



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**USO DE ESTIÉRCOLES, ABONOS ORGÁNICOS
COMERCIALES Y FERTILIZANTES QUÍMICOS EN LA
PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE CHILE POBLANO
(*Capsicum annuum* L.) EN LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA**

PATRICIA ACEVEDO ALCALÁ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2018



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE-43-2-03

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe **Patricia Acevedo Alcalá**, alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Oswaldo Rey Taboada Gaytán**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis "**Uso de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos en la producción de plántula de chile Poblano (*Capsicum annum* L.) en la Sierra Nevada de Puebla**", y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 9 de marzo del 2018.

Patricia Acevedo Alcalá

Vo/Bo. Profesor Consejero
Dr. Oswaldo Rey Taboada Gaytán

La presente tesis, titulada: **Uso de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos en la producción de plántula de chile Poblano (*Capsicum annuum* L.) en la Sierra Nevada de Puebla**, realizada por la alumna: **Patricia Acevedo Alcalá**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:


DR. OSWALDO REY TABOADA GAYTÁN

ASESOR:


DR. JAVIER CRUZ HERNÁNDEZ

ASESOR:


DR. JOSÉ SERGIO ESCOBEDO GARRIDO

ASESORA:


DRA. MA. DE LA LUZ RAMÍREZ VÁZQUEZ

Puebla, Puebla, México, 9 de marzo del 2018

USO DE ESTIÉRCOLES, ABONOS ORGÁNICOS COMERCIALES Y FERTILIZANTES QUÍMICOS EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE CHILE POBLANO (*Capsicum annuum* L.) EN LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA

Patricia Acevedo Alcalá, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2018

Los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla utilizan fertilizantes orgánicos y químicos en la producción de plántula de chile ‘Poblano’; sin embargo, no se han registrado estudios sobre las bondades de combinar estos materiales para producir plántulas de buena calidad. El objetivo general de la investigación fue sistematizar el conocimiento que han generado los productores sobre el uso de abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilizantes químicos en la producción de plántulas de chile ‘Poblano’ en la Sierra Nevada de Puebla. Se aplicó un cuestionario con 68 preguntas a una muestra de 50 agricultores para identificar el conocimiento que poseen en torno al manejo de la fertilización del cultivo. Se realizó una caracterización física, química, biológica y microbiológica de dos abonos orgánicos comerciales (Solep y Fernatol), dos estiércoles locales (vacuno y ovino) y Peat moss, evaluándose en diferente proporción como componentes de sustrato junto con fertilización química (0.5, 1.0 y 1.5 g/l de la fórmula NPK 20-18-20) en la producción de plántulas de chile ‘Poblano’. Se definieron cuatro grupos: grupo I (10 %) productores que utilizan estiércoles, abonos comerciales y fertilizantes químicos, grupo II (24 %) productores que compran o mandan a maquilar su plántula, grupo III (56 %) recibe asesoría y el grupo IV (10 %) no la recibe, ambos utilizan estiércoles y fertilización química. El abono orgánico Solep presentó valores adecuados en pH, CE, % de MO, índice de esbeltez y de Dickson en proporción de 20 %, combinado con dosis de fertilización química de 1.0 y 1.5 g/l.

Palabras clave: abonos orgánicos, fertilización química, índice de esbeltez, índice de Dickson.

USE OF ORGANIC FERTILIZERS, MANURE AND CHEMICAL FERTILIZATION IN THE
SEEDLING PRODUCTION OF POBLANO PEPPER (*Capsicum annuum* L.) IN SIERRA
NEVADA OF PUEBLA.

Patricia Acevedo Alcalá, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2018

Farmers in the Sierra Nevada de Puebla use organic and chemical fertilizers in the production of 'Poblano' pepper seedlings; however, no studies have been conducted combining these materials to produce good quality seedlings. The objective of the research was to systematize the level of farmers' knowledge of the use of commercial organic fertilizers, local manures and chemical fertilizers in the production of 'Poblano' pepper seedlings in the Sierra Nevada de Puebla. A 68 questions survey was applied to a sample of 50 farmers to identify the knowledge they have generated regarding the fertilization management. A physical, chemical, biological and microbiological characterization of two commercial organic fertilizers (Solep and Fernatol), two local manures (cattle and sheep) and Peat moss was carried out and the same materials were evaluated in different proportions as substrate components together with chemical fertilization (0.5, 1.0 and 1.5 g/l of the NPK formula 20-18-20) in the production of 'Poblano' pepper seedlings. Four groups were defined: group I (10 %) producers using manure, commercial fertilizers and chemical fertilizers, group II (24 %) producers that buy or pay to produce their seedlings, group III (56 %) receives technical advice and group IV (10 %) does not receive it, both use manure and chemical fertilization. Solep organic fertilizer presented adequate values in pH, EC, % MO, slenderness and Dickson index in proportion of 20%, combined with chemical fertilization doses of 1.0 and 1.5 g/l.

Key words: organic fertilizers, chemical fertilization, slenderness index, Dickson index.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme llegar hasta esta fase en mi vida y cumplir un sueño más.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por otorgarme la beca con la que pude concluir mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al Colegio de Postgraduados Campus Puebla, por permitirme realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

A los profesores que formaron parte del Consejo Particular, quienes me apoyaron, enseñaron y orientaron durante el desarrollo de la investigación y en la escritura de la tesis:

Al Dr. Oswaldo Rey Taboada Gaytán, por haber aceptado ser mi consejero, por toda su disponibilidad de tiempo para aclarar dudas, por sus asesorías, por sus consejos, por sus recomendaciones y por toda la paciencia al elaborar y revisar este documento, al igual que por interesarse en mi bienestar.

Al Dr. Javier Cruz Hernández, por su apoyo en la elaboración y revisión de este documento, por sus consejos, recomendaciones, tiempo para aclarar dudas y por todo su apoyo moral para entrar a la maestría.

Al Dr. José Sergio Escobedo Garrido, por aceptar ser parte del consejo, por su apoyo en la revisión de este documento y por su tiempo destinado para mejorar la investigación.

A la Dra. Ma. de la Luz Ramírez Vázquez, por aceptar ser parte del consejo, por su apoyo en la revisión de este documento y su tiempo destinado para la investigación.

Al Dr. Pedro Antonio López, por su apoyo en el análisis de los datos del Capítulo I, por todo su tiempo dedicado para estos análisis y su disponibilidad para aclarar dudas.

A los **agricultores de chile Poblano de la Sierra Nevada de Puebla**, ya que gracias a su participación se logró recabar información para la investigación.

A Ana Karen Juárez Fernández, Angélica Cid Hernández, Esteban Brindis Hernández, Jesús Santiago Águila Muñoz, José Hernández Cortés, Juan Morales Marcos, Neftalí Cansino Juárez, Víctor Manuel Nuñez Villada, José Juan Méndez Castilla y Jovani Tepato Barba por su apoyo, ya sea en la caracterización de los materiales utilizados, en la siembra del chile, en la aplicación de productos químicos, en la cosecha de la plántula, en el traslado a los domicilios de los productores de chile Poblano, en el registro, tabulación y codificación de los datos.

Al Dr. Nicolás Pérez Ramírez por el apoyo en la elaboración de la Figura 1 del Capítulo I.

DEDICATORIA

A mis padres:

Adrián Acevedo Luna y Lorena Alcalá Vallejo por todo su apoyo en todo momento, por sus consejos, por la educación, enseñanzas, respeto, fuerza para superar todo problema y para alcanzar todo lo que me proponga.

A mi hermana:

Adriana Acevedo Alcalá, por brindarme siempre su apoyo, por sus consejos cuando más los necesitaba y por los ánimos para lograr todo lo que me propongo.

A mi esposo:

Neftalí Cansino Juárez, por su apoyo brindado para iniciar y concluir con esta etapa de mi vida, por sus consejos y ánimos para no desesperarme en los momentos difíciles de la investigación, pero especialmente por la paciencia en todo este tiempo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINA

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1. Planteamiento del problema.....	1
2. Objetivos.....	4
2.1 Objetivo general.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	5
3. Hipótesis.....	5
3.1 Hipótesis general.....	5
3.2 Hipótesis específicas.....	6
4. Revisión de literatura.....	6
4.1 Agricultura tradicional.....	6
4.2 Conocimiento campesino.....	7
4.3 Cultivo de chile.....	8
4.4 Producción de plántula.....	9
4.4.1 Calidad de la plántula.....	11
4.5 Agricultura orgánica.....	12
4.5.1 Tipos de materiales orgánicos.....	13
4.5.2 Calidad de los materiales orgánicos.....	14
4.6 Fertilización química.....	15
5. Literatura citada.....	16
CAPÍTULO I. CONOCIMIENTO CAMPESINO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE CHILE “POBLANO” EN LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA	24
1.1 Resumen.....	25
1.2 Abstract.....	26
1.3 Introducción.....	27
1.4 Materiales y métodos.....	28
1.4.1 Área de estudio y tamaño de muestra.....	28
1.4.2 Aplicación del cuestionario.....	31
1.4.3 Análisis estadístico.....	31
1.5 Resultados y discusión.....	32

1.5.1 Plántula de chile ‘Poblano’	32
1.5.2 Uso de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos	33
1.5.3 Apoyos de instituciones y Conocimiento tradicional.	37
1.6 Conclusión	43
1.7 Literatura citada	44
CAPITULO II. CARACTERÍSTICAS DE ABONOS ORGÁNICOS COMERCIALES Y ESTIÉRCOLES LOCALES PARA SU USO COMO COMPONENTES DE SUSTRATO	47
2.1 Resumen.....	48
2.2 Abstract	49
2.3 Introducción	50
2.4 Materiales y métodos	52
2.4.1 Materiales.....	52
2.4.2 Caracterización física y química de los abonos orgánicos y estiércoles.....	52
2.4.3 Caracterización biológica y microbiológica de los abonos orgánicos y estiércoles	53
2.4.4 Tratamientos y diseño experimental	54
2.4.5 Análisis estadísticos.....	54
2.5 Resultados y discusión.....	55
2.6 Conclusiones.....	64
2.7 Literatura citada	65
CAPITULO III. USO DE ABONOS ORGÁNICOS COMERCIALES, ESTIÉRCOLES LOCALES Y FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE CHILE ‘POBLANO’	71
3.1 Resumen.....	72
3.2 Abstract	73
3.3 Introducción	74
3.4 Materiales y métodos	76
3.4.1 Materiales.....	76
3.4.2 Tratamientos, diseño y unidad experimental	77
3.4.3 Variables evaluadas y análisis estadístico.....	78
3.5 Resultados y discusión.....	79

3.6 Conclusiones	94
3.7 Literatura citada	95
DISCUSIÓN GENERAL	100
1. Literatura citada	103
CONCLUSIONES GENERALES.....	105

LISTA DE CUADROS

PÁGINA

CAPITULO I

Cuadro 1.1 Distribución del número de encuestas realizadas en cada municipio y las localidades de la región de la Sierra Nevada de Puebla.....	30
--	----

CAPITULO II

Cuadro 2.1 Análisis de varianza y comparación de medias de la caracterización física de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles locales y Peat moss.....	56
Cuadro 2.2 Análisis de varianza y comparación de medias de la caracterización química de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles locales y Peat moss.....	58
Cuadro 2.3 Análisis de varianza y comparación de medias de la caracterización de nutrientes extraíbles y fácilmente asimilables de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles locales y Peat moss.....	60
Cuadro 2.4 Valores de metales pesados e índices de toxicidad de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles locales y Peat moss.....	62
Cuadro 2.5 Análisis de varianza y comparación de medias de la caracterización microbiológica de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles y Peat moss.....	64

CAPITULO III

Cuadro 3.1 Lista, descripción, pH y CE de los tratamientos.....	78
Cuadro 3.2 Cuadrados medios de variables de calidad en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero.....	81
Cuadro 3.3 Cuadrados medios de índices de calidad en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero.....	82
Cuadro 3.4 Comparación de medias de los tratamientos y parcelas de estudio de variables de calidad en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero.....	85

Cuadro 3.5 Comparación de medias de los tratamientos y parcelas de estudio de los índices de calidad evaluados en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero.	88
Cuadro 3.6 Cuadrados medios de cantidades de clorofila a, b y total en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero.....	90
Cuadro 3.7 Comparación de medias de los tratamientos y parcelas de estudio de índices de calidad en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero.	91

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

CAPITULO I

Figura 1.1 Localización de los municipios y localidades de estudio en la Sierra Nevada de Puebla.	29
Figura 1.2 Edad, nivel de escolaridad y forma en que los agricultores obtienen la plántula de chile ‘Poblano’ en la Sierra Nevada de Puebla.....	33
Figura 1.3 Edad, escolaridad y uso de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos entre los productores de plántula de chile ‘Poblano’ de la Sierra Nevada de Puebla.....	34
Figura 1.4 Agrupación de agricultores con base en el uso de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos para el manejo de la fertilización de las plántulas de chile ‘Poblano’ en la Sierra Nevada de Puebla.	42

CAPITULO III

Figura 3.1 Tasa de crecimiento de los tratamientos evaluados en la producción de plántula de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato.	93
Figura 3.2 Tasas de crecimiento de las parcelas evaluadas en la producción de plántula de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato.	94

INTRODUCCIÓN GENERAL

1. Planteamiento del problema

La agricultura campesina es la principal forma de agricultura en todo el mundo, pues involucra a 2,000 millones de personas, casi un tercio de la población mundial. Esta cifra incluye a 1,500 millones de campesinas y campesinos que trabajan en 404 millones de unidades de producción pequeñas, con menos de 2 hectáreas. Los hombres y mujeres que se dedican a la agricultura familiar producen alrededor del 70 % de los alimentos que se consumen en el mundo (IFOAM, 2014); entre estos alimentos se encuentran el maíz, arroz, frijol y chile, además de muchos otros cultivos.

Actualmente el cultivo de chile se ubica entre las siete hortalizas más cultivadas en el mundo (Latournerie *et al.*, 2015), pues en el año 2016 se registraron 171,791 ha sembradas, 159,939 ha cosechadas con un rendimiento de 18.27 ton/ha de chile verde a nivel nacional. El chile es una especie de gran importancia en la dieta de los mexicanos, pues desde tiempos prehispánicos su consumo se relaciona muy estrechamente con el maíz y el frijol (Huerta *et al.*, 2007).

