



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Evaluación del efecto de tres abonos orgánicos en el
rendimiento de flores de *Calendula officinalis* L.

T E S I S

Que para obtener el título de Biólogo presenta:

Méndez Guzmán Yaneyt Corazon

Directora de tesis: Ma. Socorro Orozco Almanza

Asesor Interno: Arturo E. Cano Flores

Unidad de Investigación en Ecología Vegetal

UMIEZ



Investigación realizada con financiamiento de la DGAPA mediante el proyecto PAPIME PE203715.
México, D.F. 2015



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.

ÍNDICE

I. Introducción.	8
II. Antecedentes.	10
2.1 Agricultura Ecológica	10
2.2 Características generales de <i>Calendula officinalis</i> L.	14
2.3 Suelos sanos plantas sanas	16
2.4 Abonos Orgánicos	18
2.5 Composta	20
2.6 Bocashi	21
2.7 Lombricomposta	21
III. Problemática	22
IV. Descripción de la zona de Trabajo	22
V. Justificación	23
VI. Hipótesis	24
VII. Objetivos	24
7.1 Generales	24
7.2 Particulares	24
VIII. Metodología	25
8.1 Elaboración de abonos orgánicos	27
8.1.1 Bocashi	27
8.1.2 Composta	28
8.1.3 Lombricomposta	29

8.1.4 Determinación de la composición química-nutricional de los abonos orgánicos.	29
8.1.5 Cultivo de plantas de caléndula (siembra en almácigo).	30
8.1.6 Trasplante	30
8.2 Descripción de los tratamientos	30
8.2.1 Tratamiento con composta	30
8.2.2 Tratamiento con Bocashi.	31
8.2.3 Tratamiento con lombricomposta	31
8.2.4 Tratamiento con fertilizante químico (testigo 1)	32
8.2.5 Tratamiento con tierra de monte (testigo 2)	32
8.2.6 Tratamiento con suelo del vivero (testigo 3)	32
8.2.7 Riego.	32
8.3 Variables de respuesta.	33
8.4 Extracción del principio activo de la caléndula	34
8.5 Índice costo-beneficio	36
8.6 Análisis Estadístico	36
IX. Resultados.	37
9.1 Siembra y permanencia de plántulas en el almácigo	37
9.2 Análisis nutricional de los sustratos	37
9.3 Variables de respuesta	40
9.3.1 Altura	40
9.3.2 Cobertura	41
9.3.3 Biomasa	42
9.3.4 Número de inflorescencias por planta	43
9.3.5 Tamaño de las inflorescencias	44
9.3.6 Tiempos de floración, maduración de las flores y rendimiento	44

9.3.7 Tasa de Crecimiento Relativo	50
9. 3.8 Índice de Dickson.	51
9.3.9 Análisis de componentes.	52
9.4 Perfil cromatográfico.	53
9.5 Índice costo/beneficio.	58
X. Discusión.	58
XI. Conclusiones.	62
XII. Recomendaciones	63
XIII. Referencias.	64
XIV. Literatura citada en Línea.	70
XV. ANEXO: Elaboración de Abonos Orgánicos.	71
14.1 Bocashi	71
14.2 Composta	72
14.3 Lombricomposta	73

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.

Cuadro 1. Productos orgánicos en México	14
Cuadro 2. Componentes del bocashi y la composta	28
Cuadro 3. Valores nutrimentales de referencia NOM- 021 (2000)	39
Cuadro 4. Atributos del rendimiento de la planta de caléndula (flores)	45
Cuadro 5. Perfil cromatográfico de los compuestos químicos en flores de caléndula	57
Cuadro 6. Índice costo/beneficio para los diferentes tratamientos	58
Figura 1. Diagrama de la metodología de estudio	26
Figura 2. Diagrama de la técnica de cromatografía en capa fina	35
Figura 3. Concentración de nitrógeno total en cada sustrato evaluado	37
Figura 4. Niveles de fósforo totales en cada uno de los sustratos	38
Figura 5. Contenido de K, Mg, Ca en los sustratos orgánicos	38
Figura 6. Altura de los tratamientos	40
Figura 7. Cobertura de las plantas de caléndula en relación a los diferentes tratamientos	41
Figura 8. Biomasa de caléndula por tratamiento	42
Figura 9. Número de inflorescencias por planta	43
Figura 10. Tamaño de las inflorescencias de caléndula, según el tratamiento	44
Figura 11. Plantas de caléndula con el tratamiento fertilizante químico	46
Figura 12. Plántulas de caléndula con el tratamiento composta	47
Figura 13. Plantas de caléndula con el tratamiento lombricomposta	47
Figura 14. Plantas de caléndula con el tratamiento bocashi	48
Figura 15. Plantas de caléndula con el Testigo tierra de monte	48

Figura 16. Plantas de caléndula con el tratamiento suelo de la Facultad	49
Figura 17. Tasa de crecimiento relativo.	50
Figura 18. Índice de Dickson	51
Figura 19. Análisis de componentes	52
Figura 20. Placas cromatografía en capa fina	53
Figura 21. Placas de acetato de etilo	54
Figura 22. Placa laborada con extracto de acetato de etilo, eluida con hexano y cloruro de metileno.	54
Figura 23. Placa de extracto de acetato de etilo eluida con cloruro de metileno y n-hexano	55
Figura 24. Placas de extracto metanólico eluidas con metanol y acetona	55
Figura 25. Placas de extracto metanólico eluidas con metanol y acetato de etilo	56

AGRADECIMIENTOS

A la UNAM por abrirme sus puertas y permitirme desarrollarme dentro de sus instalaciones, a los profesores que con su esfuerzo y dedicación lograron encaminarme a este nuevo mundo y que sin su ayuda no habría sido posible encontrar en mi la motivación suficiente para llevar a término tan arduo proyecto.

A mi directora de tesis Ma. Socorro Orozco Almanza, por confiar en mi trabajo, por apoyarme y por su infinita paciencia, sin su apoyo no habría llegado tan lejos.

A los profesores Arturo Cano Flores y Gerardo Cruz Flores, por su colaboración para enriquecer este trabajo., que sin su esfuerzo y dedicación los resultados no habrían sido los mismos.

A mis compañeros de clases gracias por aportar con sus opiniones puntos de vista que enriquecieron mis conocimientos, pero sobre todo gracias a mis entrañables amigos por hacer de este viaje una aventura nueva cada día, gracias por su apoyo por las risas y por su ayuda; gracias Norma, Montse, Arianna y Fabiola por ayudarme a crecer.

A mi familia por su motivación diaria, a mi madre por su apoyo incondicional y por su infinito amor. A mi querida hermana que sin su inspiración no habría podido seguir en el camino; por último gracias a ti Taisha que sin esos desvelos no habría podido establecer las prioridades y porque con tu amor impulsaste siempre lo mejor de mí.

I. INTRODUCCIÓN

La *Calendula officinalis* L. (Asteraceae), comúnmente conocida como caléndula, es una planta originaria de Egipto, dispersa, posteriormente, hacia Europa. Hoy en día es cultivada en todo el mundo como planta ornamental, principalmente en Alemania, Colombia, Costa Rica, España, Cuba, Estados Unidos, Francia, Hungría y México (Acosta y Rodríguez, 2001). A partir de la década de los setenta, el cultivo de la caléndula se vió favorecido debido a sus propiedades medicinales, incrementando así su utilización en la industria cosmética (Lastra y Piquet, 1999).

Actualmente la caléndula es valorada por sus propiedades químicas, ya que se ha documentado en ella la presencia de un gran número de compuestos químicos, entre los más destacados están los aceites esenciales, el ácido salicílico, el ácido fenólico, los esteroides y la calendulina, entre otros (Kathora, 2009), a los que se les atribuyen propiedades bactericidas, antiinflamatorias y espasmódicas. También es muy utilizada en el tratamiento de afecciones cutáneas.

Esta planta constituye una fuente de materia prima, a ello se debe su demanda en la industria cosmética (champús, cremas y colorantes), farmacéutica (fitomedicamentos) y ornamental (planta acompañante) (Acosta y Rodríguez, 2001).

Actualmente la caléndula se propaga en invernaderos bajo la aplicación de fertilizantes y plaguicidas químicos que afectan la calidad de la materia prima vegetal utilizada para la obtención de fármacos, por ello, es importante practicar su propagación utilizando las prácticas de una "Agricultura Ecológica", en donde los fertilizantes sean reemplazados por abonos orgánicos y los plaguicidas por sustancias de origen natural (bioinsecticidas) (Rivera *et al.*, 2004) que permitan, por un lado, la producción de plantas de caléndula con una mejor composición química y, por otro lado, cabe señalar que el uso de estos insumos biológicos, no dañan al ambiente (Chiwo, 2000).

Uno de los insumos más importantes en la "Agricultura Convencional" lo constituyen los fertilizantes de origen químico, ricos en fosfatos y nitratos, los cuales producen cambios en el suelo, que pueden variar de acuerdo a la dinámica propia de cada elemento, la dosis y la fuente de cada uno, los cambios de mayor interés se relacionan con la acidificación del suelo y

la pérdida de bases intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+). Estos cambios ejercen una considerable influencia sobre la productividad de las cosechas, la respuesta del cultivo a la adición de nutrientes y a la afectación de la calidad del producto (Sadeghian, 2003).

La agricultura ecológica ataca de fondo las causas que provocan las deficiencias nutrimentales en el suelo, ya que en lugar de contaminarlo, lo nutre con la aportación de materia orgánica que es la fuente de alimento para los micro y microrganismos, encargados de la mineralización de la materia orgánica y la formación de humus rico en los nutrientes que necesitan las plantas para su crecimiento y rendimiento, convirtiéndose así, en una alternativa para el cultivo de plantas medicinales (Altieri y Nichols, 2007).

De manera general, los residuos orgánicos agrícolas, agroindustriales y domiciliarios, pueden ser aprovechados para elaborar abonos orgánicos tales como la composta y la lombricomposta. Además que al ser utilizados, se contribuye al cuidado del ambiente; de tal manera, los abonos orgánicos pueden proporcionar los nutrimentos necesarios para el crecimiento de cualquier cultivo (Salas y Ramírez, 2001).

Debido a la importancia de generar alternativas de nutrición vegetal, el estudio de la composición química de los abonos orgánicos, así como su potencial para generar buenos rendimientos en cualquier tipo de cultivo, es prioritario hacer uso de estas técnicas en la producción de especies de importancia económica. Tal es el caso de las plantas medicinales que tienen un papel importante, no sólo como plantas ornamentales, sino también como farmacultivos en la industria farmacéutica. El uso de abonos orgánicos puede sustituir el uso de insumos químicos y alcanzar rendimientos óptimos por hectárea, lo que significaría mayores beneficios para el agricultor (Felix *et al.*, 2008).

En México, la caléndula se cultiva en lugares con clima semi-seco y templado (Salome, 2014), sin embargo, hay poca información en relación a su cultivo orgánico o ecológico. En la literatura, hay una gran cantidad de trabajos sobre abonos orgánicos, pero muy pocos han sido evaluados como insumos que incrementen el rendimiento agrícola. Por ello, es necesario evaluar el uso de los abonos orgánicos en la producción comercial de plantas medicinales que le permitan al consumidor obtener productos de mejor calidad.

El objetivo de este trabajo es evaluar el contenido macronutricional (N,P,K) en los abonos orgánicos: lombricomposta, composta y bocashi, y determinar su efecto en el rendimiento y en la composición química de las flores de caléndula (*Caléndula officinalis* L.).

II. ANTECEDENTES

2.1 Agricultura Ecológica

La degradación de los suelos es un problema ambiental y significa la reducción de su fertilidad física, química y biológica. Haciendo una comparación, este problema es tan importante como la reducción de la capa de ozono y el efecto invernadero, debido a que afecta directamente la seguridad alimentaria de los pueblos (Gomero *et al.*, 1999).

La agricultura ecológica, mejor conocida como orgánica, no sólo es una práctica amigable con el medio ambiente, sino que también podría ser la respuesta a los principales problemas económicos de México. Un estudio realizado por el Banco Mundial, calculó el costo monetario de la erosión, la contaminación del agua y el suelo, la sobreexplotación de los mantos acuíferos en toda la República Mexicana, así como el costo de la contaminación atmosférica de la ciudad de México, indicando que las pérdidas económicas por la reducción de la fertilidad natural de la tierra, a causa de la erosión, son al menos de 1 000 millones de dólares anuales. Asimismo, los costos en salud por la contaminación de las aguas y la inadecuada disposición de residuos sólidos pueden alcanzar cifras hasta de 3 000 millones de dólares (Pérez, 2004).

La conversión de terrenos hacia usos agropecuarios es una de las causas más importantes de la deforestación en América Latina y el mundo (FAO, 2010). De acuerdo con información de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la superficie agrícola sembrada en México se ha mantenido relativamente constante entre 1980 y 2010, osciló entre 18 y 23.3 millones de hectáreas, con un promedio de poco más de 21 millones de hectáreas (SEMARNAT, 2013).

Las prácticas de la agricultura convencional se han ido dispersando poco a poco, convirtiéndose en un problema mundial. En general, existe una relación positiva entre el tamaño poblacional y la superficie dedicada a las actividades agropecuarias. En este contexto, es recomendable una política agrícola que influya en un cambio en el sector agropecuario para que los procedimientos de producción sean más compatibles con el ambiente y que contaminen menos. Por ello, son recomendables medidas agro políticas que den a los productores el respectivo respaldo social y, además, remuneren adecuadamente los servicios ambientales que ellos brindan a la sociedad entera (Pérez, 2004).

La agricultura ecológica tiene sus inicios en Europa en los años veinte, donde Rudolf Steiner generó una iniciativa que impulsó la generación de cultivos más sanos. Sin embargo, no fue sino hasta finales de los sesenta, que los agricultores comenzaron a preocuparse por las consecuencias que podrían causar para las personas y para el medio ambiente el uso de las prácticas convencionales debido a la gran cantidad de productos químicos utilizados, esta surge como un movimiento de reacción a la agricultura dominante (convencional y/o moderna) y al patrón de consumo de la sociedad occidental. (Céspedes, 2005).

Esta agricultura ecológica, procura organizar el proceso de producción de plantas y animales, de tal manera que no impacte en los recursos naturales e incluso, mejore el medio ambiente buscando alternativas ecológicas a las prácticas de la agricultura convencional y, ha ido creciendo paulatinamente desde los años sesenta. Este tipo de prácticas son básicamente occidentales y de carácter urbano-intelectual. Hay varias corrientes dentro de la agricultura ecológica, sin embargo, todas tratan de sustentar el desarrollo de sus técnicas en mayor o menor medida en la ciencia ecológica (Gliessman, 2002).

Algunas de las características que describen a la Agricultura Ecológica son (Céspedes, 2005):

- Favorece la fertilidad del suelo (física, química y biológica).
- Su práctica no deteriora los recursos productivos
- Restablece los equilibrios naturales.
- Conserva o aumenta la materia orgánica del suelo.
- Recicla los desechos.
- Potencia la biodiversidad.
- Elimina productos de origen químico o sintético.

Si bien los motivos primarios de las comunidades rurales para iniciar este tipo de prácticas orgánicas fueron el poco acceso a dichos insumos químicos, hoy en día los motivos principales están en relación con la salud humana, la protección al medio ambiente y los mayores beneficios económicos, aunado al conocimiento de las prácticas ancestrales y al conocimiento de los ecosistemas que han ayudado a definir dichas prácticas (Céspedes, 2005).

Actualmente, la preocupación de diferentes sectores sociales ante la crisis ambiental por la que atraviesa la humanidad hace necesaria la búsqueda de nuevas alternativas que favorezcan la protección, conservación y el uso adecuado de los recursos naturales, especialmente en regiones bajo fuertes presiones ambientales, sociales y económicas. Este es el caso de los países intertropicales con alta diversidad biológica y mayoritariamente subdesarrollados, como por ejemplo México (Boco *et al.*, 2000).

La agricultura ecológica y la aplicación de métodos en armonía con el medio ambiente con uso de pocos insumos externos, han despertado en todo el mundo el interés de grupos de consumidores conscientes, de la comunidad científica y de las instituciones gubernamentales. En América Latina, la Agricultura Ecológica es entendida en su forma más amplia porque no sólo incluye la restricción de insumos químicos, sino que persigue la conservación del medio ambiente (Céspedes, 2005).

Hoy en día los agricultores ecológicos construyen nuevas tecnologías utilizando el conocimiento tradicional y el resultado de la investigación científica moderna. Nueva información emerge constantemente de la investigación científica que descubre los secretos de la naturaleza y que explican cómo y por qué los métodos impulsados por la agricultura ecológica funcionan gracias a la posibilidad de solucionar problemas basados en el entendimiento de procesos biológicos (Céspedes, 2005).

De este modo, es imprescindible considerar ciertos principios ecológicos ligados al manejo de un suelo en que la incorporación de materia orgánica, la disposición de coberturas o el diseño de rotaciones, así como la asociación de cultivos con leguminosas son esenciales para minimizar el efecto de los factores que limitan el rendimiento esperado en un agroecosistema.

Las prácticas que se mencionan no solamente favorecen las condiciones de aireación, retención de humedad o contenido de nutrientes en el suelo, sino que también mejoran la diversidad y el desempeño de los microorganismos que contribuyen en los procesos de mantenimiento y recuperación de su fertilidad (Capistrán *et al.*, 2010).

