Mayan ethnic groups*. *México. J. Ethnopharmacol.* 88:119–124.

Leopold, A. C., and P. E. Kriedemann. (1975). *Plant growth and development*. 2d. McGraw-Hill, New York.

Lizarazo, M. Á., Hernández, C. A., Fischer, G., & Gómez, M. I. (2013). *Biomasa, parámetros foliares y sintomatología en respuesta a diferentes niveles de manganeso, zinc y boro en curuba (Passiflora tripartita var. mollissima)*. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(1), 31-45.

Márquez, A., Lara, F., Esquivel, B., Mata, R. (1999). *Plantas Medicinales de México II Composición, usos y actividad biológica*. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México, p. 178.

Martínez, D., Alvarado, R., Mendoza, M., & Basurto, F. (2006). *Plantas medicinales de cuatro mercados del estado de Puebla, México*. *Botanical Sciences*, (79), 79-87.

Martínez, G. A., Íñiguez, G., Ortiz, Y. D., López, J. Y., & Bautista, M. A. (2013). *Tiempos de apilado del bagazo del maguey mezcalero y su efecto en las propiedades del compost para sustrato de tomate*. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(3), 209-216.

Mata, I., Rodríguez, M., López, J., & Vela, G. (2014). *Dinámica de la salinidad en los suelos*. *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente*, 1(5), 26-35.

Mendivil, C., Nava, E., Armenta, D., Ruelas, R., y Félix, J. (2020). *Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano//Elaboration of an organic fertilizer type bocashi and its evaluation on germination and growth of radish*. Biotecnia, 22(1), 17-23.

Monroy, C., Castillo, P. (2007) *Plantas Medicinales Utilizadas en el Estado de Morelos*. 2da ed. Universidad Autónoma de Morelos, CONABIO. Mexico. Estado de Morelos 405 p

Mota, I. F., Valdés, O. A., Sol, G., & Pérez, A. (2019). *Respuesta al bocashi y a la lombricomposta de Moringa oleifera Lam. después de la poda*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(2), 289-299.

Muñoz, F. (1996). *Plantas medicinales y aromáticas: estudio, cultivo y procesado*. España. Mundi-Prensa Libros.

Muñoz, E. H., & Hernández, J. C. (2018). *Valoración de abonos orgánicos en el crecimiento de plantas de geranio y belén*. Acta Agrícola y Pecuaria, 4(2), 44-53.

Murray, R., Bohórquez, J., Hernández, A., Orozco, M., García, J., Gómez, R., Ontiveros, H., Aguirre, J. (2011) *Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México*. Revista Bio Ciencias 1(3):27–35

Navarro, V. M., Herrera, M., Rojas, G., & Zepeda, L. G. (2007). *Coumarin Derivatives from Loeselia mexicana: Determination of the Anxiolytic Effect of Daphnoretin on Elevated Plus-maze*. Journal of the Mexican Chemical Society, 51(4), 193-197.

Nieto, A., Murillo, B., Troyo, E., Larrinaga, J., García, J. (2002) *El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (Capsicum annuum L.) en zonas áridas*. Interciencia 27(8): 417–421.

Núñez, M., Walworth, J. L., Pond, A. P., & Kilby, M. W. (2009). *Soil zinc fertilization of 'Wichita' pecan trees growing under alkaline soil conditions*. HortScience, 44(6), 1736-1740.

Ojeda, B. D, Núñez, B., Hernández, R. O., Martínez, T., & Perea, P. (2009). *Aplicación foliar de quelatos de zinc en nogal pecanero*. Revista Chapingo. Serie horticultura, 15(2), 205-210.

Ojeda B. D., Perea P. E., Hernández R. O., Escudero A. D., Martínez T. J., & López O. G. (2010). *El zinc como promotor de crecimiento y fructificación en el nogal pecanero*. Tecnociencia Chihuahua, 4(2), 64-71.