Entre los tipos de chile más comunes en nuestro país están los chiles serranos, jalapeños, de árbol, anchos, mulatos, guajillos, piquín, habanero y bell, entre otros (Huerta *et al.*, 2007). En México el chile ‘Poblano’, también llamado ancho, sobresale como uno de los principales chiles cultivados, estableciéndose en las partes altas o en climas semicálidos como Puebla, Valle de México, Bajío, Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit y Durango (Hernández *et al.*, 2010).

Dentro de esta gran variabilidad de tipos de chile que presenta la especie *Capsicum annuum* L., se encuentra el chile ‘Poblano’ como uno de los más importantes y representativos del Estado de Puebla, con una presencia histórica y cultural indiscutible (Toledo *et al.*, 2011); la

comercialización del fruto producido, en verde o seco, constituye un ingreso para las familias rurales de la Región de la Sierra Nevada, donde se cultiva de manera importante (Rodríguez *et al.*, 2007; Toledo, 2010).

La producción de chile ‘Poblano’ en la región de la Sierra Nevada, ha venido disminuyendo en los últimos años como consecuencia de la mala calidad de la plántula. García-Morales *et al.* (2011) mencionan que el primer objetivo de la producción de plántula es lograr el mayor establecimiento posible posterior al trasplante, para obtener un mayor rendimiento de fruto en campo. Sin embargo, algunos productores de la región estiman que la disminución del rendimiento en sus cultivos llegó a ser mayor al 50 % (Rodríguez *et al.*, 2007). Según González *et al.* (2004) la incidencia de plántulas enfermas en almácigos llega a ser del 29 % y constituye una fuente de inóculo que los agricultores transfieren al campo durante el trasplante. Las pérdidas del cultivo en almácigo y campo pueden llegar a ser del 70 al 100 %; estas pérdidas son atribuidas a la enfermedad conocida localmente como “secadera”, la cual es causada por un complejo de hongos fitopatógenos como *Rhizoctonia* sp, *Phytophthora capsici* y *Fusarium oxysporum* (Rodríguez *et al.*, 2007) y puede causar pérdidas totales en la cosecha del cultivo.

Los factores que influyen en la calidad de la plántula durante su producción son: la fertilización, el riego, el control de plagas y de enfermedades y la recuperación después del trasplante (Guzmán y Sánchez, 2003; García-Morales *et al.*, 2011). Un factor importante en la obtención de plántulas de buena calidad es el acondicionamiento nutricional (De Grazia *et al.*, 2006), esto es por el efecto en las características morfológicas y fisiológicas de las plántulas (Nicola y Basoccu, 1994).

Un adecuado estado nutricional de las plantas puede ayudar a la resistencia de los efectos de patógenos y a reducir la incidencia de enfermedades (García-Morales *et al.*, 2011). Existen diversos tipos de materiales orgánicos que se pueden utilizar como sustratos para promover el

crecimiento de las plántulas (González *et al.*, 2014); para esto, es esencial que sean un medio de cultivo apropiado y que proporcionen los nutrientes necesarios para el buen desarrollo de las plántulas (Abid *et al.*, 2018). Entre los tipos de sustrato o materiales orgánicos que se pueden utilizar se encuentran los sustratos inertes como agrolitas o perlitas, residuos de cosecha, lombricompostas, compostas, estiércol de ganado y aves, abonos orgánicos y suelo, entre otros, en combinaciones y proporciones diferentes (García-Morales *et al.*, 2011).

La aplicación de fertilizantes químicos en la plántula de chile ‘Poblano’ es uno de los factores que también influye en la calidad de la plántula. García-Morales *et al.* (2011) mencionan que la fertilización podría mejorar la calidad de la plántula e indican que el evaluar diferentes dosis y fuentes de nutrientes es una buena opción para mejorar la calidad de la misma. El problema que surge con la aplicación de fertilizantes químicos, es que los productores aplican cantidades sin contar con una justificación científica (Oliver *et al.*, 2010).

Algunos productores deciden combinar abonos o estiércoles con fertilización química, pero la mayoría de las veces desconocen los tipos, dosis de materiales orgánicos o productos químicos que deben utilizarse para hacer combinaciones, esto lleva a buscar alternativas que ayuden a mejorar el crecimiento de las plantas y reducir costos de producción, ya que solo deben adquirir los productos químicos (Valenzuela y Osuna, 2012).

Si bien se ha generado tecnología sobre fertilización orgánica o química en diferentes cultivos, ésta no siempre parte de la opinión ni considerando la situación socioeconómica y cultural de los productores involucrados. Se sugiere que la generación de nuevas tecnologías deben realizarse paralelamente con el productor, tomando en consideración su idiosincrasia, su cultura, sus intereses y las condiciones agroecológicas y económicas en las que éste desarrolla sus actividades (Sánchez *et al.*, 2013). Así mismo, es necesario sistematizar el nivel de conocimiento campesino

de los productores sobre el uso de abonos y estiércoles orgánicos junto con la fertilización química en la producción de plántula de chile ‘Poblano’ de buena calidad en la Sierra Nevada de Puebla. Con base en lo anterior, en la presente investigación se buscó responder a las siguientes preguntas de trabajo:

¿Qué factores influyen en su uso y de qué manera se utilizan los estiércoles y abonos orgánicos comerciales en combinación con la fertilización química para la producción de plántula de chile ‘Poblano’ de buena calidad en la Sierra Nevada de Puebla? ¿Qué características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas poseen los estiércoles y abonos orgánicos comerciales a utilizar en la producción de plántula de chile ‘Poblano’? ¿Qué tipo y dosis de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizante químico, favorece la obtención de plántulas de chile ‘Poblano’ de buena calidad?

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Sistematizar el conocimiento que han generado los productores sobre el uso de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos en la producción de plántula de chile ‘Poblano’ en la Sierra Nevada de Puebla y precisar las características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas de estos materiales, así como sus niveles más apropiados para la obtención de plántulas de chile ‘Poblano’ de buena calidad.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Sistematizar el conocimiento que tienen los productores sobre el uso de estiércoles locales, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos en la producción de plántula de chile ‘Poblano’.

2.2.2 Determinar las características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas que poseen los estiércoles locales (vacuno y ovino), abonos orgánicos comerciales (Solep y Fernatol) y la turba comercial Peat moss.

2.2.3 Precisar la mejor combinación de estiércol local, abono orgánico comercial y fertilización química (Technigro® con la fórmula 20-18-20) para producir plántulas de chile ‘Poblano’ de buena calidad.

3. Hipótesis

3.1 Hipótesis general

El conocimiento de los productores de la Sierra Nevada de Puebla sobre el uso de estiércoles locales, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos determina el manejo de la fertilización durante la producción de plántulas de chile ‘Poblano’.

3.2 Hipótesis específicas

3.2.1 La manera en que los productores de la Sierra Nevada de Puebla utilizan los estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos determina la obtención de plántula de chile ‘Poblano’ de buena calidad.

3.2.2 Al menos uno de los estiércoles locales o abonos orgánicos comerciales posee características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas apropiadas para la producción de plántula de chile ‘Poblano’ de buena calidad.

3.2.3 Al menos una de las combinaciones de los estiércoles locales o abonos orgánicos comerciales utilizados como componentes de sustrato más la aplicación de fertilización química producirá plántula de chile ‘Poblano’ de buena calidad.

4. Revisión de literatura

4.1 Agricultura tradicional

Los pueblos prehispánicos comenzaron a conocer y experimentar con la agricultura hace tres milenios aproximadamente, este tipo de agricultura plantea un sistema para el uso de la tierra que se ha desarrollado localmente durante varios años de experiencia empírica. Las técnicas que se emplean mantienen la sostenibilidad del hábitat y la seguridad alimentaria de los pobladores (Madrid-Tamayo, 2009).

La agricultura tradicional complementa los sistemas de producción con la transformación de los desechos animales como abono natural (Bernal *et al.*, 2000). Esta agricultura evita la degradación y contaminación de los ecosistemas, implementando diferentes prácticas agrícolas como la rotación de cultivos, asociaciones, abonos verdes y ganadería extensiva, utilizando bienes

naturales, integrando abonos orgánicos; ésto ayuda a no deteriorar el ambiente natural y hay una sinergia entre naturaleza y hombre (Martínez-Castillo, 2008).

La sinergia que existe entre el hombre y la naturaleza, es una actividad donde se manejan los recursos naturales, la calidad y la cantidad de energía disponible, y la producción de los alimentos suficientes. Este tipo de agricultura se inició con la acumulación de conocimientos ecológicos y biológicos sobre los recursos naturales utilizados, por la trasmisión y forma en que se difunden los conocimientos (Hernández-Xolocotzi, 1988).

Algunas prácticas agrícolas campesinas que fueron consideradas mal guiadas o primitivas, ahora están consideradas como sofisticadas y apropiadas, esto por la observación, el aprendizaje experimental, la búsqueda y ensayo de nuevos métodos para la producción de cultivos; estos conocimientos son de mejor calidad y más detallados con personas de mayor edad en comparación con los jóvenes (Altieri, 1991).

4.2 Conocimiento campesino

El conocimiento campesino es una fuente de información muy importante, pues éste se sustenta en la experiencia y el amplio conocimiento sobre el manejo de los sistemas de producción tradicional (Morán y Mastrangelo, 1993). Los productores tienen conciencia de poseer un conjunto de saberes vinculados a las actividades en el ambiente, principalmente en relación a los cultivos tradicionales de la región; pero saben también que necesitan ser capacitados en otros temas que desconocen. Los campesinos saben que lo más importante es cómo preparar la tierra para sus cultivos; sin embargo, para seguir con las actividades productivas, los pequeños agricultores lidian con agentes o condiciones que no pueden controlar, pero los conocimientos que poseen les permite tomar decisiones para mejorar, posibilitar y maximizar el desarrollo de sus cultivos (Landini,

2010). Debido a los problemas o condiciones que no pueden controlar los productores, estos buscan estrategias racionales para mejorar, diversificar sus actividades económicas y la producción agrícola, pues su unidad de producción en ocasiones solo produce lo suficiente para el consumo propio. Los agricultores se acoplan a los saberes técnicos modernos y a los tradicionales, pues con la experimentación al producir generan más conocimientos; cuando hay un cambio interno o externo se deben hacer modificaciones en cuanto a las actividades, resultando otro conocimiento. Los conocimientos nuevos que generan los agricultores al paso del tiempo están basados en la observación, la transmisión de secretos, la imitación y principalmente la experimentación; estos conocimientos o fracasos se comparten a generaciones presentes o futuras, pero también se transmite entre productores de la comunidad y entre comunidades de la región, constituyendo un aprendizaje mutuo (Schmelkes, 2006).

Por lo anterior, se puede decir que la memoria de los campesinos es un recurso de suma importancia y se expresa como una síntesis histórica del conocimiento local (Toledo, 1991).

4.3 Cultivo de chile

La producción mundial de chile para el año 2014, fue de 32.3 millones de toneladas de fruto verde y 3.8 millones en chile seco (FAOSTAT, 2014). México ocupa el primer lugar a nivel mundial en la producción de chile, exportando chile verde a países como Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania. Para el año 2016, se registró un promedio de 2, 282, 850 toneladas de producción nacional, siendo los principales productores los estados de Chihuahua, Zacatecas y San Luis Potosí. A nivel nacional, el estado de Puebla obtuvo una producción de 8, 919 ton de chile verde en el año 2016, obteniendo un rendimiento de 4.76 toneladas por hectárea (SIAP, 2016).

En el país se utilizan diferentes tipos de chiles verdes y secos para desarrollar una gran variedad de platillos gastronómicos, con características exóticas e incitantes por sus diversos sabores e ingredientes que se utilizan. Entre estos se destacan el chile ancho, serrano, jalapeño, guajillo y de árbol (Pérez *et al.*, 2013). Dentro de la gran variabilidad de tipos de *C. annuum* L., el chile ‘Poblano’ es uno de los más importantes y representativos del Estado de Puebla, con una presencia histórica y cultural indiscutible (Toledo *et al.*, 2011).

El conocimiento local del cultivo de chile es muy rico, ya que se tienen definidas las fechas de siembra, los sistemas de producción, las prácticas culturales y de cosecha; no obstante, en este cultivo se tienen problemas fitosanitarios, desconocimiento en el manejo de la fertilización y otros factores socioeconómicos (Huerta y Jaramillo, 2010).

El cultivo de chile ‘Poblano’ necesita para su desarrollo los siguientes elementos: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre y otros elementos en menores cantidades (Huerta *et al.*, 2007). Cada uno de estos elementos ayuda al desarrollo del cultivo, por ejemplo: el nitrógeno interviene en la multiplicación celular y es considerado un factor de crecimiento; el fósforo estimula el desarrollo de raíces e interviene en el transporte, almacenamiento y transferencia de energía; el potasio es muy móvil y éste juega un papel múltiple, ya que mejora la actividad fotosintética, aumenta la resistencia de las plantas a la sequía y heladas, promoviendo la síntesis de lignina favoreciendo la rigidez de la planta (Magrama, 2016).

4.4 Producción de plántula

Las semillas de chile ‘Poblano’ se siembran en semilleros y posteriormente las plántulas se transplantan al terreno definitivo donde se desarrollará el cultivo. La siembra se puede hacer en almácigos a cielo abierto (canoas) o en charolas de poliestireno en invernadero, dependiendo de

los recursos con que se cuente, aunque la segunda opción presenta mayores ventajas (García-Morales *et al.*, 2011).

La producción de plántula en almácigo puede ser de diferentes dimensiones y su duración puede ser de tres meses desde la siembra hasta el trasplante. Las prácticas de manejo son las siguientes: se hace un barbecho, se agrega estiércol, se mezcla y se aplana, la semilla se siembra al boleó y se coloca un plástico o residuos de cosecha para cubrir la semilla. Después de que las plántulas hayan emergido se riega constantemente; cuando presentan dos pares de hojas se puede regar con algún tipo de fertilizante que sea ideal para el enraizamiento, los riegos se hacen diariamente ya sea por la mañana o la tarde. Las plántulas en este sistema se transplantan cuando tienen de 12 a 15 centímetros de altura, de 5 a 7 milímetros de grosor y entre 2 a 3 pares de hojas (Huerta *et al.*, 2007).