Si bien son varias las técnicas que se pueden utilizar para no desaprovechar la parte biológica de un suelo, de la cual depende en gran medida el buen funcionamiento de un agroecosistema, se hacen necesarias la protección y conservación mediante la combinación de ciertas estrategias de manejo orientadas al aprovechamiento racional de áreas con aptitud agrícola, ganadera o forestal. En consecuencia, la combinación de faenas tales como la incorporación de materia orgánica, la biofertilización, la asociación y la rotación de cultivos, a menudo desempeñan un papel preponderante en el aumento de la producción en los agroecosistemas.

La biofertilización se convirtió en un aspecto central de la investigación agrícola a partir de los años noventa, debido a la ineludible necesidad de restringir el empleo desmedido e irracional de los agroquímicos, así como el de aminorar la degradación en los agro hábitats y fomentar el uso de tecnologías limpias orientadas a preservar la biodiversidad y obtener rendimientos sostenibles sin menoscabo del ambiente (Capistrán *et al.*, 2010).

El desarrollo de la agricultura ecológica en México ha sido sorprendente. Surge desde la década de los 80's, únicamente en algunos lugares y en pocos años, se ha extendido a muchas otras regiones, multiplicando su superficie e incursionando cada vez más en nuevos productos, constituyéndose en una opción económicamente viable para miles de productores campesinos e indígenas de escasos recursos.

La superficie mundial dedicada a la producción orgánica en el 2005 alcanzaba los 26 millones de hectáreas, donde Oceanía ocupaba el primer lugar, seguida por Europa y Latinoamérica (Céspedes, 2005). México se ha ubicado en el ámbito internacional como productor-exportador de productos ecológicos, más como consumidor (Cuadro 1). Esta alternativa productiva es practicada en el país por más de 33,000 productores e implica crear al año 16.4 millones de empleos (Pérez, 2004).

En el 2000, el producto orgánico más importante, con respecto a la superficie orgánica cultivada en México, fue el café, que representaba el 69% del total (70,838 ha) con una producción de 47,461 toneladas. En segundo lugar, se ubicó el maíz azul y el blanco, que participan en conjunto con el 4.5% de la superficie total orgánica (4,670 ha) y una producción de 7,800 toneladas. Finalmente, en tercer lugar está el ajonjolí con el 4% de la superficie (4,124 ha) y una producción de 2,433 toneladas. De la producción orgánica de México, el 85% se destina a la exportación (Cuadro 1), el resto se vende en el mercado doméstico, principalmente como producto convencional porque todavía no existe una demanda nacional de estos productos (Pérez, 2004).

Cuadro 1. Productos orgánicos en México.

Producto	Destino
Café	EE. UU., Alemania, Holanda, Suiza,
Mango	Japón, Italia, Dinamarca,
Miel	España, Francia, Australia
Aguacate	EE. UU., Japón, Canadá, Inglaterra,
Hortalizas	Australia y Chile
Cacao	Alemania, Inglaterra, EE. UU. e Italia
Vainilla	Suiza, Inglaterra, Japón, Canadá y EE.
Jamaica	UU.
Ajonjolí	EE. UU. Canadá, Japón e Inglaterra
Plátano	Alemania y EE. UU.
Litchi	EE. UU. y Japón

Fuente: Gómez *et. al.* (2009).

2.2 Características generales de *Calendula officinalis* L.

La *Calendula officinalis* L. es una especie herbácea originaria de Egipto, introducida a Europa en el siglo XII, desde donde se extendió por el resto del mundo y se distribuye de forma disyunta por toda la región mediterránea. Crece fácilmente durante los meses de verano en las islas Británicas y en la actualidad se encuentra frecuentemente en los jardines de todo el mundo como planta ornamental. Extensamente se cultiva desde el siglo XVII en Europa, específicamente en Inglaterra y por sus propiedades medicinales en más de 10 países, entre ellos: Alemania, Colombia, Costa Rica, España, Estados Unidos, Francia, Hungría, Japón, Kuwait, México, Polonia, Rumania, Suecia, Suiza, y Unión Soviética (Acosta y Rodríguez, 2001).

Desde el punto de vista botánico, es una planta herbácea anual de color verde claro y de 30 a 60 cm de altura. En los primeros estadios la planta está conformada por una roseta basal, posteriormente desarrolla pedúnculos angulosos y pubescentes, que a menudo se encuentran ramificados desde la base. Las hojas son oblongo lanceoladas o espatuladas alternas de hasta 13 cm de largo.

En el ápice de los pedúnculos se encuentran los capítulos florales, cuyo diámetro oscila entre 3 y 6 cm, y están formados por flores liguladas marginales y tubulares en el centro de color amarillo a anaranjado. El involucre es gris-verdoso en forma de platillo de 1.5 a 3 cm de diámetro, el receptáculo desnudo, plano o ligeramente prominente y su fruto es un aquenio (Acosta y Rodríguez, 2001). La parte utilizada en la industria farmacéutica son las inflorescencias o capítulos enteros secos y también los flósculos aislados. En menor medida se emplean las hojas.

La caléndula es una especie resistente al estrés, por lo que es poco exigente en relación al contenido de materia orgánica en el suelo. Crece bien en los suelos de mediana fertilidad, pero se cultiva en tierras ricas en materia orgánica. La temperatura óptima para la germinación de las semillas está entre 18 y 24 °C, sin embargo, durante el resto de las etapas del desarrollo admite temperaturas superiores.

Su desarrollo óptimo es en climas templados, aunque resiste heladas y sequías. Por ser una planta cultivada desde la antigüedad existen numerosas variedades, las que se diferencian

fundamentalmente por el tamaño, coloración y por la complejidad de la corola. Es una planta que se cultiva como anual y que se desecha después de la producción de flores después de cuatro a cinco meses.

Las inflorescencias de la caléndula presentan entre otros componentes: aceites esenciales en (0.2 a 0.3 %), ácido salicílico, ácido fenólico, esteroides, carotenoides, glucósidos, flavonoides, taninos, calendulina, una saponina triterpénica, pigmentos, xantofilas, mucílagos, umbeliferona, esculetina y escopoletina, entre otros. (Acosta & Rodríguez, 2001)

Medicinalmente es una especie que debe su fama a sus efectos terapéuticos de diversas afecciones, entre las que podemos citar de una forma selectiva las siguientes: para la curación de las heridas, en el tratamiento de la gastritis, de las úlceras, hepatitis y otras enfermedades gastrointestinales; en el tratamiento de la hipertensión, taquicardia y arritmia; así como en el tratamiento de diversas afecciones del sistema urinario (Valdés y Piquet, 1999).

Las cabezuelas o las flores liguladas de caléndula son ampliamente utilizadas por sus propiedades antiinflamatorias, espasmódicas, sedativas, sudoríficas, vulnerarias y bactericidas contra *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus fecalis*; los extractos de las flores se recomiendan en el tratamiento de leucorrea. En aplicación interna se usa para estimular la actividad hepática y por tanto la secreción biliar, también se utiliza en el tratamiento de úlceras gástricas.

En emulsión acuosa para el tratamiento de afecciones de la piel, para el uso externo (dermatológico), se puede utilizar la decocción de la caléndula para lavados o compresas, y también incorporado en ungüentos, pomadas, cremas, jabones y talcos. Además de su uso medicinal, se refiere su empleo en cosméticos, en la preparación de shampoos y cremas (Muñoz, 2004).

Además de sus propiedades medicinales se le atribuyen ciertas características alelopáticas ya que exuda sustancias de sus raíces, las cuales eliminan nematodos del suelo, atrae a los polinizadores y sus principios activos actúan como bactericidas; por lo tanto es una planta de un gran interés tanto farmacológico como agroecológico (Méndez, 2008).

Aunque la caléndula es poco exigente en la cuestión nutrimental, se tiene referencia que se puede desarrollar mejor sobre suelos ricos en materia orgánica, ya que pueden adquirir un mejor desarrollo y productividad (García, 2012).

2.3 Suelos sanos plantas sanas.

Los nutrimentos son los elementos esenciales para el crecimiento de la planta, la cual los toma del suelo o del agua (en un medio hidropónico). Los nutrimentos primarios son el nitrógeno, el fósforo y el potasio, los cuales son consumidos en cantidades relativamente grandes. Tres de ellos son tomados en menores cantidades, pero son esenciales para su crecimiento: el calcio, el magnesio y el azufre. Los micronutrientes o elementos trazas son requeridos en cantidades muy pequeñas, pero generalmente son importantes para el metabolismo vegetal y animal, estos son el hierro, el zinc, el manganeso, el boro, el cobre, el molibdeno y el cloro. Además, la presencia del sodio, cobalto y silicio parece ser favorable para algunas especies vegetales, pero no son considerados como nutrientes esenciales (FAO, 1999). Todos estos nutrientes deben ser proporcionados a las plantas en menor o mayor cantidad según su estado fenológico o las condiciones en que se encuentra el suelo agrícola.

Un suelo rico en materia orgánica y con una buena cantidad de microorganismos, es capaz de proveer los nutrientes necesarios a todas las plantas y éstas, a su vez, al obtener del suelo la cantidad de nutrientes necesarios para su desarrollo crecen de manera ideal. Un suelo sano es sinónimo de salud en las plantas ya que estas no presentan deficiencias en su crecimiento, además de ello al ser plantas sanas presentan una notable resistencia a los patógenos y a las plagas. Por lo anterior, es necesario mantener en el mejor estado posible el suelo.

Para que las plantas crezcan sanas y produzcan bien, es necesario que el suelo posea suficientes nutrientes. Para satisfacer adecuadamente las necesidades individuales de los cultivos es importante que los nutrientes se mantengan balanceados en el suelo. La escasez de sólo uno de ellos puede mermar seriamente los rendimientos de los cultivos (Durán y Henríquez, 2007).

Por último, las prácticas para mejorar la productividad del suelo pueden impactar directamente en la susceptibilidad fisiológica del cultivo a los insectos plaga (resistencia al ataque y/o alterar la aceptabilidad de las mismas). Algunos estudios han demostrado cómo el cambio a un manejo orgánico disminuye el potencial de plagas y enfermedades (Altieri & Nicholls, 2007). Además, los ácidos húmicos contenidos en la materia orgánica humificada aumentan la capacidad de retención de agua y la aireación del suelo, mejoran la agregación y evitan el encostramiento del mismo. En la planta los ácidos húmicos estimulan el desarrollo de raíces y tallos, mejoran la absorción de nutrientes, estimula y aumenta la absorción de nitrógeno, entre otros (Félix *et al.*, 2008).

2.4 Abonos orgánicos

Los residuos orgánicos sin descomponer están formados por: hidratos de carbono simples y complejos, compuestos nitrogenados, lípidos, ácidos orgánicos (cítrico, fumárico, málico, malónico, succínico); polímeros y compuestos fenólicos (ligninas, taninos, etc.) y elementos minerales. Todos estos componentes de la materia viva sufren una serie de transformaciones que originan lo que conocemos como materia orgánica, propiamente dicha. En el suelo coinciden los materiales orgánicos frescos, las sustancias en proceso de descomposición (hidratos de carbono, etc.) y los productos resultantes del proceso de humificación; todos ellos forman la materia orgánica del suelo (Pérez, 2008).

El suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de distinto origen, entre estos: restos de las plantas superiores que llegan al suelo de dos maneras; se depositan en la superficie (hojas, ramas, flores, frutos) o quedan directamente en la masa del suelo (raíces al morir). Otras dos fuentes importantes son el plasma microbiano y los restos de la fauna habitante del suelo (Meléndez & Soto, 2003).

Inmediatamente después de la caída de los materiales al suelo y muchas veces antes, comienza un rápido proceso de transformación por parte de los macro y microorganismos que utilizan los residuos orgánicos como fuente de energía. El proceso de descomposición está acompañado de la liberación de CO₂ y de los nutrientes contenidos en los residuos orgánicos.

Existe una gran diversidad de materiales que son utilizados como fuente de materia orgánica al suelo y que pueden ser aplicados en forma fresca o bien, luego de un proceso de elaboración como abonos orgánicos. Dependiendo de la actividad que los produce, estos materiales pueden ser clasificados de origen agrícola, ganadero, forestal, industrial y urbano. Por lo general, los abonos orgánicos son producidos a partir del proceso de compostaje y en algunos casos, pueden ser reforzados con productos químicos con el afán de mejorar su calidad final (Durán & Henríquez, 2007). Los abonos orgánicos más comunes son el bocashi, el compost, las tierras fermentadas, el vermicompost, y los extractos vegetales, los cuales requieren cierto proceso de elaboración. Otros como los abonos verdes y rastrojos, simplemente se incorporan al suelo.

La calidad del abono está relacionada con los materiales que la originan y con el proceso de elaboración, esta variación será tanto en contenido de nutrientes como de microorganismos en la composta madura, y con base en estas variaciones se modificará el uso potencial. La microflora nativa de las compostas puede o no tener efecto antagónico sobre patógenos del suelo, y además esta microflora continuará la degradación de la materia orgánica volviendo disponibles los nutrientes para la planta. Mientras mayor diversidad tenga la materia orgánica de la que se forma la pila o cama, mayor cantidad de nutrientes tendrá la composta madura (Félix *et al.*, 2008).

Los abonos orgánicos presentan una concentración de nutrientes relativamente alta y a pesar de esta característica pueden ser aplicados directamente a los cultivos. Se pueden utilizar también como aditivos en la preparación de soluciones nutritivas para cultivos hidropónicos. Las ventajas de la utilización de los fertilizantes orgánicos son considerables, no sólo por su bajo costo, sino por los excelentes resultados que se obtienen en la producción agrícola de todo tipo de cultivos:

- Mejoran las propiedades físicas del suelo.- La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, además aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo, por ello se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.

- Mejoran las propiedades químicas.- Aumenta el contenido en macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes (B, Ca, Mg, etc.), la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), y además, es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.
- Mejoran la actividad biológica del suelo.- Actúa como soporte y alimento de los microorganismos, ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.
- Mejoran la población microbiana que es un indicador de la fertilidad del suelo.- La lista de materiales orgánicos que pueden compostarse es grande. Hay productos de desechos industriales y comerciales, a los cuales se puede tener acceso en abundancia. La siguiente es una lista parcial: mazorcas de maíz, desperdicios de algodón, desechos de restaurantes o materiales vegetales del mercado, desperdicios de vid, aserrín, pelo, cáscaras de cacahuate, papel y cartón, polvo de roca, aserrín, plumas, harina de semilla de algodón, harina de sangre, harina de hueso, desperdicios de cítricos, café, alfalfa y conchas marinas molidas (Ramírez y Sainz 2012).

El uso y aplicación de materia orgánica en la agricultura es milenaria, sin embargo, paulatinamente fue experimentando un decrecimiento considerable, probablemente a causa de la introducción de los fertilizantes químicos que producían mayores cosechas a menor costo. Durante los últimos años se ha observado un creciente interés sobre la materia orgánica, habiendo experimentado su mercado un gran auge ligado al tema de los residuos orgánicos que encuentran así una aplicación y el desarrollo de nuevas tecnologías (López *et al.*, 2001).

2.5 Composta

Es un abono natural que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos de origen animal y vegetal que son transformados por acción de los microorganismos del suelo en una sustancia activa conocida como humus. El humus mejora la fertilidad y la estructura del suelo, su calidad en nutrientes depende de los insumos que se han utilizado para su preparación, como el tipo de estiércol y residuo vegetal, además del tiempo o edad del compost, pero en promedio contiene 1.04% de nitrógeno, 0.8% de fósforo y 1.5% de potasio (Gomero *et al.*, 1999).

Entre los beneficios que proporciona la implementación del uso de compost podemos enlistar los siguientes (SAGARPA):

- Mejora la sanidad y crecimiento de las plantas siendo un almacén de nutrientes disponibles.
- Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo así como su Intercambio Catiónico.
- Fuente de alimento para los microorganismos.
- Amortigua cambios de temperatura y pH en el suelo.
- Las plantas pueden absorber mayor cantidad de nitrógeno gracias a la relación C/N del suelo.
- Logra la descomposición parcial o total de algunos agrotóxicos.

En términos generales, en el proceso de compostaje se produce una pérdida del 6 al 10% del volumen inicial de residuos, debido a los procesos bioquímicos y a la manipulación del material. El proceso de composteo es una tecnología poco costosa que puede ser aplicada para el manejo de algunos de los residuos de mataderos, rastrojos, podas y desechos urbanos (Uicab-Brito y Sandoval, 2003). Asimismo, es una de las técnicas más empleadas para mantener y promover la salud del suelo.

2.6 Bocashi

El Bocashi es un abono orgánico fermentado que, en comparación al compost, pasa por un proceso de descomposición más acelerado y se consigue el producto final más rápido (3-4 semanas). Comúnmente utilizado en Centroamérica, cuya receta tiene origen japonés, ha sido adaptada por los agricultores para su uso local. Actualmente, se considera el bocashi como un receta que busca estimular las poblaciones microbianas en el abono, que mezcla en general materias primas de partícula pequeña (granza, gallinaza, carbón picado, semolina, suelo, etc.), que evita temperaturas mayores a los 45-50 ° C, que se humedece solamente al inicio y que se va secando mediante volteo frecuente hasta estar listo para el almacenaje en una o dos semanas. El bocashi presenta la característica que por ser un material sin terminar de

compostear y al ser humedecido de nuevo, vuelve a incrementar la temperatura, por lo que no se debe aplicar muy cerca de las plantas (Soto & Meléndez, 2004).