Orozco, V. J. (2014). *Caracterización de abonos sometidos a tres tiempos de compostaje, diagnóstico y servicios realizados en la planta de tratamiento de residuos sólidos, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, Guatemala, CA* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

Ortiz, A, R., Cabañas, W, A., Arana, A, E., Alonso, C, A. J., Zapata, B, R., Salazar, O, L. A., & García-Carrancá, A. (2012). Antidiabetic effects of *Justicia spicigera* Schltldl (Acanthaceae). *Journal of ethnopharmacology*, 143(2), 455-462.

Osorio, N. W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4), 1-4.

Osuna, R., Osuna, M., Fierro, A. (2017) *Manual de propagación de plantas superiores*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Pérez, G. S., Pérez, G. C. (2005). *A study of the antidiarrheal properties of Loeselia mexicana on mice and rats*. *Phytomedicine*, 12(9), 670-674.

Pérez, A., Céspedes, C. y Núñez, P. (2008). *Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana*. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal* 8(3): 10-29.

Ramos, D., Terry, E. (2014). *Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas*. *Cultivos tropicales*, 35(4), 52-59.

Ramos, D., Terry, E., Soto, F., & Cabrera, J. A. (2014). *Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá*. *Cultivos Tropicales*, 35(2), 90-97.

Restrepo, J. (2007). *El ABC de la agricultura orgánica y harinas de roca*. 1er edición, Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible (SIMAS). Managua, Nicaragua.

Rincón, C., & Gutiérrez, A. (2012). *Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos*. Revista colombiana de Biotecnología, 14(1), 285-295.

Rodríguez, D., Cano, R., Figueroa, V., Palomo, G., Favela, C., Álvarez, R., Márquez, H., Moreno, R. (2008) *Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato*. Rev. Fitotec. Méx. 31(3): 265–272.

Rodríguez, M., y V. Flórez. 2004. *Elementos Esenciales y Beneficiosos*. Ferti-Riego: Tecnologías y programación en agroplasticultura (25-36)

Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Experiencias en América Latina. Santiago de Chile: FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe

Rzedowski, J. y G. Rzedowski C. (1995) Polemoniaceae. En: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (eds.). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 33. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.

Rzedowski, G. C. de, Y J. Rzedowski (eds.) (2001) *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª ed. Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán

Sánchez, E., Rodríguez, H., Carballo, C., Milanés, M. (2005). *Influencia de los abonos orgánicos y biofertilizantes en la calidad de las especies medicinales Calendula officinalis L. y Matricaria recutita L.* Revista Cubana de Plantas Medicinales, 10(1), 0-0.

Sisaro, D., Hagiwara, J. (2016) *Propagación vegetativa por medio de estacas de tallo*. Buenos Aires, Argentina. INTA.

Solís, C. A., Jiménez, V., & Arias, J. (2015). *Propagación asexual de azul de mata (Justicia tinctoria (Oerst.) DN Gibson, Fam. Acanthaceae) por medio de estacas*. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 91-104.

Suárez, D., Melgarejo, L. (2010). *Biología y germinación de semillas*. En L. M. Melgarejo (Ed.). *Experimentos en fisiología vegetal* (pp.13-249). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Thomas, F. D. Y Castellanos, S. A., (2003). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Instituto de Ecología. México, D. F.

Varela, S., Y Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Sistema Forestal Integrado*, 1-10.

Vega, E., Tapia, R., Reyes, R., Guzmán, S. L., Pérez, J., & Velasco, R. (2012). *Actividad antibacteriana y antifúngica de Justicia spicigera*. *Revista latinoamericana de química*, 40(2), 75-82.

Vera, A. L. A., & Edafología, D. P. A. Á. (2001). *El boro como nutriente esencial*. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*, (155), 36-47.

Vicencio, M., Pérez, M., Medina, E., & Martínez, M. A. (2011). *Producción de composta y vericomposta a partir de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de un rastro*. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(3), 263-270.

Yong, A. (2004). *El cultivo del rosal y su propagación*. *Cultivos tropicales*, 25(2), 53-67.