La producción de plántulas en charolas de poliestireno en invernadero, es una alternativa tecnológica que provee un mayor control productivo (Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012), pues las plántulas se desarrollan en menos tiempo, se utiliza una menor cantidad de semilla, se tiene mayor protección contra condiciones climatológicas, mayor control de plagas y enfermedades, se optimizan mejor los insumos utilizados, hay mayor éxito al trasplante y se obtienen plantas más sanas y vigorosas (Huerta *et al.*, 2007). La siembra en este tipo de sistema se realiza para obtener plántulas de mayor sanidad y vigorosidad, que garanticen la subsistencia al trasplante (Mancilla *et al.*, 2017)

Las charolas utilizadas son de poliestireno de 200 cavidades y para su llenado se usan sustratos o medios de crecimiento mezclados; se pueden utilizar Peat moss, agrolitas, vermiculitas, abonos, estiércoles, entre otros, en combinaciones y dosis diferentes (Sáenz *et al.*, 2010).

El sustrato utilizado en este tipo de sistema se debe humedecer, se llenan las charolas, se colocan de 1 a 2 semillas por cavidad, se tapan posteriormente con una pequeña capa del mismo sustrato, se apilan las charolas y se cubren con un plástico. Se deben de revisar las charolas, pues la emergencia de las plántulas puede variar; cuando se tengan más de 50 % de plantas emergidas se retiran las charolas y se colocan en un lugar para el desarrollo de las plántulas. Los riegos se aplican por aspersión, la fertilización se realiza con fertilizantes foliares y la plántula se puede trasplantar después de 45 a 60 días (Huerta *et al.*, 2007).

La producción de plántulas también puede establecerse en bolsas de polietileno negro, de calibre 400 y de la dimensión que más se ajuste el productor (10 x 20, 13 x 20, 10 x 25 y 20 x 25 cm de ancho por largo, respectivamente). Los sustratos que se pueden utilizar en este tipo de sistema son: tierra de monte, tierra de encino, corteza composteada, tierra de río y corteza de pino, entre otros. El riego en este sistema se puede hacer por aspersión o se puede realizar de manera manual con mangueras o regadera y se aplican dos riegos por semana (Sáenz *et al.*, 2010).

4.4.1 Calidad de la plántula

La calidad de la plántula se evalúa con base en diferentes aspectos, como la altura, el diámetro del tallo, sistema radical, la observación del vigor, el color del follaje (Sáenz *et al.*, 2010) y la acumulación de materia seca, dado por el peso seco de la raíz y la parte aérea (García-Morales *et al.*, 2011). Aparte de los aspectos anteriores, la evaluación de una plántula de calidad se determina también por los siguientes índices: índice de esbeltez, que está relacionado con la capacidad de resistencia de la plántula al igual que con la capacidad fotosintética (Romero-Arenas *et al.*, 2012). En este caso, el intervalo considerado para determinar la calidad de la plántula es: un valor menor a seis representa planta resistente al viento, con mayor supervivencia y crecimiento en sitios secos,

mientras que los valores superiores a ocho son plántula de baja calidad y estas se exponen a sufrir daños por sequía, heladas y por el viento (Sáenz *et al.*, 2010). El otro índice de calidad es el de Dickson, éste es un indicador que considera la robustez y el equilibrio de la biomasa en la parte aérea y el diámetro (Macedo-Delarmelinia *et al.*, 2015). Los intervalos para determinar la calidad de las plántulas con base en este índice deben ser mayores a 0.5, considerando este valor de calidad alta, valores de 0.5 a 0.2 presentan calidad media de la plántula, los valores menores a 0.2 indican una baja calidad de las plántulas (Sáenz *et al.*, 2010). Los índices pueden variar dependiendo de la especie, variedad, el tipo y proporción del sustrato, el volumen del alveolo y principalmente el momento en que se determinaron las variables (Tannure-Faria *et al.*, 2016).

4.5 Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es una alternativa para reducir el uso de productos químicos a través de la utilización de productos que ayuden a mejorar la nutrición de los cultivos y las características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas del suelo; con esta agricultura se podría ser menos dependiente de los productos químicos y ayudar a disminuir los costos de producción (Vargas *et al.*, 2013). Un principio básico de la agricultura orgánica es que debe ser un sistema orientado a fomentar y mejorar la energía de un agro-ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo, esto con ayuda de actividades implementadas para mantener la vitalidad del suelo donde las plantas se desarrollan (CUSHUNCHIC, 2009). Surge de la integración de elementos técnicos, sociales, económicos y agroecológicos; no solo se trata de sustituir los productos químicos por orgánicos, si no de integrar ambos aspectos (Soto y Espinoza, 2003). La agricultura orgánica retoma prácticas tradicionales de producción, como el uso de abonos orgánicos o estiércoles; sin

embargo, en este tipo de fertilización no se descarta el uso de nuevas tecnologías, pues éstas se incorporan adaptándolas a las situaciones en que se necesiten (Madrid-Tamayo, 2009).

Existe una relación entre la comunicación y el aprendizaje entre distintas culturas, grupos, tradiciones, valores o conocimientos para ampliar el conocimiento sobre la producción agrícola; implica desarrollar una estrategia para mejorar el manejo del suelo, fomentar el uso de insumos locales y una comercialización justa (Soto y Espinoza, 2003), así como fomentar la transmisión de conocimiento de generación en generación (Madrid-Tamayo, 2009).

La integración de la agricultura orgánica a una práctica agrícola, ayuda a proveer y mantener niveles adecuados de humedad a la semilla y posteriormente a la plántula, suministrar los nutrientes necesarios para el buen desarrollo de las plántulas, tener un buen intercambio gaseoso entre la atmósfera y ser un soporte físico para la plántula (Rodríguez-Macías *et al.*, 2010). Para la suministración de nutrientes a los cultivos existen diversos tipos de materiales orgánicos que se pueden utilizar para la producción como sustratos o componentes de sustratos (González *et al.*, 2014).

4.5.1 Tipos de materiales orgánicos

Los materiales orgánicos son productos elaborados a partir de otros componentes que se encuentran en la comunidad o en la región tales como: estiércol de animales, tallos, hojas, ramas y flores de árboles, arbustos, desperdicios de cocina. También se pueden usar desechos como bagazo de caña de azúcar, conchas de cacao, coco, cascarilla de arroz, tallos y hojas de banano, paja de arroz y de frijol, olotes, caña de milpa, raíces, suero, ceniza, carbón. Estos productos al descomponerse con la ayuda de microorganismos que actúan de forma aeróbica (con presencia de

oxígeno) o anaeróbica (con ausencia de oxígeno) se convierten en fertilizante, los cuales al ser utilizados mejoran la disponibilidad de nutrientes para las plantas (IPADE, 2009).

Los fertilizantes orgánicos se pueden utilizar como sustratos o componentes de sustratos (González *et al.*, 2014); por ejemplo: las turbas (Peat moss) y sustratos inertes como agrolitas o perlitas, biosólidos, residuos de cosecha, lombricompostas, compostas, estiércol de ganado y aves, suelo, en combinaciones y proporciones diferentes (García-Morales *et al.*, 2011).

4.5.2 Calidad de los materiales orgánicos

La calidad de un material orgánico se mide en diferentes aspectos y solo si estos cumplen con los parámetros que establecen diferentes normas de calidad, pueden ser utilizados como sustratos o componentes de sustrato; los parámetros que se necesitan cumplir son físicos, químicos, biológicos y microbiológicos (Ansorena *et al.*, 2014). Entre los parámetros de calidad de mayor importancia se encuentran la estabilidad y madurez del material. La estabilidad se define como la tasa de absorción de O₂ e indica el grado de descomposición biológica que las materias primas de una composta han logrado y está relacionado con la actividad de las poblaciones microbianas. La madurez es el nivel de integridad del compostaje que implica cualidades de envejecimiento de un producto, la ausencia de compuestos fitotóxicos y patógenos (Bernal *et al.*, 2011; Bernal *et al.*, 2017). Estos dos indicadores son importantes, puesto que las compostas maduras no tienen efectos negativos sobre la germinación de las semillas o en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Bernal *et al.*, 2017). En cambio, un material orgánico inmaduro puede generar malformaciones en las plántulas, una irregular o nula germinación (Dos Santos *et al.*, 2010) y la inmovilización del nitrógeno (Abad *et al.*, 2002).

Un material orgánico para ser considerado como sustrato o componente de sustrato debe cumplir con los parámetros siguientes: la porosidad debe ser superior al 85 %, la capacidad de aeración entre 10 y 30 %, agua fácilmente asimilable entre 20 y 30 %, textura de media a gruesa, con una distribución de partículas de 0.25 a 2.5 mm (Abad *et al.*, 2002; Carrijo *et al.*, 2004; López-Baltazar *et al.*, 2013), retención de humedad entre el 55 y 70 % y una densidad aparente entre 0.15 y 0.45 g/cm³ (López-Baltazar *et al.*, 2013). La norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007 y la norma Chilena NCh 2880 (2004), especifican los siguientes parámetros de calidad que debe de cumplir un producto orgánico a utilizar: nitrógeno total de 1 a 4 %, materia orgánica de 20 a 50 %, relación C/N ≤ 20 , la humedad debe estar entre 20 y 40 %, el pH entre 5.5 y 8.5, la conductividad eléctrica ≤ 4 dS/m¹ o ≤ 8 dS/m¹, la densidad aparente entre 0.40 y 0.90 g/ml¹ o ≤ 700 kg/m³, tamaño de partícula (%) ≤ 16 mm; adicionalmente, deben cumplir con parámetros de inocuidad como: *Escherichia coli* ≤ 1000 NMP/g, *Salmonella* spp ausente en 25 gramos (Real Decreto 865/2010) o 3 NMP/4 gramos y hongos fitopatógenos ausentes. Los límites de metales pesados establecidos por las legislaciones española y europea en las compostas son: cadmio (Cd) 0.7, cromo (Cr) y cobre (Cu) 70, mercurio (Hg) 0.4, níquel (Ni) 25, plomo (Pb) 45 y zinc (Zn) 200 en mg/kg¹ de materia seca (Real Decreto 865/2010, Ansorena *et al.*, 2014 y Bernal *et al.*, 2017).

4.6 Fertilización química

En México, el uso de fertilizantes químicos se inició a principios del siglo pasado y su producción comenzó en 1915. Los más utilizados son los líquidos y gaseosos, pero usualmente se utilizan en la agricultura tecnificada. El problema que surge es que la aplicación no es uniforme; las aplicaciones uniformes se desarrollan mayormente en la agricultura intensiva. Para los agricultores es de suma importancia saber cuándo y cuánto se debe aplicar de fertilizante químico y así

optimizar la absorción de los nutrientes en el cultivo y minimizar las pérdidas del fertilizante, para así promover la mayor absorción de los nutrientes por las plantas y disminuir algún riesgo de contaminación ambiental (Peña-Cabriaes *et al.*, 2002).

Los fertilizantes son comúnmente aplicados para un mejoramiento en la productividad de los cultivos mediante el suministro de nutrientes minerales a la planta. Actualmente se desarrollan nuevas tecnologías en fertilizantes, de acuerdo a las necesidades químicas de las plantas en crecimiento. También se utilizan fertilizantes comerciales en la agricultura para corregir la deficiencia de nutrientes en la planta y así mantener las condiciones óptimas de la fertilidad del suelo o superficie utilizada, para proporcionar la nutrición que ayuda a las plantas a resistir condiciones de estrés y mejorar la calidad de los cultivos (Glinsk *et al.*, 2011).

El uso de materiales orgánicos (abonos, estiércoles u otros) y fertilización química ayuda a los suelos a brindar la capacidad de absorber los nutrientes y producir cultivos de mejor calidad, por la interacción entre ambos aspectos (FONAG, 2010) y así minimizar el uso de los insumos químicos y los costos de producción.

5. Literatura citada

- Abad, M., Noguera, P., Puchades, R., Maquieira, A., y Noguera, V. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. *Bioresource Technology*, 82(3), p, 241-245. doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00189-4.
- Abid, W., Magdich, S., Mahmoud, I. B., Medhioub, K., y Ammar, E. 2018. Date palm wastes co-composted product: An efficient substrate for tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedling production. *Waste and Biomass Valorization*, 9(1), p, 45-55. DOI 10.1007/s12649-016-9767

- Altieri, M. A. 1991. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? Agroecología y desarrollo. División de control biológico, Universidad de California Berkeley. Revista CLADES. Número 1. p, 14.
- Ansorena, J., Batalla, E., y Merino, D. 2014. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. XI Jornadas del Grupo de Sustratos de la SECH. Escuela Agraria de Fraisoro. Departamento de Innovación, Desarrollo Rural y Turismo., Zizurkil, País Vasco, España. p, 1-67. Disponible en: http://www.blueberrieschile.cl/wp-content/uploads/2015/07/pdf_000304.pdf
- Bernal, F., Sánchez, O., y Zapata, A. y CAMAREN (Consortium). 2000. Relaciones socio-organizativas y legales en el Páramo y otras zonas de altura. Quito, Ecuador: CAMAREN. p, 119.
- Bernal, M. P. C., Méndez, J. A. A., Muñoz, M. Á. B., y Carrillo, R. C. 2011. Guía de utilización agrícola de los materiales digeridos por biometanización. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Murcia, España. p, 113. CSIC. Disponible en: [http://213.229.136.11/bases/ainia_probiogas.nsf/0/89A368DD73F7282DC125753F00587325/\\$FILE/PROBIOGAS_GuiaDigerido.pdf](http://213.229.136.11/bases/ainia_probiogas.nsf/0/89A368DD73F7282DC125753F00587325/$FILE/PROBIOGAS_GuiaDigerido.pdf)
- Bernal, M. P., Sommer, S. G., Chadwick, D., Qing, C., Guoxue, L. y Michel Jr, F. C. 2017. Current approaches and future trends in compost quality criteria for agronomic, environmental, and human health benefits. *Advances in Agronomy. Environmental, and Human Health Benefits*. In: Donald L. Sparks, editor, *Advances in Agronomy*, Vol. 144 Burlington: Academic Press. p, 143-233. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.agron.2017.03.002>
- Berrospe-Ochoa, E. A., Ordaz-Chaparro, V. M., Rodríguez-Mendoza, M. D. L. N., y Quintero-Lizaola, R. 2012. Cachaza como sustrato para la producción de plántula de tomate. *Revista Chapingo. Serie horticultura*: 18(1), p, 141-156. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v18n1/v18n1a10.pdf>
- Carrijo, O. A., Vidal, M. C., Reis, N. D., Souza, R. D., y Makishima, N. 2004. Produtividade do tomateiro em diferentes sustratos e modelos de casas de vegetação. *Horticultura Brasileira*, 22(1), p, 5-9. . Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/hb/v22n1/a01v22n1.pdf>