2.7 Lombricomposta.

Es una técnica que involucra varios procesos biológicos que aceleran la mineralización de un residuo orgánico en descomposición y lo convierte en abono para las plantas. El lombricomposteo es una ecotécnica sencilla, viable y fructífera para la producción intensiva de abono orgánico. Por la calidad del producto que genera, puede hablarse del abono orgánico de mejor presentación, calidad y cotización en el mercado.

El abono de las lombrices no es sino el conjunto de las excretas o heces fecales de las mismas; tiene la misma apariencia y olor de la tierra negra y fresca, es un sustrato estabilizado de gran uniformidad, contenido nutrimental y con una excelente estructura física, porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de humedad. Durante el proceso no se generan desperdicios, malos olores o atracción de organismos indeseables, además no requiere de equipos costosos, conocimientos profundos o controles estrictos (Morín, 2012).

III. PROBLEMÁTICA.

Actualmente hay poca información en relación al cultivo ecológico u orgánico de la caléndula, su producción se basa en la agricultura con insumos químicos que tanto daña al ambiente y a la salud humana. La base de la agricultura ecológica la constituye el suelo, su fertilidad específicamente, la cual está dada por su contenido en materia orgánica y nutrientes necesarios para el desarrollo de los cultivos.

En la Agricultura Ecológica, la base de la producción la constituyen los abonos orgánicos; sin embargo, en la literatura aunque hay una gran cantidad de ellos, muy pocos han sido evaluados en su potencial productivo. Por ello, es necesario valorar el uso de abonos orgánicos en la producción comercial de plantas medicinales que le permitan al consumidor tener mejores alternativas de uso.

Alguna literatura establece que la fertilización es indispensable para el buen desarrollo de las plantas, por ello es recomendable hacer fertilizaciones orgánicas que son amigables con el medio ambiente (Cuevas, 1995). En el caso de las plantas medicinales, estas puede ser una

opción para incrementar la calidad de dichos cultivos, de aquí la necesidad de valorar algunos abonos orgánicos elaborados con insumos locales.

IV. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO

El experimento se realizó en un invernadero de las instalaciones del vivero Chimalxochipan, de la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, localizado en el Campo II de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México. El lugar presenta un clima al exterior templado subhúmedo con temperatura de 10-18° en invierno y 18-22° en primavera con precipitación de 600-1000mm en promedio al año con una extensión de 500m²; en el interior del invernadero la temperatura promedio en los meses de Octubre a Diciembre es de 30.9° y en los meses de Enero a Marzo de 32.9°; donde el riego es controlado por un sistema de mangueras (goteo focalizado).

V. JUSTIFICACIÓN

Actualmente es bien sabido que las labores culturales y la explotación de los suelos disminuyen el contenido de materia orgánica y nutriente, lo que afecta las propiedades físicas, químicas, biológicas y su potencial productivo. Por tal motivo, se hace necesaria la búsqueda de alternativas que compensen las necesidades nutrimentales de los cultivos para obtener aceptables rendimientos sin llegar a agotar las reservas del suelo. Esto es particularmente importante en el cultivo de las plantas medicinales, donde el uso de fertilizantes químicos no es recomendable, ya que estos cultivos requieren estar libres de sustancias contaminantes y residuos tóxicos, condiciones necesarias para obtener materias primas con la óptima calidad que requiere la elaboración de los fitomedicamentos.

En este aspecto, los abonos orgánicos fueron durante muchos años la única fuente utilizada para mejorar y fertilizar los suelos, primero en su forma simple: residuos de cosechas, rastrojos y residuos animales, después en su forma más elaborada: estiércol y compost. Los abonos orgánicos pueden constituir una eficiente solución en el reemplazo de los fertilizantes minerales, sin embargo, con el desarrollo de la industria y la producción de éstos, la utilización de los abonos orgánicos ha sido muy limitada lo que ha ocasionado deterioro en los suelos y contaminación del medio ambiente.

Esta situación es preocupante en todo el mundo, por lo que se están realizando acciones para lograr producciones agrícolas por medio del establecimiento y desarrollo de la agricultura sostenible, en la que la utilización de abonos orgánicos entre otros factores, constituye la base para la sustitución de fertilizantes químicos y así proporcionar al suelo los elementos que necesitan las plantas y mantener el equilibrio ecológico (López *et al.*, 2001).

Las plantas medicinales constituyen hoy en día una fuente de materia prima en la industria farmacológica, por ejemplo, la caléndula que es una planta muy importante en la industria cosmetológica; actualmente se utiliza ampliamente por sus propiedades anti- inflamatoria, antiespasmódica, sedante, sudorífica, vulnerarias y bactericida. En aplicación interna se emplea como estimulante de la actividad hepática, la secreción biliar y en el tratamiento de úlceras gástricas. Externamente la decocción, tintura o pomada, se emplea en escaras, úlceras varicosas, erupciones cutáneas y otras afecciones de la piel. En cosméticos se utiliza como materia prima para la elaboración de lociones, cremas, jabones y shampoos. En el terreno de la industria alimenticia, se emplean colorantes elaborados de estas flores (Kathora, 2009).

En la actualidad, la caléndula forma parte de la materia prima para la obtención de los compuestos orgánicos más demandados en la farmacología y cosmetología mundial, por ello es necesario establecer las bases de su manejo agronómico para producir plantas de mayor calidad así como cultivos más rentables.

VI.- HIPÓTESIS

La composición química de los abonos orgánicos tendrá un efecto en la producción de flores de la caléndula, así, aquellos abonos con un mayor contenido de fósforo y potasio resultarán en plantas con mayor rendimiento de flores y con un perfil químico más complejo.

VII. OBJETIVOS

7.1 General

Evaluar el uso de abonos orgánicos en el rendimiento de la producción de biomasa y flores de *Caléndula officinalis L.*

7.2 Objetivos Particulares

7.2.1 Determinar el contenido de NPK en los abonos orgánicos: lombricomposta, composta, bocashi.

7.2.2 Cuantificar el rendimiento de flores de caléndula con cada uno de los abonos orgánicos.

7.2.3. Evaluar el efecto del abono orgánico, en la composición química de las flores de *Caléndula officinalis L.*

VIII. METODOLOGÍA.

La metodología se dividió en tres partes (Fig. 1):

- a. **Elaboración de los abonos orgánicos.**- Durante esta etapa, se prepararon y se verificaron los procesos de composteo de bocashi y composta, usando las técnicas sugeridas en el Centro de Capacitación en Agricultura Orgánica “Chimalxochipan”, localizado en el campo 2 de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Posteriormente, se realizaron los análisis químicos de cada uno de los abonos orgánicos.
- b. **Cultivo de las plantas.**- Esta etapa comprendió desde la germinación de las semillas hasta la cosecha de las plantas al cabo de seis meses, durante los cuales, se realizaron riegos, fertilizaciones y toma de datos por tratamiento. Dicho proceso se realizó dentro del invernadero del Centro de Capacitación en Agricultura Orgánica “Chimalxochipan”.
- c. **Perfil cromatográfico de las flores de caléndula.**- Esta parte se realizó con muestras de flores secas, procediendo a realizar una extracción de sus componentes químicos sólidos-líquidos con disolventes orgánicos para luego llevar a cabo la cromatografía en capa fina. De igual forma, se elaboró en el Laboratorio de Química Orgánica L-314 bajo supervisión del Mtro. en C. Arturo E. Cano Flores.

Una vez concluida la parte experimental, se procedió a la captura y manejo estadístico de datos.

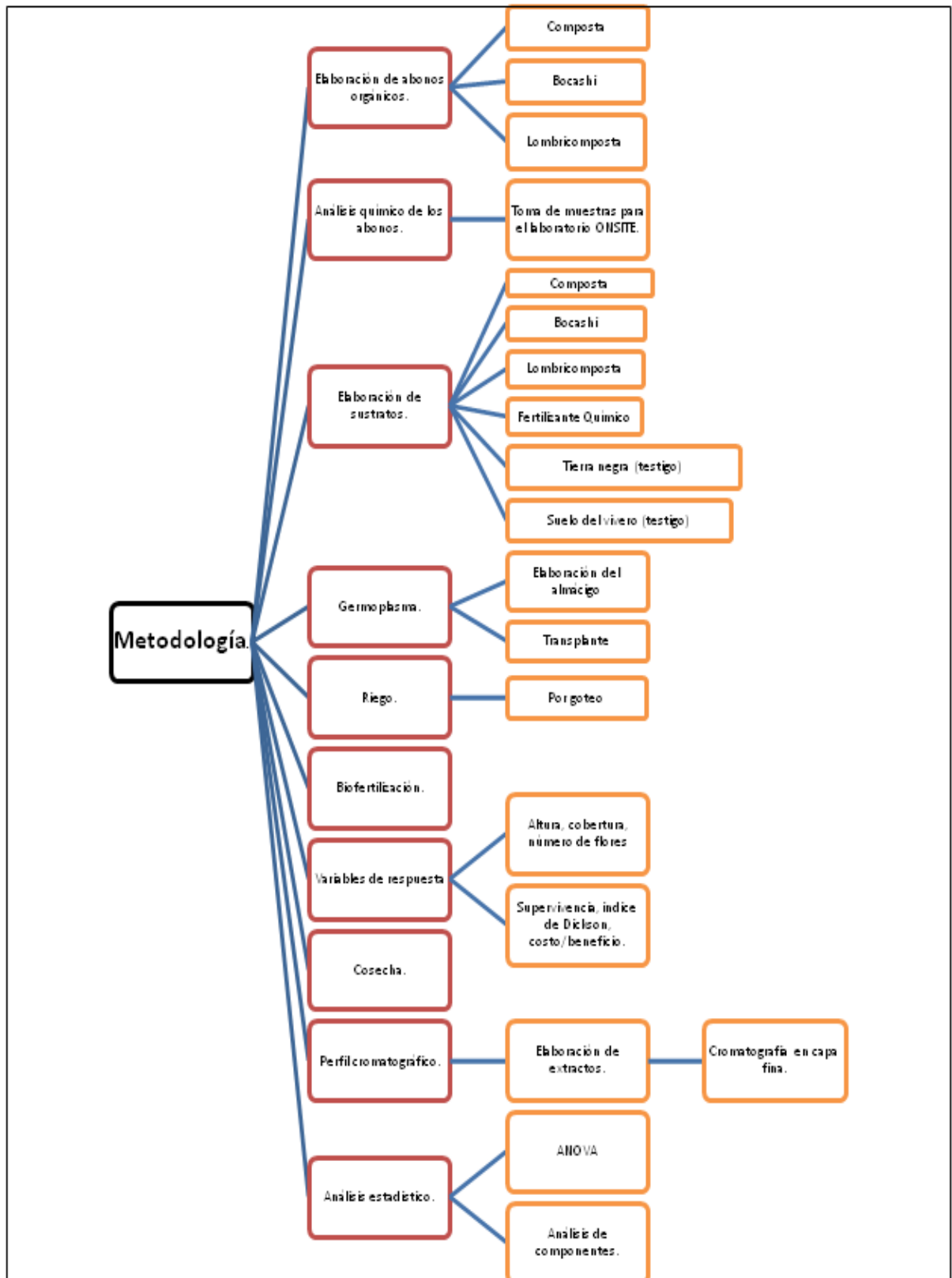


Figura 1. Diagrama de la metodología de estudio

8.1 Elaboración de abonos orgánicos

8.1.1 Bocashi

Para la elaboración de este abono fue necesario destinar un área sombreada localizada en la zona de composteo dentro del Centro de Capacitación en Agricultura Orgánica “Chimalxochipan”, se elaboró sobre un plástico de buen tamaño que sirvió posteriormente para cubrirlo y mantener la humedad. Primero se disolvió el piloncillo, el azúcar y la levadura por separado en aproximadamente 10 L de agua cada uno.

Se extendió el plástico y sobre él se colocó una capa ligera de pasto, luego una de aserrín, una de maíz, carbón, avena, salvado, estiércol y una de suelo (Cuadro 2); una vez que se terminó de agregar los materiales, se realizó un riego ligero con la dilución del azúcar, el piloncillo y la levadura. Mientras se realizaba el riego se mezclaron perfectamente los materiales; una vez que hubo quedado lo más homogéneo posible, se prosiguió a volver a poner los ingredientes en capas como se realizó al principio, después de lo cual, se repitió el riego y se mezcló perfectamente. Se repitieron los pasos anteriores hasta que los materiales se agotaron.

Una vez que la mezcla fue homogénea, se prosiguió a asegurar que la humedad fuese la correcta; para ello se tomó un puño de la mezcla y se apretó fuertemente (si no escurre agua le falta humedad, el óptimo será cuando sólo escurran algunas gotas del puño de mezcla) (Román, 2012). Ya que la mezcla obtuvo la humedad adecuada, se cubrió perfectamente para evitar la pérdida de agua y que las moscas ovopositaran en ella.

Durante los próximos cuatro días se movió un par de veces (en el mismo día) la mezcla para airear y regular la temperatura, después de este tiempo, se dejó la mezcla por otros 24 días a la sombra hasta culminar la maduración. Esto se determinó una vez que el color y la textura fueron homogéneos.

Cuadro 2.- Componentes del bocashi y la composta.

Materia Prima	Cantidad utilizada (kg).	
	Composta	Bocashi
Pasto	0.06	0.16
Estiércol	0.11	0.34
Suelo	0.47	0.25
Aserrín	0.02	0.16
Residuos de cocina	0.63	---
Levaduras	----	0.02
Roca fosfórica	0.02	---
Leche	---	0.21
Azúcar/Piloncillo	---	0.14
Maíz/Avena/Salvado de trigo.	---	0.13

*Utilizados para producir un kilogramo de abono.

8. 1.2 Composta

La composta se realizó en el área de composteo del Centro de Capacitación en Agricultura Orgánica “Chimalxochipan”, dentro de una estructura hecha con malla de gallinero para lo cual primero se debió cortar la materia orgánica (MO) lo más pequeño posible (2.5-5 cm), una vez que la MO estuvo lista se puso en capas: una de MO, de aserrín, pasto, paja, estiércol y suelo; se mezclaron perfectamente y al mismo tiempo, se fue adicionando agua hasta lograr una humedad adecuada (se realizó la prueba del puño). Una vez que hubo quedado homogénea, se cubrió para evitar su desecación.

Mediante esta técnica, la composta se aireó cada semana y se adicionó agua siempre que fue necesario (se realizó la prueba del puño y si no había suficiente humedad, era necesario un riego ligero). Al cabo de 3 o 4 meses, ya que la MO se había transformado totalmente, se consideró que ésta ya estaba lista para ser cosechada (Román, 2012), sin embargo, la metodología utilizada en este trabajo nos permitió cosechar la composta al cabo de 8 semanas (Cuadro 2).

8.1.3 Lombricomposta

La lombricomposta utilizada en este experimento no fue elaborada dentro de la Facultad Zaragoza; fue comprada a un productor orgánico cuya *Finca Biodoni*, está ubicada en Nepantla, en Estado de México. La Finca Biodoni, se dedica a la producción de café orgánico y su lombricomposta lleva el mismo método de elaboración que el utilizado en el Centro de Capacitación en Agricultura Orgánica “Chimalxochipan”.

8.1.4 Determinación de la composición química-nutricional de los abonos orgánicos.

Para conocer la condición nutricional de cada abono orgánico, se tomó una muestra de 1.3 Kg de cada uno de ellos para su análisis nutricional en el laboratorio privado de Onsite de México. Para esto, la muestra se secó al sol y se tamizó con un tamíz del número 8; posteriormente se envasó en bolsas tipo *ziploc* para la determinación de los siguientes parámetros, cada uno con tres repeticiones: N, P, K, Ca y Mg, según la Norma Oficial Mexicana (NOM-021):

- Nitrógeno: Este parámetro se determinó mediante la utilización del método de nitrógeno inorgánico extraíble con el procedimiento micro-Kjendal, mediante el cual se midió la disponibilidad de Nitrógeno inorgánico en el suelo (AS-08 NOM 021 SEMARNAT 2000).
- Fósforo: Se evaluó por el método de espectrofotometría, preparando una solución extractora de HCL y NH_4F y una curva patrón por el método (AS-10 NOM 021 SEMARNAT 200), para suelos neutros y alcalinos.
- Potasio por método (AS-12 NOM 021 SEMARNAT 2000) con base en el principio de saturación de la superficie de intercambio con un catión índice.
- Calcio, Magnesio: Estos parámetros se determinaron por medio de espectrofotometría de absorción atómica.

8.1.5 Cultivo de plantas de caléndula

- Siembra en almácigo.