- CUSHUNCHIC, M. 2009. Fertilización orgánica. Fundación MCCH. Quito–Ecuador (en línea). Consultado: 18 de febrero del 2018. Disponible en: <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/3061/fertilizacionmcch.pdf>
- De Grazia J., Tiftonell, P. A., y Chiesa, A. 2006. Nitrogen fertilization methods affect growth of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) transplants. In IV International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops; Translating Seed and Seedling 782. p, 193-200.
- Dos Santos, M. R., Sediyaama, M. A. N., Salgado, L. T., Vidigal, S. M., y Reigado, F. R. 2010. Produção de mudas de pimentão em substratos à base de vermicomposto. Bioscience Journal, 26(4): p, 572-578. Disponible en: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/7147/5132>
- FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. 2014. Producción de chile verde y seco a nivel mundial año 2014. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- FONAG, Fondo para la Protección del Agua. 2010. Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Manual para la elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf.
- García-Morales, C., O. R. Taboada-Gaytán, H. López-Sánchez, P. A. López, G. Mora-Aguilera y B. Tlalpal-Bolaños. 2011. Calidad de plántulas de chile 'Poblano' en la Sierra Nevada de Puebla, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 34(2), p, 115-121. <http://scielo.unam.mx/pdf/rfm/v34n2/v34n2a10.pdf>
- Glinsk, J., Horabik, J. y Lipiec, J. 2011. Encyclopedia Aprophysics. Fertilizers (mineral, organic), effect on soil physical properties. Edited by Springer Science. p, 296.
- González, P. E., Yáñez, M. M., Santiago, S. V., y Montero, P. A. 2004. Biodiversidad fungosa en la marchitez del chile y algunos factores involucrados en Tlacotepec de José Manzo, El Verde, Puebla. Agrociencia, 38, p, 653-661.
- González, R., González, G., Acevedo, I., González, M. E., y Contreras, J. 2014. Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annum* L.) con sustrato a base de cachaza compostada. Rev. Fac. Agron, (Supl 1), p, 182-190. Disponible en: http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/suplemento_2014/bot/botsupl12014182190.pdf

- Guzmán, M., and A. Sánchez 2003. Influence of nitrate and calcium increments on development, growth and early yield in sweet pepper plants. In *International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment* 609, p, 207-211. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.609.29>
- Hernández, V. B., Mendoza, C, M, C., Del Castillo, S, F. y Moreno, P, E, C. 2010. Eficiencia de sistemas de producción del chile poblano para agricultura protegida. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. p, 115.
- Hernández-Xolocotzi, E. 1988. La agricultura tradicional en México. *Comercio Exterior* 38, p, 673-678.
- Huerta, A., y Jaramillo, J.L. 2010. Manual de buenas prácticas agrícolas y de manejo del chile poblano. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Fundación Produce Puebla, A. C. Altres Costa-Amic Editores. 1ª ed. México. p, 61.
- Huerta, P, A. H., Rojas, S. F. y Ocampo F., I. 2007. Manual de chile poblano: importancia económica y sociocultural. Colegio de Postgrados. Campus Puebla, Fundación Produce Puebla, A. C. ALTRES COSTA-AMIC. ISBN 968-839-538-2. p, 80
- IFOAM. 2014. "La Producción Orgánica para la Agricultura Familiar Campesina". Obtenido de International Federation of Organic Agriculture Movements: <http://www.ifoam.org>
- IPADE, "Instituto para el Desarrollo y la Democracia". 2009. Guía Técnica Abonos Orgánicos. p, 36-51
- Landini, F. 2010. La dinámica de los saberes locales y el proceso de localización del saber científico. Aportes desde un estudio de caso. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 7(65), p, 19-40. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/117/11716958001.pdf>
- Latournerie M. L., J. S. López V., G. Castañón N., J. O. Mijangos C., G. Espadas V., A. Pérez G. y E. Ruiz S. 2015. Evaluación agronómica de germoplasma de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agroproductividad* 1: p, 24-29. Disponible en: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/498/1/2015_AI_id38249_Javier_Mijangos.pdf
- López-Baltazar, J., Méndez-Matías, A., Pliego-Marín, L., Aragón-Robles, E., y Robles-Martínez, M. L. 2013. Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum*

- annuum*) en invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4(SPE6), p, 1139-1150.
Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4nspe6/v4spe6a6.pdf>
- Macedo-Delarmelina, W., Winckler-Caldeira, M. V., Tannure-Faria, J. C., y Cassani-Lacerda, L. 2015. Uso de resíduo orgânico em substrato para produção de *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip var. *latistipula* (Benth.). CERNE, 21(3), p, 429-437. DOI:10.1590/01047760201521031439
- Madrid-Tamayo, A. 2009. La agricultura orgánica y la agricultura tradicional: una alternativa intercultural. ISSN No. 1390-4280. Disponible en: <http://67.192.84.248:8080/bitstream/10469/897/1/14.%20B.%20Documento%20completo.pdf>
- Magrama. 2016. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. La nutrición de las plantas. www.magrama.es.
- Mancilla, A. G., Suárez, J. J. A., Cerrato, R. F., Guzmán, M. D. P. R., Taboada G., O. R., Trinidad S., A. y Garibay, R. I. A. 2017. Caracterización y selección de Rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 33(3), p, 463-474. DOI: <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2017.33.03.09>
- Martínez-Castillo, R. 2008. Agricultura tradicional campesina: características ecológicas. Revista Tecnología en Marcha, 21(3), p, 3.
- Morán, E. F., y Mastrangelo, S. 1993. La ecología humana de los pueblos de la Amazonía (No. 304.208 M6).
- NCh 2880 (Norma Chilena de Compost): Norma Chilena Oficial. 2004. Compost-Clasificación y requisitos. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.
- Nicola, S., & Basoccu, L. 1994. Pretransplant nutritional conditioning affects pepper seedling growth and yield. (S. e. Dipartimento di Agronomia, Ed.) Acta Horticulturae, (361), p, 519-526.
- NMX-FF-109-SCFI-2007: DE LOMBRIZ, H. U. M. U. S., & DE PRUEBA, E. Y. M. 2007. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SAGARPA/Normas/Oficiales/nmx-ff-109-scfi-2007.pdf>

- Oliver, Y.M., Robertson, M.J., y Wong, M.T.F. 2010. Integrating farmer knowledge, precision agriculture tools, and crop simulation modelling to evaluate management options for poor-performing patches in cropping fields. *European Journal of Agronomy*, 1(32), p, 40–50.
- Peña-Cabriales, J. J., Grageda-Cabrera, O. A., y Vera-Núñez, J. A. 2002. Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: Uso de las técnicas isotópicas (15N). *Terra Latinoamericana*, vol. 20 no. 1, p, 51-56. Editorial Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/573/57320109/>
- Pérez, V. R., Morales, J. J., López, S. H., y Velia, A. A. 2013. Memorias VI Congreso de Proyectos de Investigación de Estudiantes de Maestría y Doctorado. Identificar el mercado de extractos y subproductos del chile en las empresas del sector farmacéutico, de alimentos y químicos orgánicos en la región Centro de Puebla. (F. P.-M. E. Sandoval-Castro, Ed.) Puebla: Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
- Real Decreto 865/2010. de 2 de julio, sobre sustratos de cultivo. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2010/07/14/pdfs/BOE-A-2010-11153.pdf>
- Rodríguez, J., Olvera, P. B., Gil, M. A., Martínez, C. B., Manzo, F., & Salazar, L. L. 2007. In situ recovery of ‘Poblano’ pepper in Puebla, México. *Rev. Fitotec. Mex.*, 30(1), p, 25-32.
- Rodríguez-Macías, R., A, G, E. G., Iñiguez-Covarrubias, G., Zamora-Natera, F., García-López, P. M., Ruiz-López, M. A., y Salcedo-Pérez, E. 2010. Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero. *Interciencia*, 35(7), p, 515-520. Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33914381008>> ISSN 0378-1844
- Romero-Arenas, O., López-Escobedo, R., Damián-Huato, M. Á., Hernández-Treviño, I., Parraguirre-Lezama, J. F., y Huerta-Lara, M. 2012. Evaluación del residuo de cáscara de nuez (*Juglans regia* L.) en la producción de plántulas de *Pinus patula* en vivero. *Agronomía Costarricense*, 36(2), p, 103-110. Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43625500009>> ISSN 0377-9424
- Sáenz, R J. T.; Villaseñor R. J.; Muñoz F. H. J.; Rueda S. A. y Prieto R. J. A. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. p, 48. Disponible en: [http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1289/CALIDAD%](http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1289/CALIDAD%2017.pdf)

20DE%20PLANTA%20EN%20VIVEROS%20FORESTALES%20DE%20CLIMA%20T
EMPLADO%20EN%20MICHOACAN.pdf?sequence=1

- Sánchez, T. B., Zegbe, D. J., y Rumayor, R. A. 2013. "Propuesta para evaluar el proceso de adopción de las innovaciones tecnológicas". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(6), p, 855-868.
- Schmelkes, S. 2006. Reseña de "Interculturalidad, saberes campesinos y educación" de María Guadalupe Díaz Tepepa, Pedro Ortiz Báez e Ismael Núñez Ramírez. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11 (28), p, 333-337.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2016. Consultado: 17 de febrero del 2018. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Consultado: 18 de febrero del 2018. Disponible en: http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/
- Soto, G., y Espinoza, F. 2003. Memoria del Taller Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. 2003. Información Secundaria de agricultura orgánica y comercio justo: Nicaragua, Honduras, El Salvador, Costa Rica. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Turrialba (Costa Rica); Unidad Regional de Asistencia Técnica; Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba (Costa Rica); Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Turrialba (Costa Rica). Ecomercados, Managua (Nicaragua).
- Tannure-Faria, J. C., Winckler Caldeira, M. V., Macedo Delarmelina, W., y Frinhani Rocha, R. L. 2016. Substratos alternativos na produção de mudas de *Mimosa setosa* Benth. *Ciência Florestal*, 26(4), p, 1075-1086. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53449110004>> ISSN 0103-9954
- Toledo, A. R. 2010. Diversidad morfológica y potencial productiva de variedades nativas de Chile "poblano". Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Puebla. p. 75
- Toledo, C. A., López, S. H., Santacruz, V. A., Valadez, M. E., Aguilar, R. H., Corona, T. T., y López, P. A. 2011. Diversidad genética en México de variedades nativas de Chile "Poblano" mediante microsatélites. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 34(4), p, 225-232.

- Toledo, V.M. 1991. El juego de la supervivencia. En Agroecología: Ciencia y Aplicación. CLADES. Berkeley, CA, EEUU. p, 3-44.
- Valenzuela, M., Díaz, T., y Osuna, J. 2012. Uso de abonos orgánicos en hortalizas Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Revista Cultura Orgánica 14-16 pp.
- Vargas, L. M. T., Guzmán, A. L., Pérez, A. H., Guerrero, T. D., y Villalobos, J. A. M. 2013. Fertilización orgánica y química del cultivo de maíz (*zea mays*) de temporal en michoacán. AGROFAZ, 13(2), p, 51-57.

**CAPÍTULO I. CONOCIMIENTO CAMPESINO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE
PLÁNTULA DE CHILE “POBLANO” EN LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA**

P. Acevedo-Alcalá¹, O. R. Taboada-Gaytán^{1*}, J. Cruz-Hernández¹, J. S. Escobedo-Garrido¹ y M.

L. Ramírez-Vázquez²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, Mpio. de San Pedro Cholula. C.P. 72760. Puebla, México. ²Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, km 7.5 Carretera Federal San Martín-Tlaxcala, San Diego Xocoyucan. C.P. 90122. Tlaxcala, México.

*Autor para correspondencia (toswaldo@colpos.mx)

1.1 Resumen

En los últimos años el conocimiento campesino se ha considerado de suma importancia, por la experiencia y el amplio conocimiento que los productores generan en sus cultivos de manera tradicional; sin embargo no se ha reportado de qué manera y que tipos de materiales orgánicos o químicos utilizan los agricultores en el manejo de la fertilización de sus cultivos. El objetivo fue: sistematizar el conocimiento que tienen los productores sobre el uso de estiércoles locales, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos en la producción de plántula de chile ‘Poblano’ en la Sierra Nevada de Puebla. Se aplicó un cuestionario con 68 preguntas a una muestra de 50 agricultores de 14 localidades distribuidas en nueve municipios de la región de estudio. La recolección de la información se llevó a cabo con recorridos de campo y visitas a los domicilios particulares de los agricultores. Se realizó un análisis de componentes principales para determinar las variables más informativas y un análisis de conglomerados con base en la matriz de distancias euclidianas agrupando con el método de Ward. Los resultados indicaron que el 74 % de los agricultores producen su propia plántula de chile ‘Poblano’, el 16 % la compra y el 10 % de ellos mandan a producir su plántula (mandan a maquilar); el 82 % de los productores utiliza su propia semilla y solo el 18 % obtienen su semilla de otras localidades para producir la plántula que necesitan. El análisis de conglomerados dio como resultado la formación de cuatro grupos: el grupo I conformado por el 10 % de los productores de plántula que utilizan estiércoles, abonos comerciales y fertilizantes químicos; el grupo II representa al 24 % de productores que compran o mandan a maquilar su plántula utilizando su propia semilla; el grupo III se integró con el 56 % de los productores de plántula que reciben asesoría y el grupo IV representa el 10 % y estos no reciben asesoría, ambos grupos utilizan estiércoles y fertilización química.