Para la germinación de las semillas de caléndula se utilizó un almácigo de celdas (200), en el cual, el sustrato utilizado fue una mezcla de composta/lombricomposta/bocashi/turba en relación de 30:30:30:10 (volumen). Posteriormente, se colocó una semilla de caléndula en cada celda; la semilla utilizada fue comprada en el mercado de hortalizas de Xochimilco, marca "Hortaflor". La semilla se sembró superficialmente (0.5 cm) y se cubrió con sustrato, el cual se humedeció antes de colocar la semilla. El almácigo además fue inoculado con "Insumo para Producción Orgánica Azotobacter" (inoculante fijador de Nitrógeno envasado por NOCONON, SA de CV) para estimular la germinación (Delgado *et al.*, 2003); aplicándose en relación de 1.25 ml por cada litro de agua en un único riego al almácigo. La germinación se llevó a cabo a cielo abierto a temperatura ambiente 24-27 °C.

8.1.6 Trasplante

Se realizó el trasplante al mismo tiempo para todos los tratamientos, este se llevó a cabo cuando las plántulas alcanzaron 10 cm de altura en el almácigo y presentaron por lo menos dos hojas verdaderas. El trasplante se hizo colocando una planta en una bolsa de plástico negro calibre 600, de aproximadamente 15 × 25 cm. Cada tratamiento tuvo diez unidades experimentales (bolsas de plástico) con 2.5 kg de sustrato en peso.

8.2 Descripción de los tratamientos:

8.2.1 Tratamiento con composta (Fig. 12).

Se preparó el sustrato mezclando completamente y de manera homogénea, composta y tierra negra en una proporción 1:2, con esta mezcla se llenaron 10 macetas especiales de vivero de 15×25 cm.

A partir del primer mes, se realizaron las biofertilizaciones con 200 ml (volumen) de abono orgánico (seco) composta, la cual se aplicó aporcando alrededor del tallo de cada planta. Las biofertilizaciones se repitieron cada mes, desde septiembre hasta el mes de enero.

Posterior al mes de enero las bolsas que contenían las plantas estaban completamente llenas y ya no se pudo aplicar más biofertilizante sólido.

8.2.2 Tratamiento con bocashi (Fig. 14).

En este caso, la tierra y el abono orgánico se colocaron en las bolsas de vivero por separado (sin mezclarlo), la proporción fue de dos partes de tierra por una de bocashi. Para lo cual, considerando la profundidad de la bolsa, ésta se dividió en tres partes. En la parte más profunda se colocó primero, un tercio del volumen de la bolsa de tierra negra; en el segundo tercio el bocashi y en el tercer tercio, tierra negra. Esto con el fin de evitar que el bocashi quedara expuesto a los rayos solares y promoviera la descomposición de la fauna edáfica. Asimismo para evitar el daño a las raíces debido a la generación de calor por la descomposición orgánica.

Una vez transcurrido el primer mes, se realizó un aporque de bocashi alrededor del tallo de la Caléndula, este se llevó a cabo con 200 ml de abono (seco), repitiéndose la operación cada mes desde noviembre a enero.

8.2.3 Tratamiento con lombricomposta (Fig. 13).

Para este tratamiento se utilizó una relación 2:1 de suelo y lombricomposta, donde se colocó primero el suelo y en la parte superior de la maceta la capa de lombricomposta. Esto con el fin de propiciar que durante el riego los nutrientes y las hormonas que posee la lombricomposta se lixiviaran por todo el sustrato y pudieran ser atrapados por la raíz de la planta.

En el caso de la biofertilización orgánica, se aplicó cada 30 días utilizando 200 mL de lombricomposta (seca) para aporcar las plantas. Esto a partir del primer mes transcurrido el trasplante y hasta el mes de enero.

8.2.4 Tratamiento con fertilizante químico “testigo 1” (Fig. 11).

Se utilizó un fertilizante químico específico para floración de plantas de ornato cuya composición nutrimental de NPK fue de 40:30:30 conocido comúnmente como “Nutriente Vegetal Foliar Líquido Bayfolan Forte”. La primera fertilización fue con una dilución de 2.5 ml por cada litro de agua en el riego (200 ml de la dilución del fertilizante químico), esto se aplicó cada mes a partir de noviembre. Una vez que las plantas obtuvieron una talla considerable y presentaron los primeros botones florales la concentración, se elevó a 5 ml/l de agua; esto a partir del mes de enero y hasta la cosecha en marzo.

8.2.5 Tratamiento con tierra de monte “testigo 2” (Fig. 15).

Se utilizó tierra de monte como un testigo adicional, dicho suelo se adquirió en un local del mercado de las flores en Cuemanco, Xochimilco. Este tratamiento sólo fue sometido a riego con agua corriente los mismos días en que todos los tratamientos recibieron su riego regular.

8.2.6 Tratamiento con suelo del vivero “testigo 3” (Fig. 16).

Se utilizó suelo proveniente del vivero de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II, el cual es considerado como un suelo salino y pobre en materia orgánica, con déficit de nutrimentos. Durante la fase experimental el tratamiento sólo recibió riego con agua corriente.

8.2.7 Riego.

El riego se llevó a cabo tres veces por semana mediante un sistema de riego localizado por goteo, en el cual, se vertían sobre las macetas un aproximado de 30 gotas por minuto y sólo se mantuvo durante 5 minutos, en los meses de octubre a diciembre y por 10 minutos en los meses de enero a marzo.

8.3 Variables de respuesta.

Todos los tratamientos constaron de 10 repeticiones y en cada repetición se evaluó quincenalmente las siguientes variables de respuesta:

- Supervivencia: Se calculó mediante el cociente del número de plántulas germinadas/número total de semillas colocadas en el almácigo.
- Altura: Se midió y se registró una vez transcurrido el primer mes posterior al trasplante, después de esto se registró cada 15 días hasta el momento de la cosecha; éste se realizó registrando la altura total de la planta con un flexómetro.
- Cobertura: Una vez transcurrido un mes después del trasplante, se realizó la primera medición de este parámetro, posteriormente este se midió cada 15 días; para ello se midió la cobertura de la planta trazando una cruz imaginaria tomando la medida de ambas líneas y promediándolas. Posteriormente se aplicó la fórmula del cilindro para calcular su área y así obtener un estimado de la cobertura.
- Número de tallos secundarios y tiempo de aparición: Una vez que aparecieron los tallos secundarios se registró la fecha y el tiempo transcurrido desde el trasplante hasta la aparición de los mismos.
- Tasa de crecimiento relativo, la cual se calculó mediante la siguiente fórmula: (Leopold y Kriedeman ,1975).

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

Dónde: $t2$: tiempo final; $t1$: tiempo inicial.

- Edad de la planta o tiempo de aparición de las flores: Se registró la edad de la planta a partir de la cual apareció el primer botón floral. Se tomó en cuenta en función al tiempo.
- Número de flores por planta y tratamiento: Se cosecharon las flores clasificándolas en bolsas de papel de estraza, registrando de qué planta fueron cosechadas y a qué tratamiento correspondían.
- Tiempo de cosecha de las flores: La cosecha se realizó cuando la flor estaba completamente abierta y madura; así mismo, se registró el diámetro del cáliz de cada una de las flores.
- Índice de Dickson, se calculó mediante la relación entre el peso seco total de la planta (g) y la suma de la esbeltez y la relación parte aérea/parte radical (Birchler *et al.*, 1998).

Para calcular este índice, se tomaron las siguientes variables: peso seco de la planta (PS), altura (Ht), peso seco de la parte aérea (Pas); cobertura (dac) y el peso seco de la raíz (Rzs). El índice de Dickson se calculó de la siguiente manera (Cuevas, 1995):

$$\text{ICD} = \text{PS} / [(\text{Ht} / \text{dac}) + (\text{Pas} / \text{Rzs})]$$

- Biomasa peso fresco: durante la floración de las plantas, se cosecharon cinco plantas de cada tratamiento, se pesaron por separado raíz, tallo y hojas, y se registraron los valores.

8.4 Extracción del principio activo. Determinación cualitativa por Cromatografía de capa fina (CCF) del perfil químico de la caléndula (Guinda *et al.*, 2002).

Una vez realizada la cosecha de las flores en antesis, éstas se separaron por tratamiento, se secaron a temperatura ambiente dentro de bolsas de papel estraza y ya secas, se realizó la extracción de aceites esenciales en el laboratorio L-314 de la Facultad Zaragoza, bajo la asesoría del Mtro en C. Arturo Cano Ortiz (Figura 2):

- a) Preparación de los extractos “crudos” con disolventes de diferente polaridad hexano, AcOEt (Acetato de etilo) y MeOH (metanol), estos se realizaron sumergiendo todas las flores de cada tratamiento primero en Hexano (100%) por alrededor de 48 hrs, posteriormente éste se filtró y las mismas flores se sumergieron en AcOet (acetato de etilo 100%) previamente secadas al vacío. Por último, estas se sumergieron en el MeOH (metanol 100%) repitiendo los pasos anteriores y respetando el tiempo de pose.
- b) Determinación cualitativa por CCF de los extractos crudos. Por medio de CCF se determinó de manera cualitativa la presencia de los metabolitos secundarios mayoritarios presentes en los diferentes extractos crudos de Caléndula, a partir de plantas de vivero, suelo infértil y los tres abonos orgánicos a evaluar.

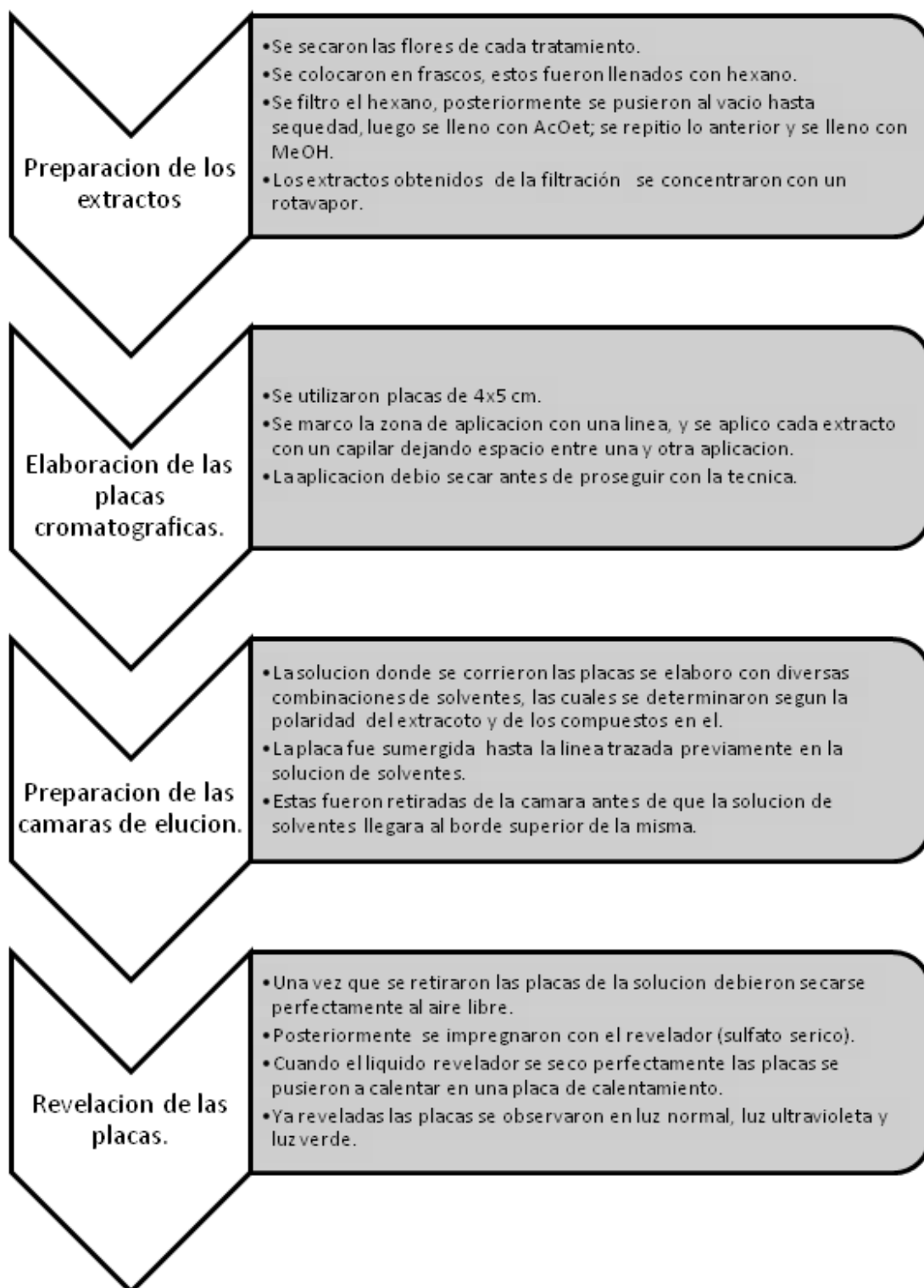


Figura 2. Diagrama de la técnica de cromatografía en capa fina (Guinda, *et al.*, 2002).

8.5 Cálculo del índice costo-beneficio

El análisis de rentabilidad económica de la producción de caléndula bajo una biofertilización se calculó con base a la relación beneficio/costo mediante la fórmula (Ruíz, 1996):

$$\text{Relación Beneficio / Costo} = \frac{\text{(Beneficios Totales)}}{\text{(Costos Totales de Producción)}}$$

Donde los beneficios totales corresponden a la ganancia total del rendimiento y los costos totales de producción son los costos de los insumos, más los costos de la mano de obra. Si el resultado del índice es mayor a 1, el cultivo de caléndula por este medio sería rentable, por el contrario, si es menor a 1, no presentaría beneficios económicos.

8.6 Análisis Estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar y consistió de seis tratamientos con 10 repeticiones (60 unidades experimentales). Para cada una de las variables de respuesta se realizó una prueba de normalidad (Kolmogorov) y una prueba de Levene para igualdad de varianzas. Cuando se cumplieron ambos supuestos, se realizó un análisis de Varianza (ANOVA). Cuando el ANOVA fue significativo se aplicó una prueba de diferencia mínima significativa de Tukey-Kramer ($P \leq 0.05$) para detectar diferencias entre los tratamientos.

Con un análisis de componentes principales (ACP), se exploró la relación (Correlación Pearson) entre las variables de respuesta y los nutrientes de los diferentes sustratos.

Los ANOVA se realizaron con el paquete estadístico NCSS versión 2007 (Hintze, 2007) y el ACP con el paquete estadístico XLSTAT versión 2014 (Addinsoft, 2014).

IX. RESULTADOS.

9.1 Siembra y permanencia de plántulas en el almácigo

La emergencia de las plántulas de caléndula se registró en promedio a los 15 días después de la siembra, obteniendo un porcentaje de emergencia de 37.5%. Después de la siembra, se realizó el trasplante cuando las plántulas presentaron en promedio 6 cm de altura, a los 44 días después de la siembra.

9.2 Análisis nutrimental de los sustratos

El análisis nutrimental demostró que el bocashi presentó el mayor porcentaje de nitrógeno, seguido por la lombricomposta, composta, tierra de monte y suelo del vivero (Fig.3). En cuanto al fósforo el suelo del vivero, presentó el valor más alto seguido de la lombricomposta, composta, bocashi y tierra de monte (Fig.4).

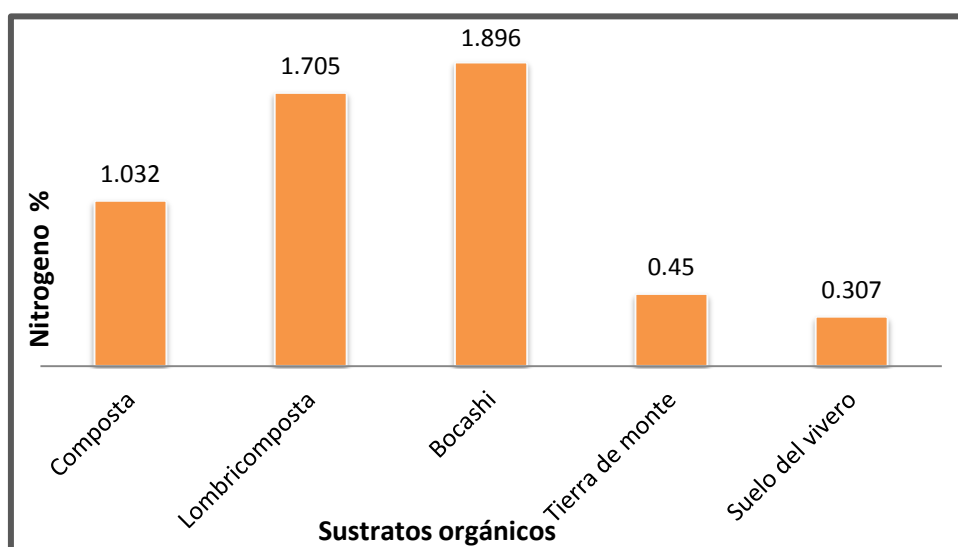


Figura 3. Concentración de nitrógeno total en cada sustrato evaluado

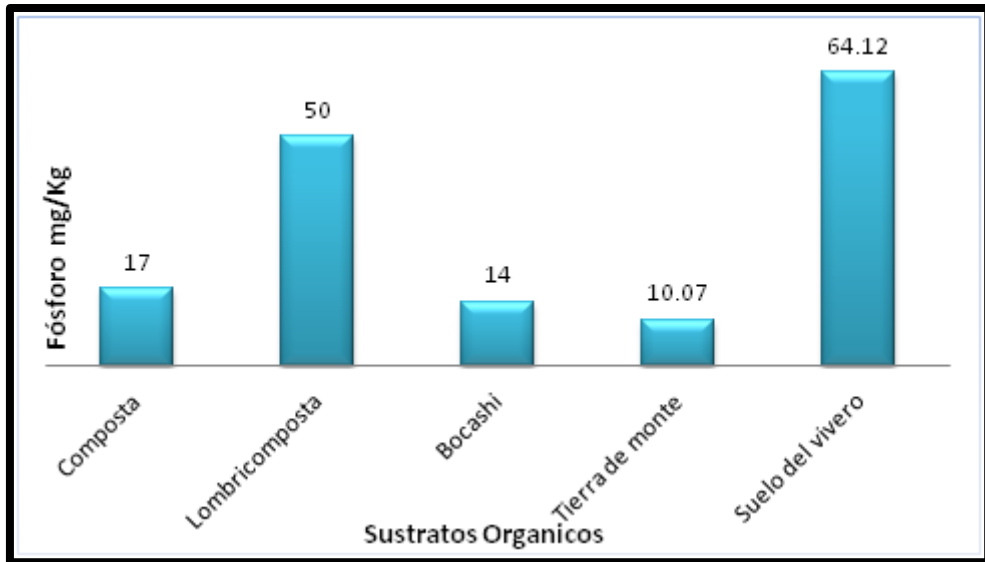


Figura 4.- Niveles de fósforo total en cada uno de los sustratos

Los valores para potasio (K), magnesio (Mg) y calcio (Ca) fueron mayores en la composta, seguido por el bocashi, la lombricomposta, suelo del vivero y la tierra de monte (Fig.5).