Palabras clave: Abonos comerciales, aportación nutrimental, estiércoles, fertilización química

1.2 Abstract

In recent years peasant knowledge has been considered of great importance, due to the experience and the wide knowledge that they generate in their crops in a traditional way, however it has not been reported in what way and what types of organic and chemical materials farmers use in the management of their crops. The objective was to systematize the level of peasant knowledge that producers have about the use of local manures, commercial organic fertilizers and chemical fertilizers in the production of seedlings of 'Poblano' pepper in the Sierra Nevada de Puebla. A questionnaire with 68 questions was applied to a sample of 50 farmers from 14 localities distributed in nine municipalities of the region of study. The collection of the information was carried out with field trips and visits to the private homes of the farmers. An analysis of main components was carried out to determine the most informative variables and a cluster analysis based on the Euclidean distance matrix grouping with the Ward method. The results indicated that 74 % of farmers produce their own seedlings of 'Poblano' pepper, 16 % buy them and 10 % of farmers pay to other person to produce their seedlings; 82 % of producers use their own seed and only 18 % get their seed from other locations to produce the seedling they need. The cluster analysis resulted in the formation of four groups: group I makes up 10 % of seedling producers using manure, commercial fertilizers and chemical fertilizers, group II represents 24 % of producers that buy or pay to produce its seedling using its own seed, group III is made up of 56 % of the seedling producers that receive technical advice and group IV represents 10 % and these do not receive technical advice, both groups use manure and chemical fertilization.

Key words: Commercial fertilizers, nutrimental contribution, manures, chemical fertilization

1.3 Introducción

El conocimiento de los agricultores es información de suma importancia, pues este se ha generado con base en la experiencia y el amplio conocimiento que tienen sobre el manejo de sus cultivos (Morán y Mastrangelo, 1993). Estos conocimientos son adquiridos con base en la experimentación, la observación, transmisión de secretos entre productores, imitación, fracasos y la experiencia adquirida (Schmelkes, 2006).

En los últimos años, la producción de plántulas de hortalizas, entre las que se encuentra el chile (*Capsicum annuum* L.), ha adquirido un papel fundamental en la agricultura, pues la calidad de estas es de suma importancia para mejorar la productividad de este tipo de cultivos (Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012). Entre los aspectos más importantes en la producción de plántulas de buena calidad se encuentran el tipo de sustrato utilizado y el manejo de la fertilización de las plántulas en sus primeras etapas de desarrollo. Sin embargo, se ha prestado poca atención para recabar y sistematizar el conocimiento de los agricultores y la información relacionada con la manera en que utilizan sustratos localmente disponibles y llevan a cabo el manejo de la fertilización durante el proceso de producción de sus propias plántulas.

La buena calidad de la plántula es un factor importante para los agricultores y es por esto que buscan alternativas para el manejo de la fertilización de las mismas por medio de la aplicación de materiales orgánicos como estiércoles y abonos orgánicos comerciales en combinación con la fertilización química (Santiago y Fernández, 2009; Santa-María *et al.*, 2015). Sin embargo, en muchas ocasiones no se cuenta con un programa detallado que aborde tanto las cantidades y la frecuencia de aplicación de las diferentes fuentes de elementos nutritivos, sean estos fertilizantes químicos o materiales orgánicos. Esto trae como consecuencia que no haya un manejo de fertilización adecuado y que las plántulas que se obtienen, en muchos de los casos e

independientemente del sistema de producción utilizado, no cumplen con los estándares de calidad requeridos para asegurar un buen establecimiento inicial y una mayor probabilidad de éxito en términos de rendimiento y calidad del producto de interés comercial.

Este tipo de prácticas agroecológicas pueden o no ser aceptadas por los agricultores, debido a que existen diferentes factores como la edad, escolaridad, nivel de tecnología, capital, infraestructura, conocimientos adquiridos y falta de incentivos que influyen en la generación o adopción de nuevas prácticas agrícolas (Oyewole y Ojeleye, 2015). Es necesario resaltar que en el caso del estado de Puebla existe una falta de conocimientos sistematizados sobre las características, tanto sociales, económicas y tecnológicas de los agricultores en relación a la manera en que obtienen y manejan la fertilización en la producción de plántulas de chile Poblano. Por esta razón, se planteó esta fase de la investigación con el objetivo de sistematizar el conocimiento que tienen los productores sobre el uso de estiércoles locales, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos en la producción de plántula de chile ‘Poblano’ en la Sierra Nevada de Puebla.

1.4 Materiales y métodos

1.4.1 Área de estudio y tamaño de muestra

La investigación se llevó a cabo en nueve municipios de la Sierra Nevada de Puebla (Figura 1.1), que es la región productora de chile ‘Poblano’ en el estado, donde existe, en consecuencia, necesidad entre los agricultores por contar con plántulas de buena calidad para el establecimiento del cultivo en campo.

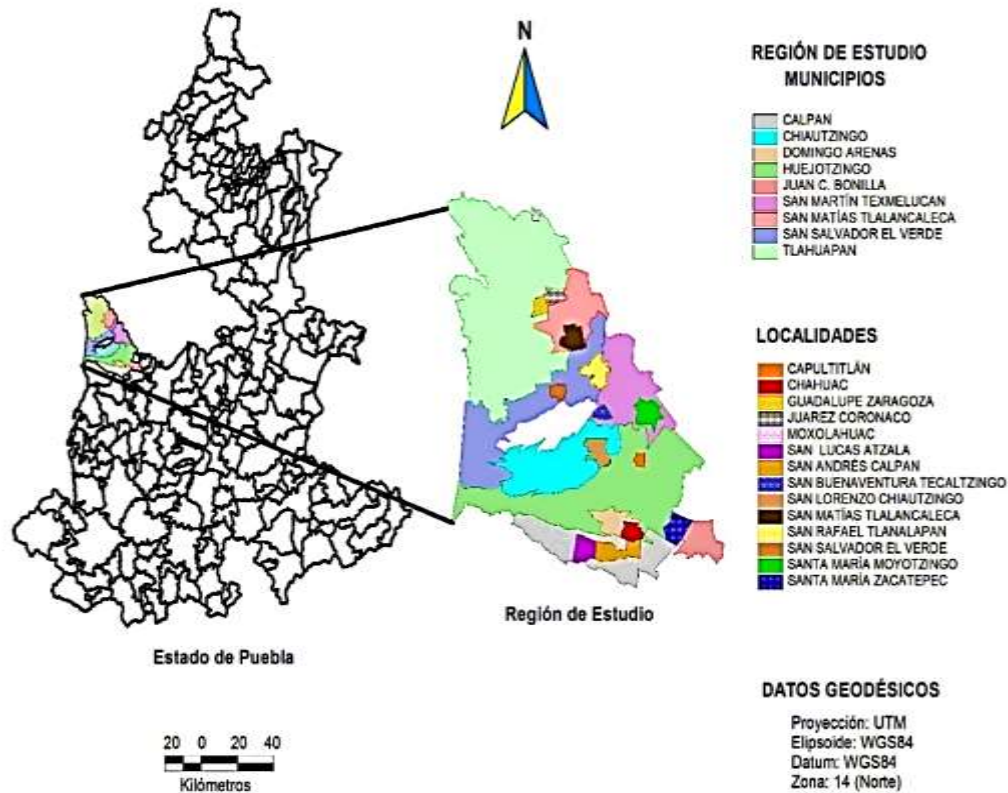


Figura 1.1 Localización de los municipios y localidades de estudio en la Sierra Nevada de Puebla.

Los municipios de la región de estudio fueron: Domingo Arenas, San Miguel Huejotzingo, Juan C. Bonilla, San Andrés Calpan, San Lorenzo Chiautzingo, San Martín Texmelucan, San Matías Tlalancaleca, San Salvador el Verde y Santa Rita Tlahuapan. Se entrevistaron a agricultores en 14 localidades en estos nueve municipios tomando como principal criterio el que fueran productores de chile poblano; de inicio no se hizo una diferenciación acerca de si producían su propia plántula, la adquirirían con otros productores o la mandaban maquilar utilizando su propia semilla (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1 Distribución del número de encuestas realizadas en cada municipio y las localidades de la región de la Sierra Nevada de Puebla.

Municipios	Localidades	ELoc	EMun
Domingo Arenas	Colonia Chauac	1	1
Juan C. Bonilla	Santa María Zacatepec	2	2
San Andrés Calpan	San Andrés Calpan	2	5
	San Lucas Atzala	3	
San Lorenzo Chiautzingo	San Lorenzo Chiautzingo	7	7
San Martín Texmelucan	San Rafael Tlanalapa	4	16
	Santa María Moyotzingo	5	
	Santa María Tecaltzingo	7	
	San Matías Tlalancaleca	San Matías Tlalancaleca	5
San Miguel Huejotzingo	Juárez Coronaco	4	
	San Mateo Capultitlan	4	4
San Salvador el Verde	San Salvador el Verde	2	2
Santa Rita Tlahuapan	Guadalupe Zaragoza	3	4
	Santa Cruz Moxolahua	1	
Total de encuestados		50	50

ELoc: Encuestas por Localidad, EMun: Encuestas por Municipio

El número de productores de chile ‘Poblano’ a encuestar se definió a través de un muestreo cualitativo-cuantitativo con varianza máxima. El tamaño de muestra se basó en un padrón de aproximadamente 200 productores de chile ‘Poblano’ (INFORURAL, 2012), localizados en la Sierra Nevada de Puebla. La ecuación empleada para determinar el tamaño de muestra fue:

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 (.25)}{Nd^2 + Z_{\alpha/2}^2 (.25)} \quad (.25)$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Número de productores en el padrón

d= Precisión

$Z_{\alpha/2}$ = Confiabilidad. Valor de Z (distribución normal estándar)

El tamaño de muestra resultó de 33, pero para fines de mayor confiabilidad en la información, se decidió considerar una muestra final de 50 agricultores a encuestar.

$$n = \frac{(200)(2.5)_{\alpha/2}^2 (.25)}{(200)(0.2)^2 + (2.5)_{\alpha/2}^2 (.25)} = 33$$

1.4.2 Aplicación del cuestionario

La recolección de la información se llevó a cabo con recorridos de campo para encontrar a los productores en sus terrenos de cultivo y con visitas directas a los domicilios particulares de los agricultores. Se empleó un cuestionario con 68 preguntas, mismo que se aplicó a productores de Chile ‘Poblano’. Para facilitar la sistematización y análisis estadístico de la información, así como la aplicación misma del cuestionario, las preguntas fueron agrupadas en cuatro temas principales: 1) Producción de plántula de Chile ‘Poblano’, 2) Abonado y fertilización en la plántula de Chile ‘Poblano’ (uso de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos), 3) Apoyos de instituciones gubernamentales y 4) Conocimiento tradicional.

1.4.3 Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis de componentes principales para sintetizar la información y reducir el número de variables originales a variables más descriptivas, conservando la variación original de los datos. Posteriormente se realizó un análisis de conglomerados con base en la matriz de distancias euclidianas agrupando con el método Ward (Sánchez *et al.*, 2013). Todos los análisis estadísticos de la información se hicieron con el programa Statistical Analysis System 9.4 (SAS, Institute Inc. 2013).

1.5 Resultados y discusión

1.5.1 Plántula de chile ‘Poblano’

De los 50 productores encuestados, el 2 % no tienen escolaridad, el 40 % cuentan con la primaria terminada, el 16 % con la primaria no terminada, el 22 % con nivel de secundaria concluida, el 12 % con bachillerato terminado, el 2 % con bachillerato sin concluir y el 6 % resultó con estudios a nivel licenciatura. La edad promedio de los productores de chile ‘Poblano’ en la región de estudio es de 55 años. En cuanto a la producción de plántula, el 74 % de ellos producen su propia plántula, el 16 % la compra y el 10 % de ellos mandan a producir su plántula (mandan a maquilar) (Figura 1.2). El 82 % de los productores utilizan su propia semilla y solo el 18 % obtienen la semilla de otras localidades como San Miguel Huejotzingo, Juárez Coronaco, San Matías Tlalancaleca, San Rafael Tlanalapa y San Gregorio Zacapechpan. En ocasiones el nivel de escolaridad y la edad determinan la aceptación de innovaciones y tecnologías para mejorar la productividad (Oyewole y Ojeleye, 2015). Con base en lo anterior, se puede explicar que independientemente de la edad y escolaridad de los agricultores, la producción de su propia plántula de chile poblano es una práctica muy arraigada en la región, debido a que de este cultivo depende, algunas veces casi en su totalidad, el ingreso de muchas familias en la región de estudio (Rodríguez *et al.*, 2007).

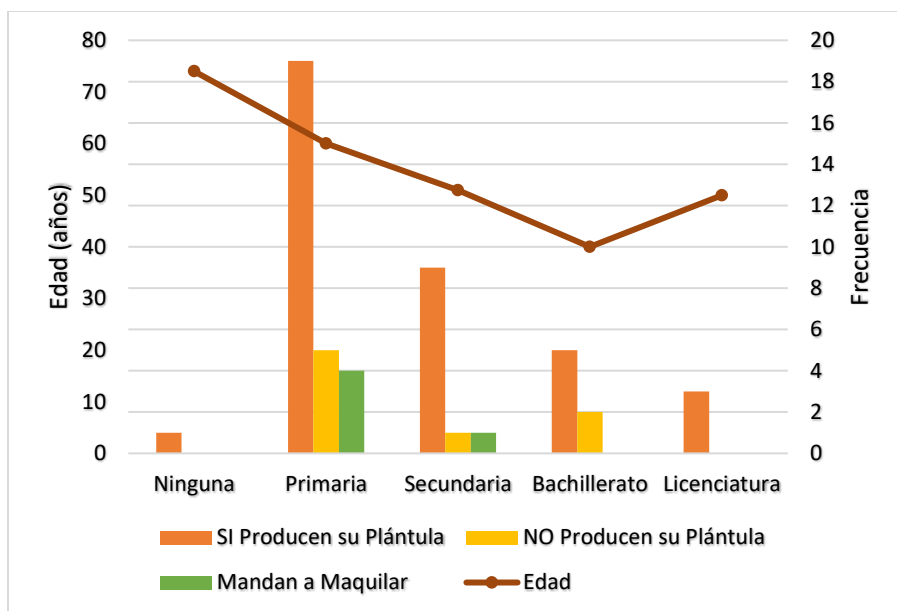


Figura 1.2 Edad, nivel de escolaridad y forma en que los agricultores obtienen la plántula de chile ‘Poblano’ en la Sierra Nevada de Puebla.