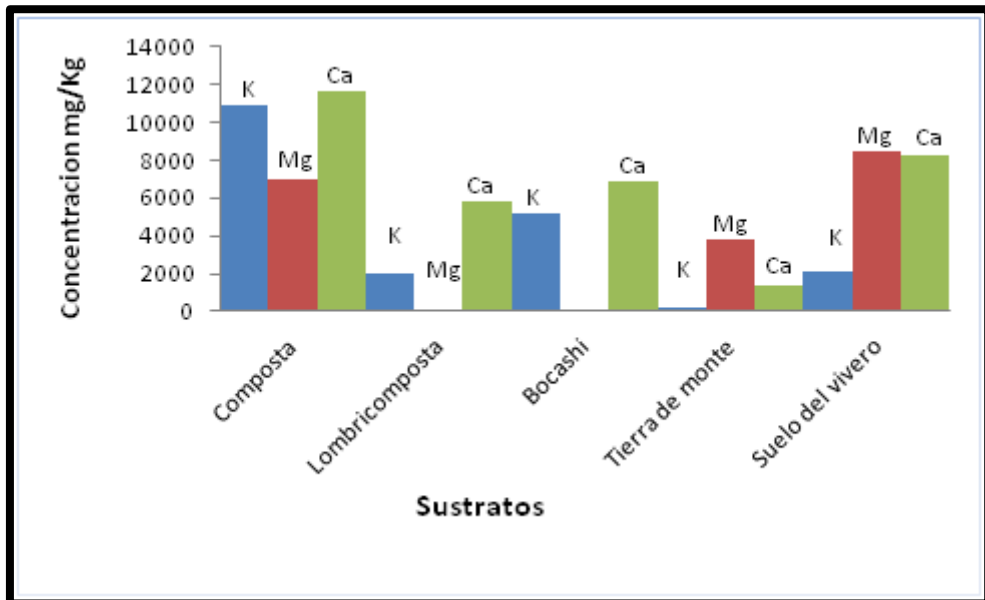


Figura 5. Contenido de K, Mg, Ca en los sustratos orgánicos

Cuadro 3. Valores de referencia para nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio según la NOM-021 SEMARNAT (2000)

clase	N (mg/kg⁻¹)	P (mg/kg⁻¹)	K (mg/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)
muy baja	0 a 10		menor a 78	menor a 2	menor a 0.5
baja	10 a 20	menor a 5.5	78 a 117	2 a 5	0.5 a 1.3
mediana	20 a 40	5.5 a 11	117 a 237	5 a 10	1.3 a 3
alto	40 a 60	mayor a 11	mayor a 237	mayor a 10	mayor de 3

En cuanto al nitrógeno, la composta, lombricomposta y bocashi, presentaron valores altos localizándose como “valores muy altos”. En cuanto al fósforo, la lombricomposta presentó el valor más alto ubicándose en la clase alta acompañada de la composta y el bocashi. Los tres abonos orgánicos presentaron valores altos de potasio; la composta, entre los tres abonos, presentó en cuanto al magnesio el valor más alto, sin embargo, los tres se situaron en el rango de “alto”. Por último, en cuanto al calcio, los tres abonos se clasificaron como “altos” en este mineral (Cuadro 3).

9.3 Variables de respuesta.

9.3.1 Altura

La altura registrada por tratamiento en las plantas de caléndula, en general, fue mayor en el de la composta, seguido por el de bocashi y fertilizante químico. En cuanto a los que obtuvieron los valores más bajos, fueron los tratamientos con el suelo del vivero, tierra de monte y lombricomposta, respectivamente.

En el análisis estadístico los tratamientos de composta, bocashi y fertilizante químico, registraron una altura promedio de 50 a 55 cm; estos tres tratamientos entre sí no mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$). Los tratamientos de lombricomposta y tierra de monte tuvieron valores entre 35-40 cm, este grupo fue diferente del primero y del suelo del vivero, el cual presentó los valores más bajos (23 cm) (Fig.6). En relación a la tasa de crecimiento, se presentó la misma tendencia que para la altura, presentando una tasa menor el suelo del vivero.

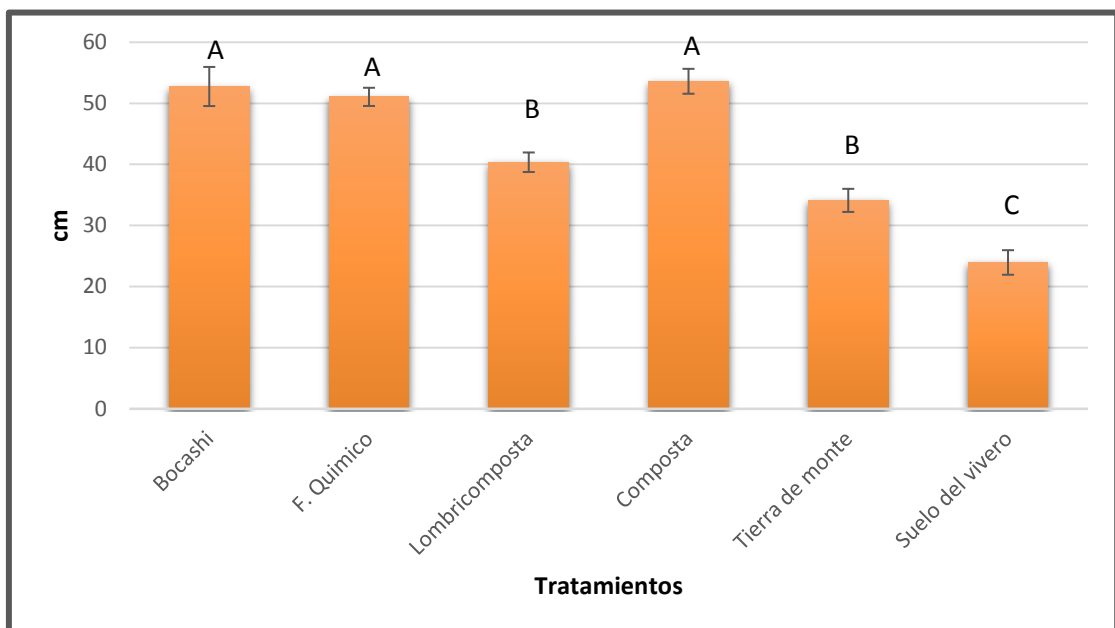


Figura 6. Altura de los tratamientos, letras diferentes sobre las barras indican un efecto significativo del tratamiento ($F=31.48$, $P=0.000001$) Tukey-Kramer 0.05

9.3.2 Cobertura

La cobertura fue mayor en el tratamiento de la composta, el cual no presentó diferencias significativas estadísticas con el de fertilizante químico y el de bocashi. El tratamiento de lombricomposta no presentó diferencia con los dos tratamientos anteriores ni con el tratamiento de la tierra de monte, sin embargo, sí presentó diferencias con el tratamiento de composta y suelo del vivero; por último, el tratamiento tierra de monte tampoco presentó diferencia respecto al tratamiento lombricomposta y suelo de la facultad (Fig. 7).

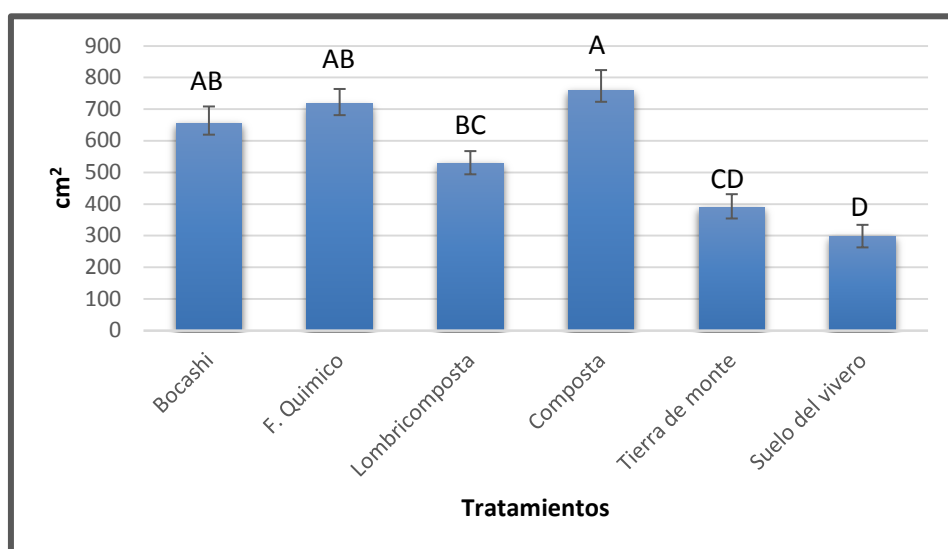


Figura 7. Cobertura de las plantas de caléndula en relación a los diferentes tratamientos, los tratamientos letras diferentes sobre las barras indican un efecto significativo del tratamiento ($F=15.38$, $P=0.00001$) Tukey-Kramer 0.05

9.3.3 Biomasa

El análisis estadístico demostró que el tratamiento con la composta generó las plantas con mayor biomasa, alcanzando cada una en promedio los 120 g. y, a su vez, este valor fue significativamente diferente a los tratamientos bocashi, fertilizante químico y lombricomposta, los cuales presentaron valores intermedios (65-80 g). Los tratamientos tierra de monte y suelo del vivero presentaron los valores más bajos, estos fueron iguales entre sí pero diferentes a los anteriores (Fig. 8).

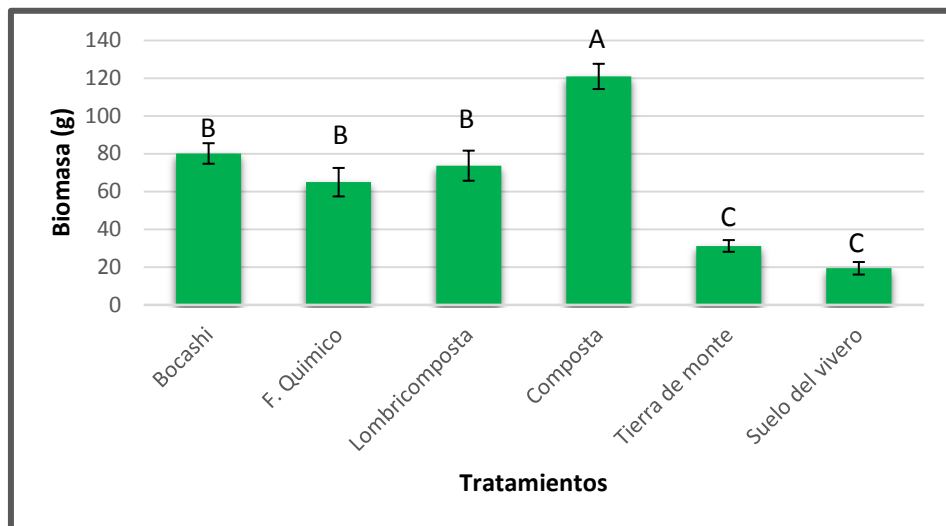


Figura 8. Biomasa de los tratamientos, letras diferentes indican un efecto significativo del tratamiento ANOVA ($F=39.77$, $P=0.00001$) Tukey 0.05.

9.3.4 Número de inflorescencias por planta.

El número de inflorescencias por planta fue mayor en el tratamiento de composta, presentando en promedio 30 capítulos florales. Los tratamientos de bocashi y fertilizante químico, presentaron entre 15-17. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre estos tratamientos, sin embargo, el tratamiento de lombricomposta sí fue significativamente diferente al tratamiento de composta, pero no fue diferente del bocashi y del fertilizante químico.

Los testigos tierra de monte y suelo del vivero mostraron el menor número de inflorescencias (>4) resultando semejantes entre ellos (Fig.9).

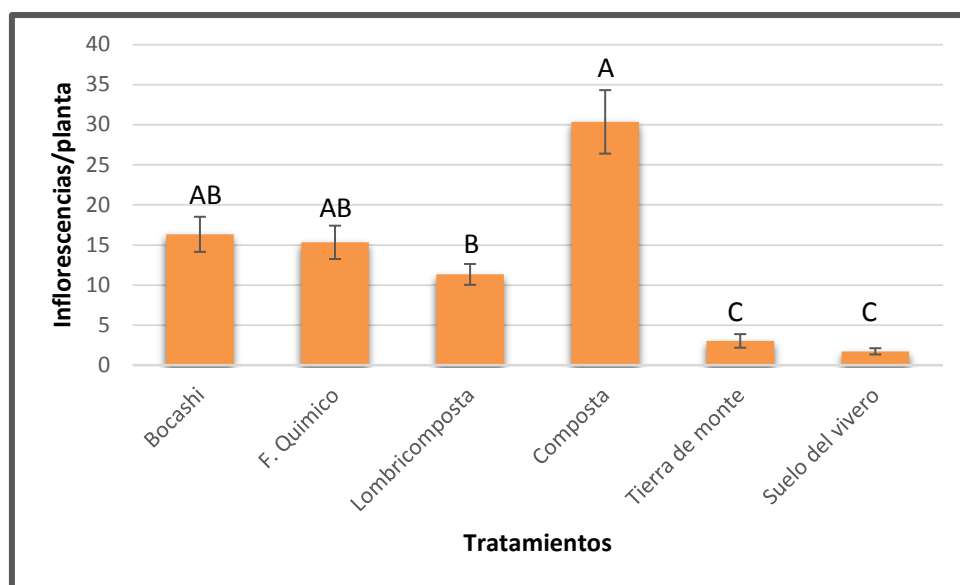


Figura 9. Número de inflorescencias por planta, letras diferentes sobre las barras indican un efecto significativo del tratamiento Kruskal-Wallis 0.005 ($F=45.35$, $P=0.000001$)

9. 3.5 Tamaño de las inflorescencias.

El tamaño de los capítulos florales no presentó diferencias estadísticas significativas para ningún tratamiento, obteniendo promedios de entre 1.7 y 2.2 cm de diámetro (Fig. 10).

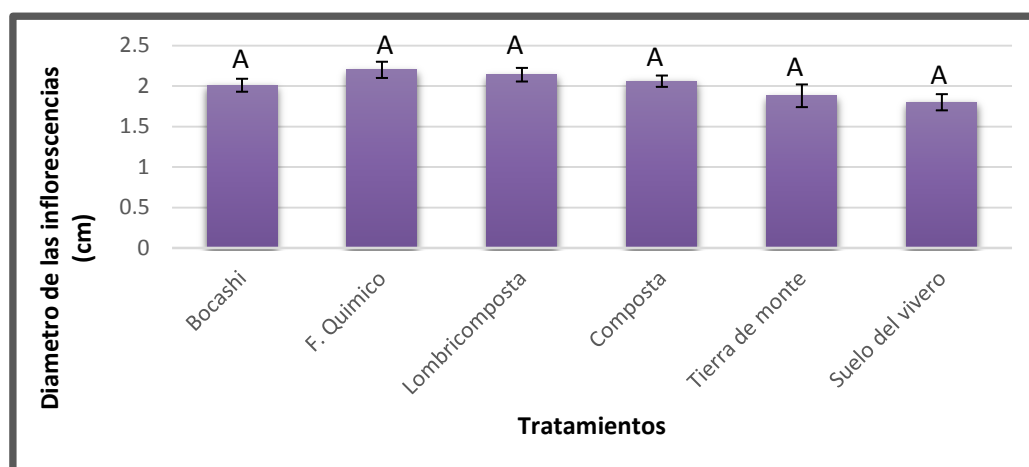


Figura 10. Tamaño de las inflorescencias de Caléndula, según el tratamiento. Letras iguales sobre las barras indican que no hay efecto significativo del tratamiento ($F=1.61$, $P=0.1739$)

9. 3.6 Tiempo de floración, maduración y rendimiento de las flores

Los tratamientos composta y bocashi manifestaron cierta precocidad en la aparición de los botones florales, ya que el 70% de las plantas presentaron floración a los 82 días posteriores al trasplante. Mientras, los tratamientos lombricomposta y fertilizante químico obtuvieron menor porcentaje (50%) a los 88 días. Los tratamientos tierra de monte y suelo del vivero presentaron el mismo porcentaje de floración (50%), el primero a los 91 días y el segundo a los 106, sin embargo, el tratamiento suelo del vivero sólo completó el 90% de la floración al final del experimento (Cuadro 3).