1.5.2 Uso de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos

En esta sección se muestra el uso que los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla hacen de los estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos para el manejo de la fertilización de las plántulas de chile ‘Poblano’ (Figura 1.3). Se aprecia que los productores con escolaridad primaria son los que mayormente utilizan algún tipo de material orgánico o químico, seguido de los productores de secundaria y por último los de licenciatura. Los productores de nivel bachillerato solamente utilizan estiércoles y/o fertilización química, mientras que los productores sin ninguna escolaridad solo utilizan estiércol para la producción de la plántula de chile ‘Poblano’.

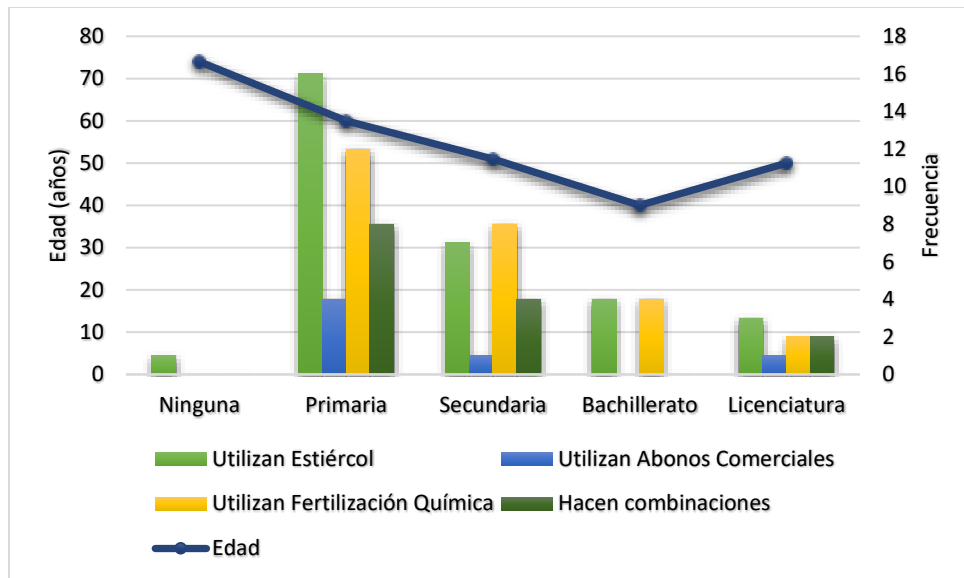


Figura 1.3 Edad, escolaridad y uso de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos entre los productores de plántula de chile ‘Poblano’ de la Sierra Nevada de Puebla.

1.5.2.1 Estiércoles

El 83 % de los agricultores que sí producen su plántula utilizan algún tipo de estiércol animal, especialmente gallinaza y vacuno, obtenido de su propia unidad de producción; por lo general utilizan entre 150 a 200 litros de estiércol en un área de no más de 20 m² cuando producen su plántula en almácigos a cielo abierto. En caso de adquirir el estiércol en otras unidades dentro de la misma localidad o en localidades cercanas, el costo fluctúa entre \$300.00 por 150 kilogramos, compran usualmente el estiércol vacuno, utilizando alrededor de 10 kilogramos para su almácigo, con el fin de utilizar o almacenar el sobrante para el cultivo o próximo ciclo. Los productores mencionan que utilizan los estiércoles debido a que les ayudan a obtener un buen crecimiento de la plántula y un mejor desarrollo de la raíz; este tipo de productores son de escolaridad primaria con un promedio de 60 años de edad. Los productores mencionan, y conocimientos previos comprueban, que los estiércoles son de una gran durabilidad pero de lenta liberación de los

nutrientes (Schröder, 2005). Es por esto que los productores utilizan los estiércoles para tener efectos durante más tiempo y así ayudar a mejorar las características del área donde cultivan su plántula. Cabe mencionar, que a pesar de la lenta liberación de nutrientes de los estiércoles los productores los utilizan para sus posteriores ventajas, pues ellos lo aplican para obtener una mejora en las áreas de producción a largo plazo.

1.5.2.2 Abonos orgánicos comerciales

El 16 % de los agricultores que producen su plántula de chile Poblano utilizan abonos orgánicos comerciales; recurren mayormente a su uso los agricultores con niveles bajos de escolaridad. Entre los sustratos que utilizan se encuentran el Peat moss, lombricomposta y compostas, aplican entre 30 a 50 kilogramos de sustrato, con un costo de \$500.00 a \$1000.00. La principal ventaja del por qué los utilizan, a percepción de los agricultores, es para obtener un mayor crecimiento y desarrollo de la plántula; sin embargo, también se menciona que su uso está poco extendido entre los productores de plántula debido al costo que representa el adquirirlo. La literatura menciona que el usar abonos comerciales que contengan materia orgánica de humus de lombriz o estiércol ayuda a mejorar la producción del cultivo de chile y podría no ser estrictamente necesaria la aplicación de fertilizantes químicos (Ribeiro *et al.*, 2000). Lo mencionado anteriormente se comprueba con los datos obtenidos, puesto que los productores de plántula de chile ‘Poblano’ indican que la lombricomposta y las compostas son las que presentan mejores resultados en términos de producción de plántulas de mejor calidad.

1.5.2.3 Fertilizantes químicos

El 70 % de los agricultores que producen la plántula de chile ‘Poblano’ utilizan algún tipo de fertilización química e igualmente los productores con nivel escolar de primaria son los que mayormente utilizan este tipo de fertilizantes. Entre los fertilizantes químicos más utilizados se encuentran la urea, el 18-46-00 y el fosfonitrato y aplican de 5 a 10 kilogramos en función de la superficie utilizada como semillero, con un costo de \$500.00. Entre las razones que justifican su aplicación, se mencionan la obtención de un mayor crecimiento, una mejor calidad de la plántula y que son de efecto rápido; por otro lado, las desventajas que los productores encuentran en este tipo de productos son el alto costo que tienen y la contaminación al suelo derivada de su aplicación. No obstante, la desventaja más importante es que no conocen con precisión qué cantidad de cada fertilizante químico es la más adecuada para aplicar con el objetivo de obtener plántulas de chile ‘Poblano’ de buena calidad. En estudios previos se menciona que los agricultores usan productos químicos o fertilizantes químicos para mejorar la producción en sus cultivos establecidos en campo (Oyewole y Ojeleye, 2015), pero usualmente en la producción de plántulas, específicamente en almácigos a cielo abierto, no se conoce con precisión cual es la cantidad más apropiada ni el mejor momento de aplicación. Esta información concuerda con lo obtenido en esta investigación, pues solo un poco más de la mitad de los productores de plántula de chile ‘Poblano’ utilizan algún tipo de fertilizante químico; los agricultores mencionan que los utilizan pero con moderación para no causar efectos negativos en el cultivo, el suelo y el ecosistema.

1.5.2.4 Uso combinado de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos

De los 50 encuestados solo el 37 % de ellos utiliza algún tipo de combinación entre estiércoles, abonos orgánicos comerciales o fertilizantes químicos. Se ha comprobado que a medida que la

edad de los agricultores aumenta, la adopción de prácticas agrícola disminuye (Oyewole y Ojeleye, 2015). Esta teoría aplica con los datos obtenidos en esta investigación, pues los agricultores con mayor edad solamente producen su plántula con estiércol y ya no adoptan otras prácticas agrícolas. Al igual que la edad, la escolaridad influye en implementar otros tipos de saberes o prácticas agrícolas (Peña, 2014); es decir, entre mayor sea el nivel de escolaridad de los productores, es más probable que pongan en práctica y adopten innovaciones tecnológicas que les proporcionen mejores resultados en cuanto a la productividad de sus cultivos (Aparicio del Moral *et al.*, 2013). Si las generaciones presentes o futuras se involucraran directamente en el conocimiento de las prácticas agrícolas, donde se incluye el manejo de fertilización de las plantas, éstas podrían mejorar con el paso del tiempo. Empero, el problema es que la mayoría de los jóvenes prefieren laborar en otro tipo de trabajo, provocando que el tiempo que le dedican a la producción de la plántula no sea suficiente para implementar nuevas tecnologías que les permitan mejorar este proceso y los resultados que obtienen.

1.5.3 Apoyos de instituciones y Conocimiento tradicional.

El 90 % de los agricultores no recibe algún tipo de apoyo económico o asesoría técnica durante el proceso de producción de la plántula de chile ‘Poblano’. Solo el 10 % recibe apoyo de un técnico o la asesoría de un ingeniero a través de una dependencia gubernamental. El 6 % de los productores mencionó que es necesario que se les asesore técnicamente durante el proceso de producción del cultivo en campo y solo el 2 % prefiere recibir asesoría para resolver los problemas que ocasiona la presencia de plagas y enfermedades. El 80 % de los productores están dispuestos a recibir alguna asesoría, pero solo el 56 % de ellos estarían dispuestos a pagar por la asesoría prestada dependiendo del costo; el 58 % de los productores mencionó que es deseable contar con asistencia técnica

durante todo el proceso de producción de chile ‘Poblano’; es decir, desde la producción de plántulas de buena calidad y hasta que se lleve a cabo la cosecha del fruto en campo. Estudios previos indican que los apoyos que proporcionan las instituciones gubernamentales en términos económicos o de asistencia técnica son limitados o restringidos (Jaramillo-Villanueva *et al.*, 2012); La presente investigación reafirma lo indicado, pues un gran porcentaje de agricultores no reciben asesoría de ningún tipo y los que reciben asesoría es porque los productores los contratan o son apoyos que llegan por medio de la presidencia municipal.

El conocimiento tradicional en los productores es muy importante, puesto que el 82 % de ellos siembran la semilla de chile ‘Poblano’ en la luna de cuarto creciente, siendo productores con un promedio de 55 años; solo el 2 % de ellos decide sembrar la semilla en luna llena o cuarto menguante. Los primeros mencionan que toman esta decisión debido a que la plántula se desarrolla mejor y la semilla no se pudre. Sin embargo, los agricultores mencionaron que este tipo de conocimiento que han generado y mantenido de manera tradicional, se está perdiendo y que la transmisión del mismo sobre la producción de chile ‘Poblano’ en plántula y en campo hacia las nuevas generaciones es cada vez más complicado debido a la falta de interés de los jóvenes por la actividad agrícola, pues es frecuente que busquen otro tipo de trabajo o emigren a otros estados e incluso a otro país. Es necesario recalcar que muchos de los productores de chile ‘Poblano’ se encuentran preocupados por la falta de interés de las generaciones presentes y futuras por el cultivo, pues ellos piensan que de seguir así perderán la semilla original que han mantenido por mucho tiempo, incluso por generaciones, y junto con ella las características que los identifican como los productores del auténtico chile ‘Poblano’ en el estado. Algo importante que también mencionan es que, debido a la falta de interés de los jóvenes en la actividad agrícola, se perderá la información y experiencia que han generado y mantenido los agricultores de mayor edad, sin poder

trasmitirla a otras generaciones. Se esperaría que los hijos de los agricultores se interesen por el cultivo y así continuar mejorando las prácticas agrícolas y valorando el conocimiento tradicional que ha permitido la permanencia de este tipo de unidades de producción (Galindo-González, 2007); sin embargo, la realidad del campo mexicano es, en muchas ocasiones, totalmente diferente ya que las generaciones más jóvenes emigran buscando tener otras alternativas de trabajo y una mejor calidad de vida (Aparicio del Moral *et al.*, 2013).

Esta investigación pretende contribuir a conocer como los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla llevan a cabo el manejo de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos durante el proceso de producción de plántula de chile ‘Poblano’, para finalmente aportar información que sirva de base para mejorar las practicas actuales y, en consecuencia, hacer un uso eficiente de este tipo de productos.

El análisis de conglomerados de las variables relacionadas con el uso de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos para la producción de plántulas de chile ‘Poblano’, dio como resultado la formación de cuatro grupos de agricultores a una distancia de corte de 0.05 con base en el método de Ward (Figura 1.4). Cada grupo se caracteriza por la similitud en que los productores utilizan este tipo de productos para el manejo de la fertilización de las plántulas que posteriormente establecerán en campo. La integración de estos grupos estuvo determinada por las siguientes características:

El Grupo I está conformado por el 10 % de los agricultores con una edad promedio de 50 años, quienes son los que producen su propia plántula de chile poblano. Este tipo de productores se encuentran principalmente en San Martín Texmelucan (Santa María Tecaltzingo) y San Lorenzo Chiautzingo. Utilizan algún tipo de estiércol (vacuno, gallinaza y porcínaza, entre otros), abonos

orgánicos comerciales como lombricomposta u otro tipo de compostas, pero también recurren al uso de la fertilización química (urea, 18-46-00 y fosfonitrato). Las dosis que utilizan no son exactas, pues de estiércol o abonos comerciales llegan a utilizar proporciones desde el 10 y hasta el 100 % y en el caso de la fertilización química pueden usar desde 10 gramos hasta 1 Kg, dependiendo de la cantidad de plántula que necesiten producir. Este grupo de agricultores llevan a cabo la combinación de los productos debido a que han observado que obtienen plántulas con mejor crecimiento y desarrollo de la raíz, parámetros que indican la calidad de la plántula en términos de vigor. Es importante resaltar que para el manejo de fertilización en las plántulas no reciben ningún tipo de asesoría técnica, por lo que se infiere que el conocimiento que han generado al respecto ha sido con base en la prueba y error; aun así, este tipo de conocimiento debe valorarse y rescatarse en la medida que ha permitido que el sistema de producción del chile ‘Poblano’ se mantenga como uno de los más importantes para las familias de la región de estudio. La inversión que realizan estos agricultores es de \$500.00 a \$1000.00, dependiendo de la cantidad de plántula que necesiten producir, pero usualmente los almácigos no sobrepasan de los 20 m². Los factores que consideran como limitantes principales para la producción de plántulas de buena calidad son los daños ocasionados por plagas y enfermedades, los efectos adversos de las condiciones climatológicas (como presencia de granizo, exceso de agua por las lluvias e incidencia de heladas tardías) y el alto costo de los insumos necesarios.