El tratamiento composta obtuvo el promedio más alto en número de inflorescencias por planta, llegando a presentar hasta 26 cada periodo de 15 días. Los tratamientos que presentaron valores más cercanos a éste fueron lombricomposta y fertilizante químico con un promedio de 13.5-13, seguido por bocashi y suelo de la Facultad Zaragoza.

El tratamiento con menor presencia de inflorescencias fue el tratamiento tierra negra que tan sólo obtuvo un promedio de 1.5 cada periodo. Las flores con un involucro más grande fueron reportados en el tratamiento fertilizante químico con un diámetro de 2.33 cm, seguido por el tratamiento bocashi (2.22 cm), composta (2.13 cm), lombricomposta (2.10 cm) y suelo de la facultad (2.01 cm). Aunque estos valores no presentaron diferencia significativa (Figura 10), el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento tierra negra alcanzando apenas 1.84 cm. Por último, el mayor rendimiento de inflorescencias en cuanto a área lo obtuvo el tratamiento composta, seguido por bocashi, fertilizante químico y lombricomposta. Los valores más bajos los obtuvieron el tratamiento suelo de la Facultad Zaragoza, después del tratamiento tierra negra (Cuadro 3).

Cuadro 4. Atributos del rendimiento de la planta de caléndula (flores).

Tratamiento	Tiempo medio de floración n=10		Floración final (%)	Número de inflorescencias /planta.	Tamaño del involucro (cm)	Rendimiento de las inflorescencias (g/m ²)
	Días	%				
Composta	82	70	100	26.44	2.13	167.54
Bocashi	82	70	100	9.8	2.22	116.25
Lombricomposta	88	50	100	13.5	2.10	97.08
Fertilizante químico	88	50	100	13	2.33	105.72
Tierra Negra	91	50	80	1.5	1.84	20.29
Suelo del vivero	106	50	70	2.25	2.01	19.25

*Floración final = porcentaje de la población en floración.

El tiempo de maduración de las flores sólo se tomó como referencia para realizar la cosecha de las mismas, este se midió desde la aparición del botón floral hasta que éstos se abrieron por completo. Las inflorescencias fueron cosechadas tres días después de esto para evitar la producción de semillas justo antes de presentar antesis (Cuadro 4).



Figura 11. Plantas de caléndula con fertilizante químico.



Figura 12. Plantas de caléndula con el tratamiento composta.



Figura 13. Plantas de caléndula con el tratamiento lombricomposta.



Figura 14. Plantas de caléndula con el tratamiento bocashi.



Figura 15. Plantas de caléndula con el Testigo tierra de monte.



Figura 16. Plantas de caléndula con el tratamiento suelo de la Facultad.

9.3.7 Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

El análisis estadístico demostró que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos composta, lombricomposta, bocashi y fertilizante químico; sin embargo, el tratamiento de tierra de monte sí fue diferente a los anteriores, mientras que el tratamiento suelo del vivero no presentó diferencias con ningún otro tratamiento (Fig. 17).

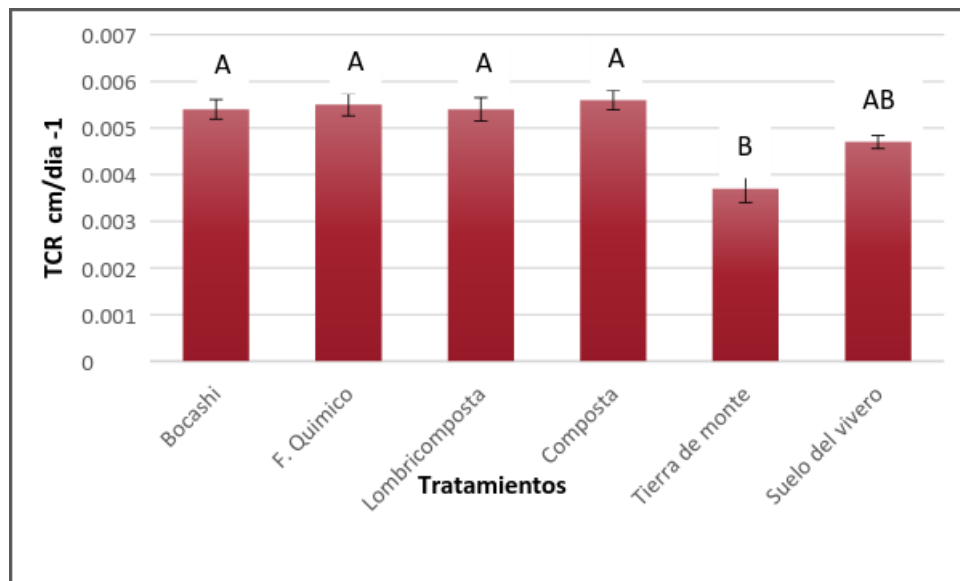


Figura 17. Tasa de crecimiento relativo, letras diferentes sobre las barras indican un efecto significativo del tratamiento (F=9.11, P=0.000003) Tukey-Kramer 0.05.

9. 3.8 Índice de Dickson.

El análisis estadístico no reveló diferencias significativas con respecto a los tratamientos lombricomposta y composta, siendo la lombricomposta la que presentó los mejores valores en cuanto a este índice; sin embargo, el tratamiento tierra de monte, suelo del vivero y fertilizante químico, mostraron los valores más bajos y no presentaron diferencias entre ellos (Fig. 18).

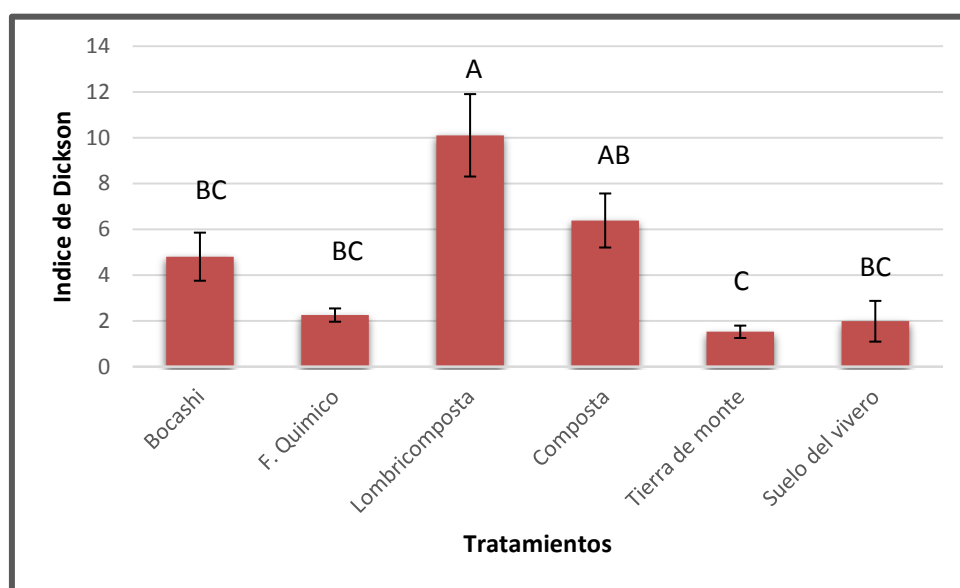


Figura 18. Índice de Dickson para los diferentes tratamientos en Caléndula. Letras diferentes sobre las barras indican un efecto significativo del tratamiento ($F=9.20$, $P=0.000064$) Tukey 0.05.

9.3.9 Análisis de componentes

El análisis de componentes registró una estrecha relación entre el tratamiento composta y la cantidad de nitrógeno y potasio, lo cual, se correlacionó con el número de flores y la biomasa del tratamiento; siendo los tratamientos menos relacionados el bocashi, lombricomposta, fertilizante químico, tierra negra y suelo de la facultad respectivamente. Este último está más relacionado al magnesio y al fósforo, sin embargo, no presentaron buenos resultados con respecto a las variables de respuesta (Fig.19).

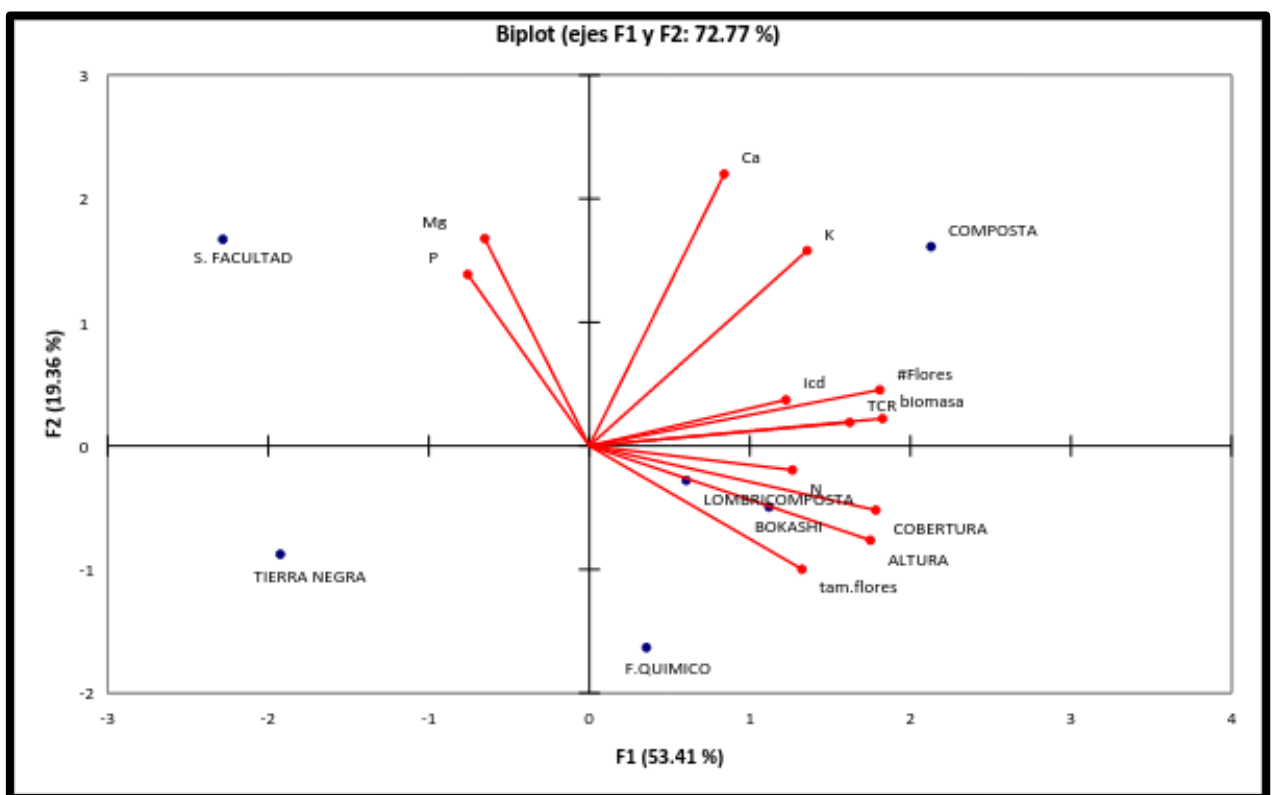


Figura 19. Análisis de componentes

9.4 Perfil cromatográfico

El perfil cromatográfico, permitió, si bien, no la identificación de principios activos y su concentración en las plantas de caléndula por tratamiento, pero sí proporcionó un panorama de la presencia de ciertos compuestos en cada tratamiento, lo cual puede ser un indicador de la riqueza de principios activos y cómo estos cambiaron en función del tratamiento evaluado. Lo anterior indica que sí hay un efecto en el tipo de compuesto y de su concentración cuando se aplican diferentes abonos orgánicos en el sustrato utilizado para el cultivo de esta especie (Figs. 15-20).

Las placas cromatográficas realizadas con las flores de caléndula para cada tratamiento con el extracto hexánico, muestran una diferencia en los compuestos más polares, ya que es en la parte superior de la placa, donde se observó una diferencia en la concentración de los compuestos que están presentes en cada tratamiento (Fig. 20-25). Al mismo tiempo, se observó una diferencia mínima en los compuestos medianamente polares localizados en la parte media de las placas.

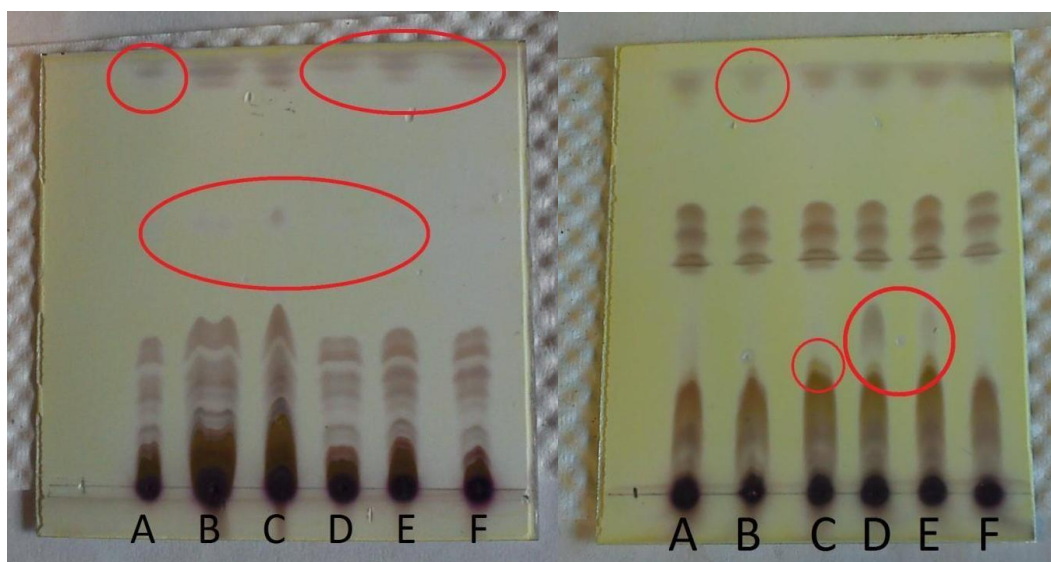


Figura 20. Placa cromatograficas en capa fina. Placa izquierda de extracto hexánico y eluida con hexano al 100%. Placa derecha eluida con una mezcla de hexano y cloruro de metileno en una relación 7:3. Letra A corresponde al tratamiento compostas, B al tratamiento bocashi.

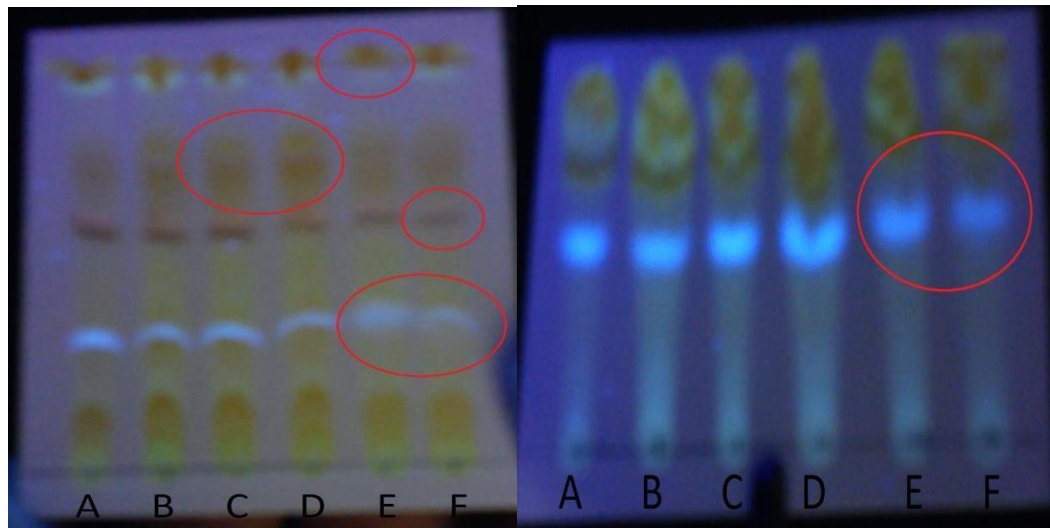


Figura 21. Placas cromatograficas de acetato de etilo. Placa izquierda utilizando extracto de acetato de etilo, eluidas con cloruro de metileno al 100%. Placa derecha utilizando n-hexano y acetato de etilo en relación 2:8.