El Grupo II está constituido por el 24 % de los agricultores, con una edad promedio de 53 años y quienes no producen su plántula de chile ‘Poblano’. Este grupo se integra por productores de San Martín Texmelucan (Santa María Moyotzingo), San Matías Tlalancaleca y San Salvador el Verde. Ocho de los 12 agricultores compran la plántula a productores de su misma localidad o de localidades cercanas, mientras que los otros cuatro delegan esta parte del proceso de producción

en manos de terceros, es decir, pagan porque alguien más se encargue de producir la plántula que necesitan (maquilar), pero con la condición de que utilicen la semilla que ellos les proporcionan. Entre las razones que manejan para no producir su propia plántula, se encuentran la falta de espacio apropiado y el tiempo que se requiere para producirla. El costo que les genera comprar su plántula es de \$1000.00 a \$3000.00, mientras que los que mandan a maquilar el costo es de \$500.00 a \$1000.00.

El Grupo III está constituido por el 10 % de los agricultores, con un promedio de 56 años y estos se distinguen por producir su propia plántula. A diferencia del Grupo I, este tipo de productores utiliza algún tipo de estiércol y aplica fertilizantes químicos, pero no utilizan combinaciones con algún tipo de abono orgánico comercial. Los productores de este grupo son principalmente de San Andrés Calpan (San Lucas Atzala). Las principales limitantes que encuentran al producir su plántula es el alto costo que esto les genera, pues sus costos de producción son de más de \$3000.00, por un área de no más de 30 m². Cabe destacar que este grupo recibe algún tipo de asesoría, ya sea de un ingeniero, técnico o de personal de alguna dependencia de gobierno.

El Grupo IV está constituido por el 56 % de los agricultores, con un promedio de 56 años y estos se destacan por producir su plántula, utilizando algún tipo de estiércol y fertilización química y combinaciones de estos dos, pero este grupo de productores no reciben ningún tipo de asesoría. Al igual que los productores incluidos en el Grupo III no utilizan abonos orgánicos comerciales. La principal limitante que tienen al producir su plántula, es que no cuentan con los suficientes conocimientos en cuanto al manejo adecuado de los problemas de plagas y enfermedades. Sus costos de producción varían entre \$500.00 a \$2000.00 y estos agricultores no reciben ningún tipo de asesoría que les permita obtener la plántula que necesitan con la calidad adecuada. Este grupo de productores de plántula de chile ‘Poblano’ se encuentran en San Martín Texmelucan (San

Rafael Tlanalapa, Santa María Moyotzingo y Santa María Tecaltzingo), San Matías Tlalancaleca (Juarez Coronaco), San Miguel Huejotzingo, San Lorenzo Chiautzingo y Santa Rita Tlahuapan (Guadalupe Zaragoza).

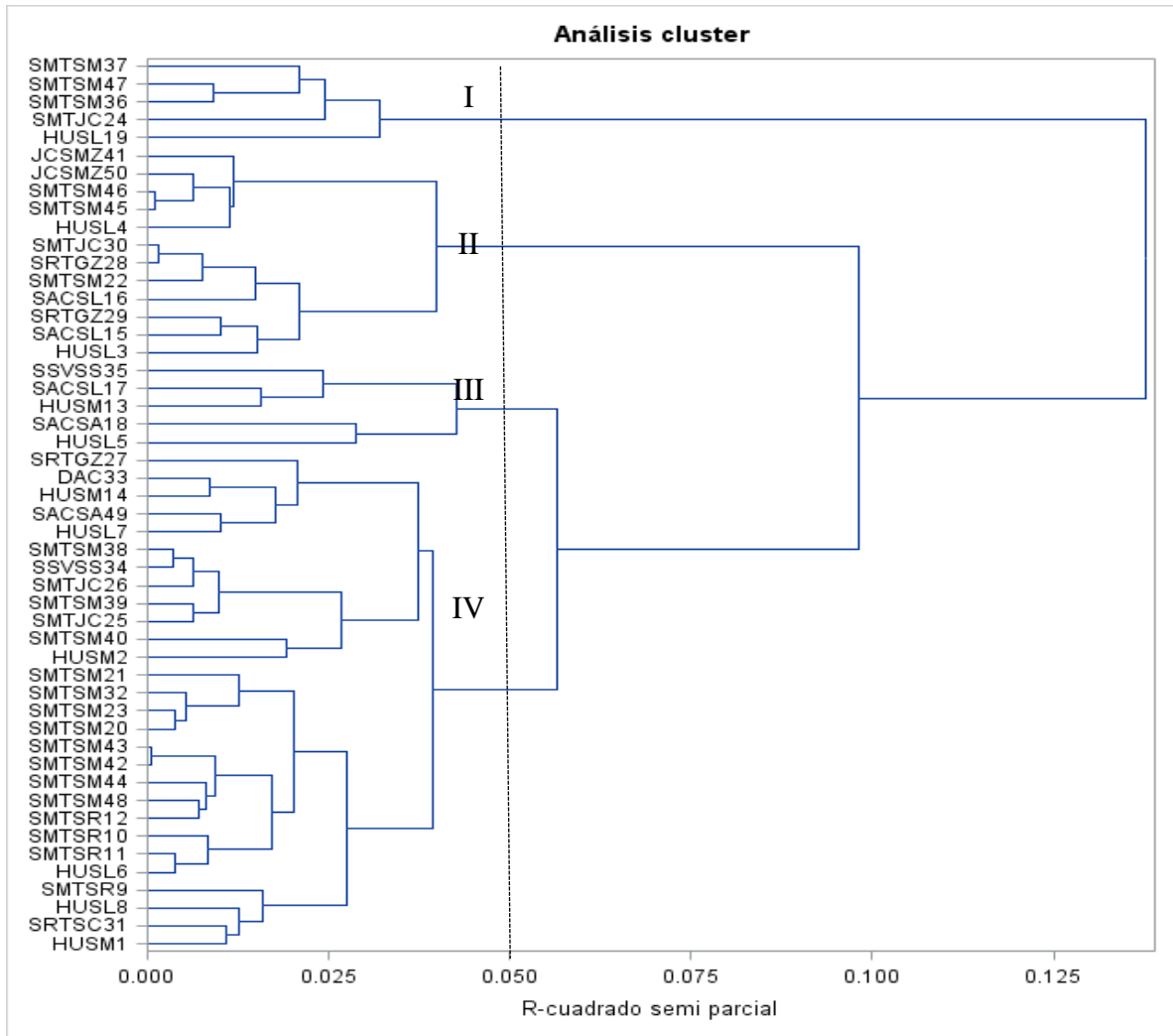


Figura 1.4 Agrupación de agricultores con base en el uso de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos para el manejo de la fertilización de las plántulas de chile ‘Poblano’ en la Sierra Nevada de Puebla.

La característica fundamental que permitió la agrupación de los agricultores mostrada en la Figura 1.4 fue la forma en que obtienen la plántula que necesitan, por medio de la propia producción o la compra, y el manejo de la fertilización de la plántula de chile ‘Poblano’. Los grupos se definen por el uso de estiércoles, abonos orgánicos comerciales, fertilizantes químicos y en algunos la combinación de dos o tres componentes de la fertilización en la producción de plántula, por la compra o por mandar a maquilar la plántula, e incluso por recibir o no la asesoría. Los agricultores del grupo I, cuentan con una forma más extendida de fertilizar a las plantas y se presenta con mayor frecuencia en San Martín Texmelucan-Santa María Tecalzingo, San Lorenzo Chiantzingo y Santa Rita Tlhuapan-Guadalupe Zaragoza, ya que recurren a la combinación de estiércoles, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos.

1.6 Conclusión

Los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla han generado y mantenido un conocimiento empírico respecto a la utilización de estiércoles locales, abonos orgánicos comerciales y fertilizantes químicos para la producción de plántulas, pero no conocen con precisión que proporciones o combinaciones de estos productos son las más apropiadas para obtener plántulas de chile ‘Poblano’ de buena calidad. Este conocimiento puede ser influenciado por la edad, escolaridad y los conocimientos que tienen sobre las nuevas prácticas agrícolas que se generan actualmente.

Agradecimientos

A todos los productores de chile ‘Poblano’ pertenecientes a las localidades y municipios de la Sierra Nevada de Puebla que amablemente respondieron las preguntas de los cuestionarios que se

plantearon para recabar la información necesaria para la investigación. Al Ing. Víctor Manuel Nuñez Villada por su apoyo en los recorridos de campo y para el traslado a los domicilios de los productores. Al Dr. Nicolás Pérez Ramírez por su apoyo en la elaboración de la Figura 1.

1.7 Literatura citada

- Aparicio-del-Moral, J. O., Tornero-Campante, M. A., Sandoval-Castro, E., Villarreal-Manzo, L. A., y Rodríguez-Mendoza, M. D. L. Á. 2013. Factores Sociales y Económicos del Cultivo de Chile de Agua (*Capsicum annum* L.) en tres municipios de los Valles Centrales de Oaxaca. Ra Ximhai, 9(1), p, 17-24. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/461/46127074003.pdf>
- Berrospe-Ochoa, E. A., Ordaz-Chaparro, V. M., Rodríguez-Mendoza, M. D. L. N., y Quintero-Lizaola, R. 2012. Cachaza como sustrato para la producción de plántula de tomate. Revista Chapingo. Serie horticultura, 18(1), p, 141-156. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v18n1/v18n1a10.pdf>
- Galindo-González, G. 2007. El servicio de asistencia técnica a los productores de chile seco en Zacatecas. Convergencia, 14(43), p, 137-165. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/conver/v14n43/v14n43a6.pdf>
- Herrán, J. A. F., Torres, R. R. S., Martínez, G. E. R., Ruiz, R. M., y Portugal, V. O. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible, 4(1), p, 57-68. Disponible en: [http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-10articulosPDF/Art\[1\]%20%20Abonos.pdf](http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-10articulosPDF/Art[1]%20%20Abonos.pdf)
- INFORURAL (Información Rural). 2012. Producción de chile poblano, una elaboración modificada Disponible en: <https://www.inforural.com.mx/produccion-de-chile-poblano-una-elaboracion-modificada/>. Consultado el 14 de Febrero del 2018.
- Jaramillo-Villanueva, J. L., Escobedo-Garrido, J. S., Morales-Jiménez, J., y Ramos-Castro, J. G. 2012. Perfil emprendedor de los pequeños empresarios agropecuarios en el Valle de Puebla, México. Entramado, 8(1), p, 44-57. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v8n1/v8n1a04.pdf>

- López-Baltazar, J., Méndez-Matías, A., Pliego-Marín, L., Aragón-Robles, E., y Robles-Martínez, M. L. 2013. Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(SPE6), 1139-1150. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4nspe6/v4spe6a6.pdf>
- Mishra, D. J., Rajvir, S., Mishra, U. K., y Kumar, S. S. 2013. Role of bio-fertilizer in organic agriculture: a review. *Research Journal of Recent Sciences*, 2(1), p, 39-41.
- Ortega, R. 2013. Integrated Nutrient Management in Conventional Intensive Horticulture Production Systems, in: II International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture. *Acta Hort.* 1076, p, 59–164. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1076.18
- Oyewole, S. O., y Ojeleye, O. A. 2015. Factors influencing the use of improved farm practices among small-scale farmers in Kano State of Nigeria. *Net Journal of Agricultural Science*, 3(1), p, 1-4. Disponible en: <http://www.netjournals.org/pdf/NJAS/2015/1/14-037.pdf>
- Peña, C. M. 2014. Conocimiento escolar y saberes campesinos. Encuentros y desencuentros en la escuela rural. *Praxis Pedagógica*, (15), p, 103-123. Disponible en: http://biblioteca.uniminuto.edu/ojs_desa/index.php/praxis/article/view/996
- Ribeiro, L. G., Lopes, J. C., Martins Filho, S., y Ramalho, S. S. 2000. Adubação orgânica na produção do pimentão. *Horticultura Brasileira*, 18(2), p, 134-137. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v18n2/v18n2a12>
- Rodríguez, J., Peña, O. B., Gil, M. A., Martínez, C. B., Manzo, F., y Salazar, L. L. 2007. Rescate in situ del chile 'Poblano' en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30 (1), p, 25-32. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61030103>> ISSN 0187-7380
- Sánchez, T. B., Zegbe, D. J., y Rumayor, R. A. 2013. "Propuesta para evaluar el proceso de adopción de las innovaciones tecnológicas". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(6), p, 855-868.
- Santa-María, G. E., Moriconi, J. I., y Oliferuk, S. 2015. Internal efficiency of nutrient utilization: what is it and how to measure it during vegetative plant growth? *Journal of experimental botany*, 66(11), p, 3011-3018. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv162>
- Santiago, G. M. V. y Fernández, R. D. S. 2009. Seguridad alimentaria, saberes campesinos y agroecología. *Revista Brasileira de Agroecología*, 4(2), p, 3995-3998. Disponible en: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/9360>

SAS Institute Inc. Base SAS® 9.4 Procedures Guide: Statistical Procedures, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2013. Disponible en: <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/procstat/66703/PDF/default/procstat.pdf>

Schröder, J. 2005. Revisiting the agronomic benefits of manure: a correct assessment and exploitation of its fertilizer value spares the environment. *Bioresource technology*, 96(2), p, 253-261. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.05.015>

CAPITULO II. CARACTERÍSTICAS DE ABONOS ORGÁNICOS COMERCIALES Y ESTIÉRCOLES LOCALES PARA SU USO COMO COMPONENTES DE SUSTRATO

P. Acevedo-Alcalá¹, O. R. Taboada-Gaytán¹, J. Cruz-Hernández^{1*}, J. S. Escobedo-Garrido¹ y M.

L. Ramírez-Vázquez²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, Mpio. de San Pedro Cholula. C.P. 72760. Puebla, México.

²Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, km 7.5 Carretera Federal San Martín-Tlaxcala, San Diego Xocoyucan. C.P. 90122. Tlaxcala, México.

* Autor para correspondencia (javiercruz@colpos.mx)

2.1 Resumen

Los abonos orgánicos o estiércoles utilizados como componentes de sustratos deben cumplir con parámetros físico-químicos, biológicos y microbiológicos establecidos en normas de calidad oficiales. El objetivo fue caracterizar física, química, biológica y microbiológicamente dos abonos orgánicos comerciales (Solep y Fernatol), dos estiércoles locales (vacuno y ovino) y Peat moss para su uso como sustratos o componentes de sustratos para la producción de plántulas. La proporción de los abonos o estiércoles a usar no debe ser superior a 20 % en dilución cuando se lleven a cabo ensayos para determinar la fitotoxicidad de los materiales. El abono orgánico Solep y el estiércol vacuno presentaron valores adecuados de pH, CE, % MO, relación C/N, sodio asimilable, metales pesados y nula presencia de *E. coli* y *Salmonella*, por lo que se consideran apropiados para ser utilizados como sustratos o componentes de sustratos para la producción de plántulas de buena calidad.