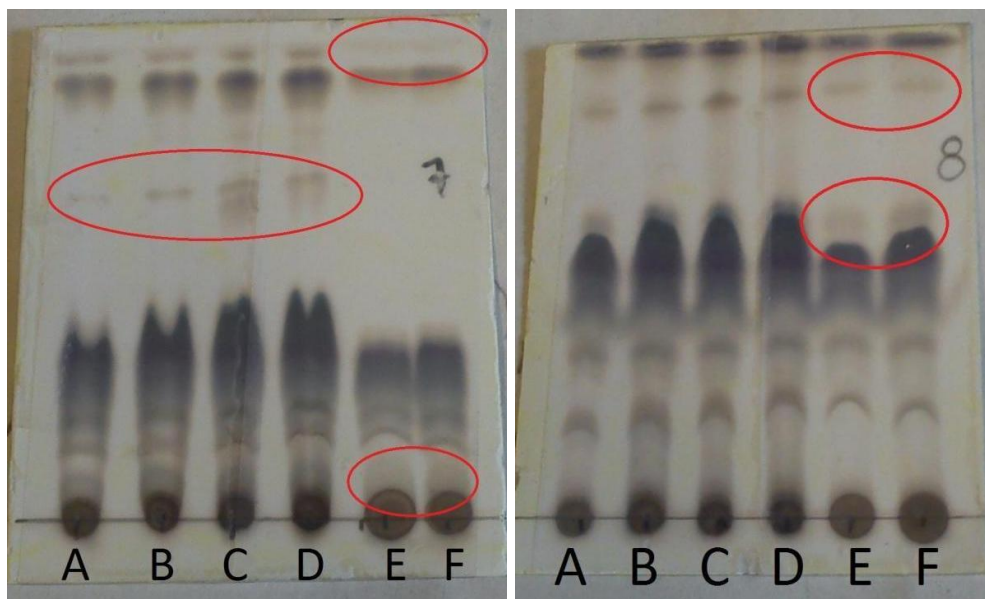


Figura 22. Placas cromatograficas de acetato de etilo. Placa izquierda elaborada con extracto de acetato de etilo, eluida con hexano y cloruro de metileno en relación 5:5. Placa derecha, eluida con los mismos solventes en una concentración de 4:6.

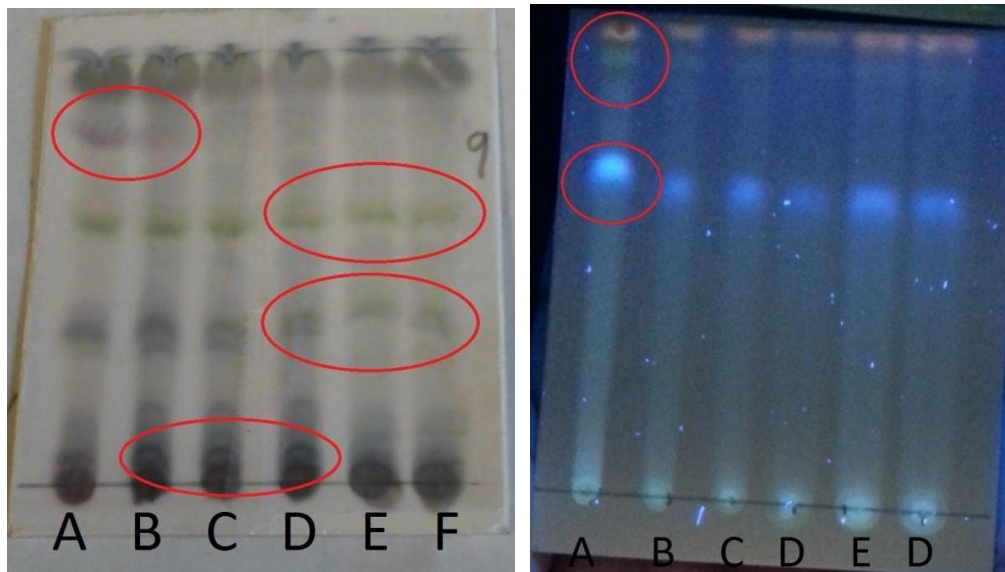


Figura 23. Placas con extractos de acetato de etilo. Placa izquierda extracto de acetato de etilo eluida con cloruro de metileno al 100%. Placa derecha, misma placa eluida con n-hexano y acetato de etilo en relación 2:8.

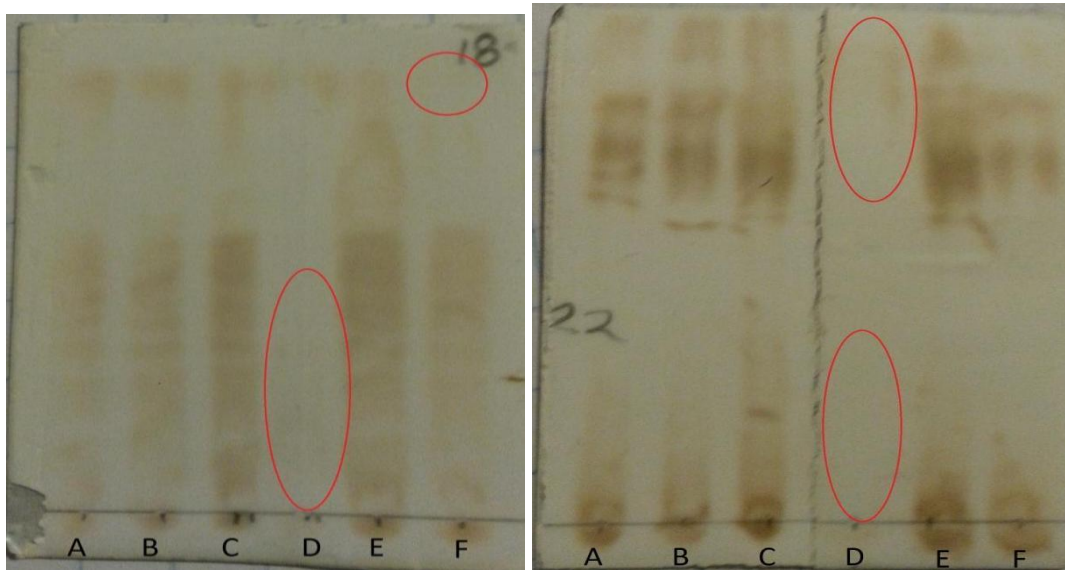


Figura 24. Placas de extracto metánolico eluidas con metanol y acetona con una relación de 1:1 (Izquierda) y con una relación 7:3 (Derecha).

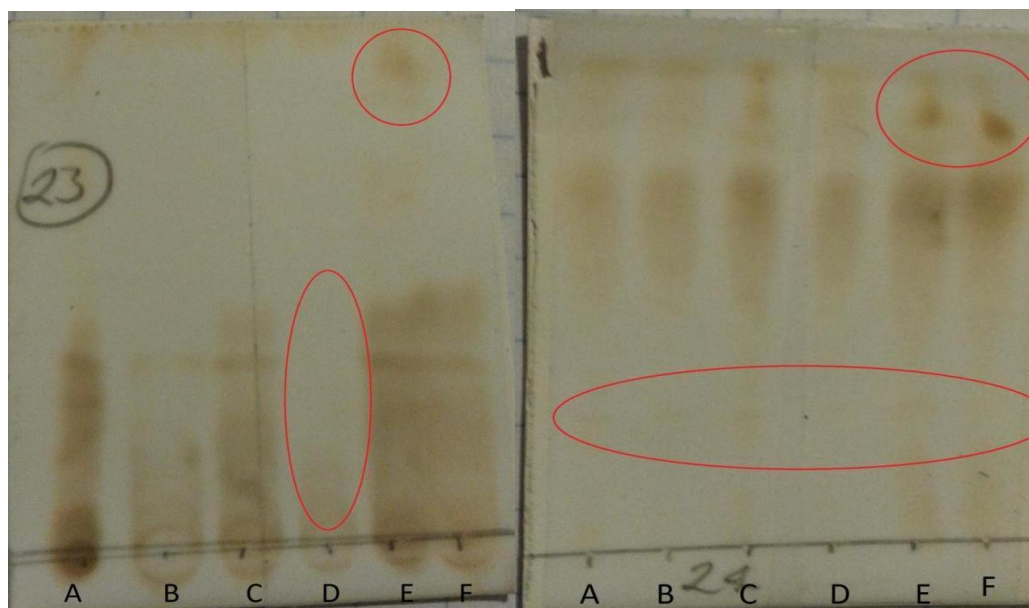


Figura 25. Placas de extracto metánolico eluidas con metanol y acetato de etilo. La primera (izquierda), con una concentración de 7:3 y (derecha) 6:4.

Los perfiles cromatográficos de los diferentes extractos son muy similares, sin embargo, en el extracto polar (hexánico), las muestras tratadas con los abonos presentan mayor concentración de algunos componentes, lo cual indicaría que se generaron las mismas sustancias pero en diferente concentración con respecto a los diferentes perfiles (Cuadro 5).

Cuadro 5. Perfil cromatográfico de los compuestos encontrados en flores de caléndula (Domínguez, 1979).

Abono	Extracto	Compuestos encontrados por extracto por tratamiento	Compuestos totales por tratamiento (Número)
Composta	Hexánico	6	19
	Acetato de etilo	9	
	Metanol	4	
Lombricomposta	Hexánico	7	19
	Acetato de etilo	8	
	Metanol	4	
Bocashi	Hexánico	6	19
	Acetato de etilo	9	
	Metanol	4	
Fertilizante químico	Hexánico	6	20
	Acetato de etilo	8	
	Metanol	6	
Tierra negra	Hexánico	7	19
	Acetato de etilo	8	
	Metanol	4	
Suelo de la Facultad	Hexánico	6	17
	Acetato de etilo	6	
	Metanol	5	
<p>En el extracto hexánico se registraron un total de 7 compuestos. En el extracto de acetato de etilo se obtuvieron 9 compuestos. El extracto metanólico se encontraron 7 compuestos totales.</p>			

Los compuestos extraídos con hexano pueden pertenecer a los glicósidos, las cumarinas o a las quinonas; los que se extrajeron con acetato de etilo a los lignanos y por último los extraídos con metanol generalmente están representados por flavonoides (Domínguez, 1979).

9.5 Índice costo/beneficio.

El índice costo/beneficio fue calculado a partir del cociente entre costos de producción (valor de la materia prima) y los beneficios totales (costo total del producto en el mercado), el cual fue superior en el tratamiento composta y fertilizante químico respectivamente, alcanzando valores superiores a uno. En los tratamientos lombricomposta y bocashi el valor obtenido fue inferior a uno (Cuadro 6).

Cuadro 6. Índice costo/beneficio para los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Costos de producción/ planta \$M.N	Costo de venta / por planta \$MN	Índice costo/beneficio.
Composta	21.50	35.00	1.6
Lombricomposta	40.00	35.00	0.87
Bocashi	42.50	35.00	0.82
Fertilizante químico	26.50	35.00	1.32

X. DISCUSIÓN

Los abonos orgánicos, composta, lombricomposta y bocashi, presentaron un efecto diferencial en la producción de flores de caléndula. Por ejemplo, en este estudio la composta registró los mejores resultados en cuanto a la altura, producción de follaje, número de flores, calidad de la planta y presencia de compuestos involucrados en las propiedades medicinales. Esta respuesta fue debida como lo muestra el análisis de componentes, principalmente al contenido de potasio (K) y nitrógeno (N).

Según los valores que establece la NOM-021 (2000) para la clasificación de los suelos, los tratamientos orgánicos presentaron altos rangos ante la presencia de los macro y micro nutrientes (N,P,K). Por otro lado, también se vieron bien representados el calcio y el magnesio, lo cual favoreció un óptimo desarrollo de la caléndula que según García (2012), necesita para su desarrollo el potasio como elemento más demandado por esta planta, representando un 44% de la biomasa de la misma, seguido por el nitrógeno (26%) y calcio con un 15%. Posteriormente está el fósforo con un 5% y finalizando con el magnesio representado con un 4%.

Devlin (1980) menciona que el potasio juega un papel muy importante en la respiración y la fotosíntesis, y que las concentraciones más elevadas de este, se encuentran en la parte meristemática de la planta, por ello, a este nutrimento se le relaciona con un mayor desarrollo del follaje y longitud de las plantas. Una planta deficiente de potasio, crece achaparrada (Devlin, 1980).

Dimas (2001), menciona que la composta para el cultivo del maíz favorece el rendimiento de los frutos, siendo una alternativa viable en la sustitución de los fertilizantes inorgánicos debido a que también muestra una notoria mejoría en las características del suelo, tales como la disminución de la densidad aparente, el incremento de la porosidad y se modifica la estructura al formar agregados, lo cual influye en una mejor retención de humedad.

Otro factor que influyó directamente en el mejor rendimiento de la caléndula, fue el nitrógeno, mejor representado en el bocashi, la lombricomposta y la composta, cuyo contenido de el mismo elemento fue el más alto. El cual, es uno de los nutrientes más importantes para el crecimiento de las plantas, ya que es el componente principal de la síntesis proteica, es decir, ayuda a la formación del tejido, del mismo modo está presente en la molécula de la clorofila y en el citocromo, también es esencial para la fotosíntesis, por ello una buena cantidad de nitrógeno disponible en el suelo está estrechamente relacionada con la cantidad de follaje en una planta.

Bugarin (1998), encontró en un experimento realizado con crisantemo, que una mayor concentración de amonio está relacionada con una mayor cantidad de hojas en la planta y, a su vez, esta se puede traducir en una mayor producción de flores, lo cual coincide con el presente experimento, donde las plantas cultivadas con composta presentaron un mayor número de flores. Bidwell (1989), establece que uno de los factores que estimulan la floración (florigen),

se produce en las hojas, lo cual podría explicar por qué la mayor cantidad de flores se produjo en los tratamientos con mayor cobertura foliar.

En cuanto al número de flores, Fuentes (2000) reporta una diferencia relacionada con la variedad de la especie; sin embargo, García (2012), en su tesis de Maestría, reportó en el desarrollo de la caléndula un mayor requerimiento de los macronutrientes de la siguiente manera $K > N > Ca > P > Mg > S$ registrando una relación positiva entre el K/N ; donde encontró que la mayor concentración de N se localiza en los capítulos florales, lo que podría explicar por qué el tratamiento de composta mostró mejores rendimientos en cuanto al número de flores, ya que fue éste el que presentó los valores más altos en cuanto al K, y el segundo en relación al N.

Sánchez (2005), encontró que el rendimiento de flores de caléndula así como la calidad de las mismas era mejor en cultivos fertilizados con humus de lombriz, seguido de la composta, esto en comparación con los testigos carentes de fertilización. En el trabajo antes mencionado, la fertilización con lombricomposta fue complementada al introducir inoculantes para aumentar la disponibilidad de fósforo y nitrógeno (*Azospirillum*) lo cual podría dar pie al sustento del presente trabajo dado que los mejores resultados obtenidos en cuanto a rendimiento de flores se reportaron en el tratamiento composta que también coincide con los valores más altos de nitrógeno y fósforo.

El índice de Dickson es un indicador de la calidad morfológica de la planta, el cual engloba el índice de esbeltez y el cociente del peso seco de la parte aérea y la raíz. Según Mateo (2011), un aumento en el índice de Dickson representa plantas de mejor calidad, lo cual implica que la parte aérea y radical están en equilibrio.

En el presente trabajo, el valor más alto para esta variable lo obtuvo la lombricomposta seguida del tratamiento de composta. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ellas ($p > 0.05$), sin embargo, una mayor cobertura y un índice de Dickson intermedio sugieren que en este tratamiento (composta) hubo un mayor desarrollo de la parte aérea en comparación de la raíz. Martínez (2005) obtuvo resultados similares en un cultivo de *Pinus Patula* en sustratos de aserrín, lo cual atribuyó a un exceso de nutrimentos en la maceta. Esto puede estar relacionado con el mayor contenido de N encontrado en la composta que pudo ser el factor determinante en el mayor desarrollo del tallo.

Respecto a la síntesis de metabolitos secundarios de las plantas y cómo este proceso es afectado a partir del estrés en la misma, poco es sabido; Sepulveda (2003), dice que la síntesis

de metabolitos secundarios es un proceso que se puede llevar a cabo en diferentes partes de la planta (raíz, tallo u hoja), incluso, hay algunos que se producen al mismo tiempo en toda ella, sin embargo, aún no hay evidencias que expliquen dónde se produce específicamente alguno de ellos. También explica cómo es que el estrés en la planta favorece la producción en la cantidad de metabolito que se sintetiza.

En el presente experimento encontramos que ciertos compuestos fueron mejor representados en los tratamientos que desarrollaron mayor cantidad de biomasa aérea, sin embargo, también hubo algunos compuestos que se vieron favorecidos por la deficiencia de nutrimentos en el caso de los tratamientos testigos. Bortólo (2009), encontró diferencias en la producción de flavonoides entre los tratamientos de caléndula que fueron sometidos a estrés hídrico, según Thompson (1982), el agua en el suelo es un factor vital para el crecimiento de las plantas, favorece o limita la absorción de los nutrientes por la raíz debido a que ésta contiene los nutrientes en la solución del suelo que es absorbida por la raíz y que a su vez, provee los nutrientes a toda la planta.

Pérez (2008) encontró en un análisis físico y químico que el abono con mayor porcentaje de humedad fue la lombricomposta, seguida de la composta y el bocashi, respectivamente. En el presente trabajo las condiciones del riego fueron las mismas para todos los tratamientos, podemos inferir que no fue el estrés hídrico el que promovió los cambios en las concentraciones de los compuestos presentes en los perfiles cromatográficos de las flores de la caléndula, sino la presencia y disponibilidad de los nutrimentos en cada uno de los tratamientos.

García (2003) encontró en un experimento realizado con *Morus alba* diferencias en el desarrollo de biomasa en el cultivo de la misma, con fertilizantes orgánicos y fertilizantes químicos, reportando una diferencia considerable con los tratamientos testigos. Durante el mismo experimento, llevó a cabo una cuantificación de los metabolitos secundarios producidos por cada tratamiento y encontró diferencias en los tratamientos fertilizados en comparación a los tratamientos control, reportando diferencias marcadas en la producción de flavonoides, cumarinas y alcaloides, lo cual podría coincidir con el presente trabajo aunque se debe considerar que los perfiles cromatográficos no permitieron la identificación de los compuestos como tal, excepto por la producción de alcaloides, los cuales no están reportados para la especie y, por otro lado, es importante mencionar que los solventes utilizados en las mezclas específicas podrían inferir la extracción y presencia de dichos compuestos.

Por último, el índice costo/beneficio más bajo lo presentó el tratamiento con bocashi, esto debido a que en el mercado, el bocashi es el abono orgánico más valorado, seguido por la lombricomposta y la composta, respectivamente. El valor más alto lo obtuvo la composta, en parte, debido a su bajo costo de producción y a la cantidad de flores presentadas por planta, lo que aumenta el valor total de esta en el mercado. Este índice demostró que es más viable económicamente el producir plantas con composta, ya que además de que es el abono orgánico más barato, también fue el que presentó mejores resultados en cuanto a floración, altura y cobertura de la planta. Además de que los tratamientos no mostraron síntomas de deficiencias nutrimentales, lo cual puede traducirse en menor gasto en la mano de obra y en los insumos requeridos para la producción de las mismas, esto a su vez es importante para el agricultor, ya que lo hace independiente de insumos químicos.

XI. CONCLUSIONES

- El contenido de NPK en los abonos orgánicos fue alto de acuerdo a la NOM-021, cubriendo así las necesidades nutrimentales del cultivo de caléndula.
- La biomasa de las plantas, cantidad de inflorescencias, tasa de crecimiento relativo y el índice de Dickson, fueron mejores en los tratamientos con los abonos orgánicos como una función directa de su contenido en NPK.
- La biofertilización con composta incrementó la producción de las inflorescencias en un 57% en relación a los otros tratamientos. Por lo que este abonado puede ser utilizado para obtener plantas más vistosas desde el punto de vista ornamental.
- Los tratamientos con composta y bocashi presentaron floraciones más rápidas, lo cual podría redundar en la economía del productor al reducir el tiempo de cosecha.
- Los perfiles cromatográficos de las inflorescencias de caléndula mostraron que los compuestos que estuvieron mejor representados en los tratamientos que desarrollaron mayor cantidad de biomasa aérea fueron aquellos solubles en Acetato de etilo y que pueden pertenecer al grupo de los lignanos.

- En general no hubo diferencia en cuanto al número de compuestos químicos identificados, sin embargo, algunos de estos sí se produjeron en mayores cantidades.
- La biofertilización con composta resultó el tratamiento más rentable económicamente.
- La hipótesis se cumplió parcialmente ya que la composición química de los abonos orgánicos sí presentó un efecto directo en la producción de flores de la caléndula. La composta con un alto contenido en NPK incrementó el rendimiento de flores, influyendo a su vez en el perfil químico más complejo, sin embargo, dichos metabolitos secundarios no pudieron ser identificados.

XII. RECOMENDACIONES

Los perfiles cromatográficos de las flores de caléndula no mostraron una diferencia en la cantidad de compuestos, pero sí en su concentración. Se sugiere llevar a cabo un estudio más detallado en cuanto a la separación, identificación y a la cuantificación de los mismos con el fin de determinar qué abono favorece la producción de los compuestos de interés y, de esta manera, dar un valor agregado al proceso de producción de la caléndula.

Asimismo, se recomienda planificar la cosecha de las plantas a la par del perfil cromatográfico para determinar el momento de la producción de los metabolitos de interés y de esta manera, sugerir el mejor momento de cosecha de la misma.

XIII. REFERENCIAS.

Acosta de la Luz, L. y Rodríguez Ferrada, C. (2001) Instructivo técnico de Caléndula officinalis. Revista Cubana de plantas medicinales. (1): 23-7.

Altieri, M. y Nichols, C. (2007) Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas* 16 (1): 3-12.

Bidwell, R. G. S. (1989) Fisiología vegetal. México: AGT EDITOR, S.A.

Birchler, T. Royo, A. Rose, W. Pardos Minguez, M. (1998).La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Investigación Agrícola. *Sistemas Recursos Forestales*. 7 (1 - 2): 109-122.

Boco, G. Velázquez, A. Torres, A. (2000) Ciencia, Comunidades indígenas y manejo de recursos naturales. Un caso de investigación participativa en México. *Interciencia* 25(2):64-70.

Bortólo, D. Márquez, P. Pacheco, A. (2009). Teor e rendimento de flavonóides em calêndula (*Caléndula officinalis* L.) cultivada com diferentes lâminas de irrigação. *Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu* 11(4) 435-441.

Bugarín, R. Baca, G. Martínez, J. Tirado, J. Martínez, A. (1998) Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo crecimiento y floración. *Terra* 16 (2):113-124.

Capistrán, F. Aranda, F. Romero, C. (2001) Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. 151 pp.

Céspedes, M. (2005) Agricultura Orgánica principios y prácticas de producción. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. Boletín INIA 131.

Chiwo, M. (2000) La agricultura sostenible y la asociación de cultivos en Salvatierra, Guanajuato. México: Centro de Investigaciones Humanísticas-Universidad de Guanajuato.

Cuevas, R. R. A. (1995) Calidad de planta en: Viveros Forestales. *Revista INIFAP Publicación Especial* 3: 108-118.

Delgado, Y. Cupull, R. Pérez, C. Sánchez, A. Vilches, M. (2003). Efecto de *Azotobacter* spp. en la estimulación de la germinación y el desarrollo de posturas de *Coffea arabica* L. *Centro Agrícola*. 30(1):26-31.

Devlin, R. (1980). Fisiología vegetal. Barcelona: Ediciones Omega.

Dimas, J. Díaz, A. Martínez, E. Valdez, R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento del Maíz. *Terra* 19:293-299.

Domínguez, X. (1979) Métodos de investigación fitoquímica. México: Limusa.

Duran, L. y Henríquez, C. (2007) Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1): 41-51.

Félix, J. Sañudo, R. Rojo, G. Martínez, R. Olalde, V. (2008) Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximha*. 4(1):57-67.

Flores, J. (2009) Agricultura Urbana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo. CONACYT.

Fuentes, V. Lemes, C. Reyes, M. Méndez, G. Alfonso, J. Rodríguez, C. (2000). Comparación entre dos cultivares de *Calendula officinalis* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 5(1):14-16.

García, D. Ojeda, F. Montejo, I. (2003) Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). I. Análisis cualitativos de metabolitos secundarios. *Pastos y forrajes*. 26(4):335-346.

García, Y. (2012). Contenido y distribución de los nutrimentos en diferentes etapas del desarrollo del cultivo de caléndula Calendula officinalis L. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Ciencias Agropecuarias, Colombia.

Gliessman, S. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en la agricultura sostenible. Chile: Turrialba.

Gomero, L. & Velázquez, H. (1999) Manejo Ecológico de suelos. Conceptos, experiencias y técnicas. Red de Acción en Alternativas al uso de agroquímicos. RAAA. Lima.

Gómez, M. Schwentesius, R. Ortizaga, J. Gómez, L. May, V. Lopez, U. Arreola, J. Noriega, G. (2009) Agricultura, apicultura y ganadería orgánicas de México. Estado actual retos y tendencias. CONACYT.

Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas. (1999) Dirección de fomento de tierras y aguas. Roma. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO).

Guinda, M. Lanzon, A. Ríos, J. Albi, T. (2002). Aislamiento y cuantificación de los componentes de la hoja del olivo: extracto de hexano. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. 53(4):419-422.

Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental (2012). México. Semarnat.

Kathora N. (2009). Phytochemical constituents and pharmacological activities of *Caléndula officinalis* Linn (Asteraceae): A review. *Tropical Journal of Pharmaceutical research*. 8(5):455-4645.

Lastra, H. Piquet, R. (1999) *Caléndula officinalis* L. Revista Cubana de Farmacia. 33(3).

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

López, J. Díaz, A. Martínez, E. Valdez, R. (2001). Abonos Orgánicos y su Efecto en Propiedades Físicas y Químicas del Suelo y Rendimiento del Maíz. *Terra* 19(4):293-299.

Mateo, J. Bonifacio, R. Pérez, S. Moheldano, L. Capulín, J. (2011). Producción de (Cedrela odorata L.) en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, México. *Ra Ximhai* 7(1):123-132.

Martínez, R. M. (2005). Inoculación con hongos comestibles ectomicorrizicos, poda química y sustratos en el mejoramiento y calidad de Pinus patula en vivero. (Tesis de Maestría) Colegio de Postgraduados Montesillos, Texcoco, México.

Meléndez, G. y Soto, G. (2003). Taller de Abonos Orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la Cámara de Insumos Agropecuarios No Sintéticos. Costa Rica: Sabanilla.

Méndez, R. (2008). Cultivos Orgánicos su control biológico en plantas medicinales y aromáticas. Colombia: Ecoediciones.

Morín, N. (2012). Análisis Comparativo en la Composición de Nutrientes en la Composta y Lombricomposta de Plátano. (Tesis de Maestría) Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

Muñoz, M. (2004). Plantas Medicinales Españolas Caléndula officinalis L. (Asteraceae). *Medicina Naturista* 5:257-261.

Pérez, A. Céspedes, C. Núñez, P. (2008) Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en cultivos en República Dominicana. R.C. *Suelo y Nutrición Vegetal*. 8(4):10-29.

Pérez, J. (2004). Agricultura ecológica: una alternativa al desarrollo sustentable en el campo mexicano. *El cotidiano* 20 (127):95-100.

Rivera, M. Echevarría, J. Carballo, C. Reyes, M. (2004) Posibilidades de control de enfermedades a partir de productos naturales y controles biológicos en plantas medicinales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 9(3).

Román P. (2012). Taller – Técnicas de Compostaje, Paraguay. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO).

Ruíz, T.J. (1996). Evaluación de Proyectos Agropecuarios. Durango: Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. México. Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH.

Sadeghian, KH. (2003). Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio sobre las propiedades químicas de suelos cultivados en café. *Cenicafé* 54(3):242-257.

Salas, E. y Ramírez, C. (2001). Bioensayo Microbiano para estimar los Nutrimientos Disponibles en los Abonos Orgánicos: Calibración en el Campo. *Agronomía Costarricense* 25(2):11-23.

Salisbury, F. Ross, C. (2000). Fisiología de las plantas. España: Thomson Editores Paraninfo, S.A.

Sánchez, E. Rodríguez, H. Carballo, C. Milanés, M. (2005) Influencia de los abonos organicos y biofertilizantes en la calidad de las especies medicinales *Caléndula officinalis L.* y *Matricaria recutita L.* *Revista Cubana de plantas medicinales* 10:1. Habana.

Sepúlveda, G. Porta, H. Rocha, M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista mexicana de fitopatología* 21:3 (355-363).

Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012. México. 2013.

Soto, G. y Meléndez, G. (2004). Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. *Costa Rica* 72:91-97.

Thompson, L. (1982). Los suelos y su fertilidad. Barcelona: Editorial Reverte. S.A.

Uicab-Brito, L. Sandoval, C. (2003). Uso del Contenido Ruminal y Algunos Residuos de la Industria Cárnica en la Elaboración de Composta. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 2:45-63.

Valdez, H. y Piquet, R. (1999). Calendula Officinalis. Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos. *Revista Cubana de Farmacología*.33 (3):188-94.

XIII. LITERATURA CITADA EN LÍNEA.

Moore, T. & Sánchez Villareal, L. (s.f.) Manual de cultivo de *Calendula officinalis* L. Proyecto de Atención primaria de la salud con plantas medicinales y fitomedicamentos "Cultivando la salud". Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/208891342/Manual-de-Cultivo-Para-Calendula-Officinalis>

Orozco, M. (s.f.) La Revolución Verde vs Agricultura Orgánica. Chimalxochipan Centro de capacitación en Agricultura Urbana. Recuperado de <http://www.viverochimalxochipan.com.mx/>

Ramírez, J. & Sainz, R. (s.f.) Propuestas para un sistema de producción bioagrícola en hortalizas. Curso de Agricultura Orgánica y Sustentable. SAGARPA. Recuperado de <http://www.fps.org.mx/divulgacion/attachments/article/925/Curso%20de%20agricultura%20org%C3%A1nica%202012.pdf>

Remmers, G. (s.f.) Agricultura Tradicional y Agricultura Ecológica: Vecinos Distantes Universidad Internacional de Andalucía. Recuperado de <http://www.cristinaenea.org/haziera/dokumentuak/01%20Agricultura%20ecol%C3%B3gica%20y%20agricultura%20tradicional.pdf>

Torres, L. Elaboración de Composta. (s.f.) Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. SAGARPA. Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/documents/fichasaapt/elaboraci%C3%B3n%20de%20composta.pdf>

Villanueva, E. Alcántar, G. Sánchez, P. Soria, M. Larque, A. (2009) Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de [*Chrysanthemum morifolium*(Ramat) Kitamura] en Yucatán. *Rev. Chapingo Servicios Hortícolas*. Vol. 15. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000400005&lng=es&nrm=iso. ISSN 1027-152X.

Norma Oficial Mexicana NOM 021-SEMANART -2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [En línea] disponible en <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3335/1/nom-021-semarnat-2000.pdf>, revisado 14 de agosto de 2014.

XIV. ANEXO: ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS.

14.1 Bocashi

MATERIAL:

- 14kg de pasto finamente picado.
- 14kg de aserrín
- 6kg de maíz quebrado
- 3kg de avena
- 3kg de salvado
- 30kg de estiércol de caballo seco
- 22kg de suelo
- 2.5kg de piloncillo
- 10kg de azúcar
- 19 L de leche
- 2 kg de levadura
- 10 m² de plástico.
- Regaderas

MÉTODO.

Para la elaboración de este abono fue necesario destinar un área donde la radiación solar no fuera excesiva y debió realizarse sobre un plástico de buen tamaño que sirvió, posteriormente, para cubrirlo y mantener la humedad. Primero se disolvió el piloncillo, el azúcar y la levadura por separado en aproximadamente 10 L de agua cada uno.

Se extendió el plástico y sobre él se colocó una capa ligera de pasto, luego una de aserrín, de maíz, carbón, avena, salvado, estiércol y una de suelo; una vez que se terminó de agregar los materiales, se realizó un riego ligero con la dilución del azúcar, el piloncillo y la levadura. Mientras tanto, se llevó a cabo el riego, se mezclaron perfectamente los materiales. Una vez que ha quedado lo suficientemente homogéneo, se prosiguió a volver a poner los materiales en capas como se realizó al principio, después de lo cual, se debió volver a realizar el riego y a mezclar perfectamente. Esto se debe repetir hasta haber terminado con todo el material.

Una vez que la mezcla ha quedado homogénea, se debe asegurar que la humedad es la correcta, para ello se tomó un puño de la mezcla y se apretó fuertemente, si no escurre agua le falta humedad, así que será necesario verter toda la que se tenga (primero se deben usar las diluciones preparadas al inicio). De ser necesario se podrá agregar agua de la llave; la humedad adecuada es cuando al apretar la mano solo salgan un par de gotas de la misma.

Ya que la mezcla tuvo la humedad adecuada se debió cubrir perfectamente para evitar que pierda humedad y que las moscas ovopositen en ella.

Durante los próximos cuatro días debió moverse un par de veces al día para airear y regular la temperatura, después de estos días se deja la mezcla por 24 días a la sombra.

14.2 Composta

MATERIAL:

- 26 kg de estiércol de caballo
- 105 kg de suelo
- 14.34 kg de pasto
- 6.53 kg de aserrín
- 141 kg de residuos de cocina.
- 5.88 kg de roca fosfórica.

MÉTODO.

La composta se realizó dentro de una estructura hecha con malla de gallinero para lo cual, primero se debe cortar la materia orgánica (MO) lo más pequeño posible (2.5-5.0 cm), una vez que la MO esta lista se pone en capas una de MO, otra de aserrín, otra de pasto, estiércol y suelo; se mezcla perfectamente al mismo tiempo en que se mezclan las partes se va adicionando agua hasta lograr una humedad adecuada (se realiza la prueba del puño), una vez que ha quedado homogénea se cubre para evitar su desecación.

Mediante esta técnica la composta deberá moverse cada semana y se debe adicionar agua siempre que sea necesaria. Al cabo de 2 o 3 meses, ya que la MO se ha incorporado totalmente, se considera que está lista y puede ser cosechada.

14.3 Lombricomposta

Se realizó mediante el método convencional, en el cual la materia orgánica precompostada pasa a madurar bajo la influencia de las lombrices. Esto le toma alrededor de 4 o 6 meses, durante los cuales, las lombrices se alimentan de los residuos orgánicos, triturándolos y procesándolos en el estómago. La lombricomposta utilizada para este experimento fue comprada con un agricultor orgánico certificado.