Palabras clave: abonos orgánicos, componente de sustrato, estiércoles, sustratos de calidad.

2.2 Abstract

Organic fertilizers or manures used as substrate components must comply with physical-chemical, biological and microbiological parameters established in official quality standards. The objective was to physically, chemically, biologically and microbiologically characterize two commercial organic fertilizers (Solep and Fernatol), two local manures (cattle and sheep) and Peat moss for their use as substrates or substrate components for the production of seedlings. The proportion of the fertilizers or manures to be used must not exceed 20 % in dilution when carrying out tests to determine the phytotoxicity of the materials. Solep organic fertilizer and cattle manure presented adequate values of pH, EC, OM %, C/N ratio, assimilable sodium, heavy metals and null presence of *E. coli* and *Salmonella*, which is why they are considered suitable for use as substrates or substrate components for the production of good quality seedlings.

Key words: organic fertilizers, substrate component, manures, quality substrates.

2.3 Introducción

El tipo de sustrato y las características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas del mismo, son considerados como los factores más importantes en la producción de plántulas de buena calidad. Existen diversos tipos de materiales orgánicos que se pueden utilizar como sustratos o componentes de sustratos (González *et al.*, 2014); por ejemplo: las turbas (Peat moss) y sustratos inertes como agrolitas o perlitas, biosólidos, residuos de cosecha, lombricompostas, compostas, estiércol de ganado y aves, suelo, abonos orgánicos, en combinaciones y proporciones diferentes (García-Morales *et al.*, 2011). Sin embargo, para que un abono o estiércol orgánico pueda ser utilizado como componente de sustrato, es necesario que cumpla con diferentes parámetros de calidad en cuanto a características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas (Ansorena *et al.*, 2014). Entre los parámetros de calidad de mayor importancia se encuentran la estabilidad y madurez del material. La estabilidad se define como la tasa de absorción de O₂ e indica el grado de descomposición biológica que las materias primas de una composta ha logrado y está relacionado con la actividad de las poblaciones microbianas; mientras que la madurez es el nivel de integridad del compostaje que implica cualidades de envejecimiento de un producto, la ausencia de compuestos fitotóxicos y patógenos (Bernal *et al.*, 2011; Bernal *et al.*, 2017). Estos dos indicadores son importantes dado que las compostas maduras no tienen efectos negativos sobre la germinación de las semillas o en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Bernal *et al.*, 2017). Un estiércol o composta inmaduros pueden generar malformaciones en las plántulas, una irregular o nula germinación (Dos Santos *et al.*, 2010) y la inmovilización del nitrógeno (Abad *et al.*, 2002). Un sustrato de buena calidad debe presentar los siguientes parámetros: porosidad superior al 85 %, capacidad de aeración entre 10 y 30 %, agua fácilmente asimilable entre 20 y 30 %, textura de media a gruesa, con una distribución de partículas de 0.25 a 2.5 mm (Abad *et al.*, 2002; Carrijo *et*

al., 2004; López-Baltazar *et al.*, 2013), retención de humedad entre el 55 y 70 % y una densidad aparente entre 0.15 y 0.45 g/cm³ (López-Baltazar *et al.*, 2013). La norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007 y la norma Chilena NCh 2880 (2004), especifican los siguientes parámetros de calidad que debe de cumplir un producto orgánico a utilizar: nitrógeno total de 1 a 4 %, materia orgánica de 20 a 50 %, relación C/N ≤ 20 , la humedad debe estar entre 20 y 40 %, el pH entre 5.5 y 8.5, la conductividad eléctrica ≤ 4 dS/m¹ o ≤ 8 dS/m¹, la densidad aparente entre 0.40 y 0.90 g/ml¹ o ≤ 700 Kg/m³, tamaño de partícula (%) ≤ 16 mm; adicionalmente, deben cumplir con parámetros de inocuidad como: *Escherichia coli* ≤ 1000 NMP/g, *Salmonella* spp ausente en 25 gramos (Real Decreto 865/2010) o 3 NMP/4 gramos y hongos fitopatógenos ausentes. Los límites de metales pesados establecidos por las legislaciones española y europea en las compostas son: cadmio (Cd) 0.7, cromo (Cr) y cobre (Cu) 70, mercurio (Hg) 0.4, níquel (Ni) 25, plomo (Pb) 45 y zinc (Zn) 200 en mg/kg¹ de materia seca (Real Decreto 865/2010, Ansorena *et al.*, 2014 y Bernal *et al.*, 2017); las compostas se clasifican en función del contenido de éstos metales para determinar sus posibles usos en la agricultura. Por lo tanto, es necesario que los abonos orgánicos comerciales o estiércoles sean caracterizados tomando en cuenta parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos, con el propósito de identificar qué tipo de material orgánico presenta características apropiadas para ser utilizado como sustrato o componente de sustrato en la producción de plántulas.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue realizar una caracterización física, química, biológica y microbiológica de dos abonos orgánicos comerciales (Solep y Fernalol), dos estiércoles locales (vacuno y ovino) y la turba (Peat moss), para su uso como sustratos o componentes de sustratos.

El tema de esta investigación es relevante debido a que contribuye a ampliar el conocimiento sobre qué tipo de materiales orgánicos, ya sean abonos comerciales o estiércoles localmente disponibles, poseen las características adecuadas para ser utilizados como sustrato o componentes de sustrato en la producción de plántulas de buena calidad.

2.4 Materiales y métodos

2.4.1 Materiales

Los materiales utilizados en la investigación fueron: a) Solep (abono orgánico comercial de la empresa “Soluciones Ecológicas de Puebla”. Puebla, México), b) Fernatol (abono orgánico comercial de la empresa Fertilizante Natural Obtenido por Lombricomposteo S. A. DE C. V. Puebla, México), c) estiércol de vaca, d) estiércol de borrego (disponibles localmente y colectados de pequeñas unidades de producción ganadera de San Nicolás de los Ranchos, Puebla) y e) sustrato Peat moss (a base de musgo de origen Canadiense, SUNSHINE Mezcla 3 grado profesional) utilizado de manera comercial en la producción de plántulas. Para realizar los diferentes análisis se obtuvo una muestra de 5 L de cada uno de los abonos, estiércoles y el Peat moss; estas muestras se colocaron en charolas para su secado al aire libre dentro de un invernadero durante quince días. Trascurrido este tiempo, las muestras se llevaron para su análisis a la Unidad de Laboratorios de Investigación, Docencia y Vinculación del Campus Puebla del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas en el estado de Puebla, México.

2.4.2 Caracterización física y química de los abonos orgánicos y estiércoles

Las variables evaluadas en los abonos y estiércoles fueron las siguientes: peso de la fracción granulométrica (% PFG), diámetro medio (DM), diámetro medio de dos tamices consecutivos

(DMD) e índice de grosor (% IGr), densidad aparente (DA), densidad de partícula (DP), porosidad (% Po), nitrógeno amoniacal (NAm) y nitrógeno nítrico (NNi) con base en las metodologías indicadas por García de la Fuente (2011). El porcentaje de humedad (% H), porcentaje de cenizas (% Ce), materia orgánica (% MO), carbono orgánico (% CO), nitrógeno total (% NT) y relación carbono/nitrógeno (C/N) se estimó con las metodologías establecidas en la Norma Mexicana NOM-FF-109-SCFI-2007. El contenido de nutrientes extraíbles como calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P) y potasio (K) se determinó con la metodología establecida en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Para la cuantificación de los nutrientes fácilmente asimilables como nitratos (NO_3^-), calcio (Ca^{2+}), potasio (K^+) y sodio (Na^+) se determinó con el equipo Compact Water Quality Meter LAQUAtwin (HORIBA Scientific); para pH y conductividad eléctrica (CE), se usó un pH-meter multiparamétrico de mesa (Thermo Scientific™ Orion™ Star A215), con base en la metodología indicada por García-Gómez *et al.* (2002). La determinación de metales pesados como: cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn) en mg/kg^1 de materia seca, fue realizada en el Laboratorio de Control Ambiental de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, ubicada en la ciudad de Puebla, México.

2.4.3 Caracterización biológica y microbiológica de los abonos orgánicos y estiércoles

Para estimar el grado de madurez o toxicidad de los abonos orgánicos comerciales y de los estiércoles se realizó un bioensayo de germinación con semillas de rábano (*Raphanus sativus*) var. Champion como especie indicadora de la presencia de sustancias fitotóxicas. Para ello se usó la metodología descrita por Zucconi *et al.* (1981). Cada uno de los sustratos se prepararon en extractos a concentración de 1:5 (v/v, abono sólido en agua destilada), colocando 15 mL del

extracto correspondiente y 20 semillas de rábano en cajas Petri. Después de cinco días en la cámara de crecimiento (25 °C, 85 % HR, BL Barnstead/Lab-li.ne®) se registró el número de semillas germinadas (NSG) y la longitud de raíz (LR) en cm. Se calcularon los índices de porcentaje de germinación residual normalizado (IGN) y de elongación radical residual normalizado (IER) (Rodríguez *et al.*, 2014); para calcular e interpretar los resultados se utilizó la metodología indicada por Bagur-González *et al.* (2011), quienes establecen que para ambas variables los valores > de 0 indican estimulación del crecimiento de las semillas, valores de 0 a -0.25 presentan baja toxicidad, de -0.25 a -0.5 moderada toxicidad, -0.5 a -0.75 alta toxicidad y -0.75 a -1 muy alta toxicidad. Para la caracterización microbiológica se cuantificó la presencia de bacterias totales y hongos con la metodología indicada por Fernández y Linares (2006); la población de Levaduras, *E. coli*, coliformes totales y *Salmonella* con las metodologías establecidas por Cano-Ruera (2006). Los datos se presentan en UFC/g (unidades formadoras de colonias/g).

2.4.4 Tratamientos y diseño experimental

El diseño utilizado en todas las caracterizaciones fue completamente al azar con tres repeticiones por variable determinada en cada abono orgánico comercial, estiércoles y el Peat moss, con cinco tratamientos correspondientes a los productos evaluados.

2.4.5 Análisis estadísticos

Los resultados se analizaron en el programa Statistical Analysis System 9.4 (SAS, Institute Inc. 2013). Se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias por Tukey ($p \leq 0.05$). Previo al análisis estadístico, en las variables registradas en porcentaje se realizó una transformación de los datos con las formulas indicadas por Montgomery (2011). Para los resultados del análisis

microbiológico se realizó una transformación de datos aplicando Log_{10} UFC (Durán y Henríquez, 2007).

2.5 Resultados y discusión

En el Cuadro 2.1 se muestra el análisis de varianza y la comparación de medias de la caracterización física de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles locales y Peat moss. Únicamente en las variables de IGr, H, DA, DP y Po se observaron diferencias estadísticas significativas en los abonos orgánicos, los estiércoles locales y en el Peat moss. Todos los materiales evaluados presentaron un IGr entre los intervalos establecidos por las normas NMX-FF-109-SCFI-2007 y Norma Chilena NCh (2004). Estos resultados no coinciden con lo mostrado por López-Baltazar *et al.* (2013), quienes obtuvieron valores entre 0.25 y 2.5 mm. El Peat moss presentó características físicas sobresalientes con base en la Norma Chilena Nch 28880 (2004) en comparación con los abonos orgánicos comerciales y los estiércoles locales, con una DA y DP de 0.26 y 267.31 g/ml^1 inferiores a las observadas en el estiércol vacuno (DA = 0.98 y DP = 981.70 g/ml^1). Sin embargo, los resultados no coinciden con el rango permitido por la norma NMX-FF-109-SCFI-2007, ni con los valores observados en Peat moss por Gómez-Merino *et al.* (2013) y Crespo-González *et al.* (2013). Las características físicas de los estiércoles evaluados resultaron superiores a las indicadas por Durán y Henríquez (2007). Los valores recomendados para DA se encuentran en 0.40-0.90 g/ml^1 , con porosidad mayor al 85 % y retención de humedad entre el 55-70 % según lo indicado por la NMX-FF-109-SCFI-2007 y Carrijo *et al.* (2004). Características físicas de los sustratos dentro de estos intervalos se asocian a porcentajes altos de germinación y emergencia, mejor crecimiento y desarrollo de las plántulas y facilitan el almacenamiento y manipulación del sustrato en los contenedores (Delgado-Arroyo *et al.*, 2016).

Cuadro 2.1 Análisis de varianza y comparación de medias de la caracterización física de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles locales y Peat moss.

Abonos orgánicos y estiércoles	Parámetros Características físicas				
	IGr (%)	H (%)	DA (g/ml ^l)	DP (g/ml ^l)	Po (%)
Solep	37.04 e	16.42 a	0.94 c	966.55 c	0.99900 b
Fernatol	9.36 a	15.95 b	1.00 e	933.87 b	0.99890 c
Vacuno	27.37 c	8.29 c	0.98 d	981.70 d	0.99900 b
Ovino	26.99 b	6.59 d	0.88 b	957.37 c	0.99910 a
Peat moss	29.11 d	17.39 a	0.26 a	267.31 a	0.99903 ab
DMS	1.14	1.25	0.04	15.00	0.0001
Análisis de varianza					
CV (%)	1.03	1.95	1.97	0.68	0.0011
Media	25.97	0.06	0.81	821.36	0.02
CM	137.07 ***	0.00052 ***	0.29 ***	2.89E+05 ***	7.23E-13 ***

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$). IGr: índice de grosor, H: humedad, DA: densidad aparente, DP: densidad de partícula y Po: porosidad. DMS: diferencia mínima significativa, CV (%): coeficiente de variación, CM: cuadrado medio. ***= estadísticamente significativo a $p \leq 0.001$.

En el Cuadro 2.2 se muestra el análisis de varianza y la comparación de medias de la caracterización química de dos abonos orgánicos, dos estiércoles locales y Peat moss evaluados. De diez variables solo pH, CE, MO, CO, relación C/N y NAm presentaron diferencias estadísticas significativas en los abonos orgánicos, estiércoles y el Peat moss. El estiércol vacuno y el abono Solep presentaron valores superiores de pH, CE y NAm en comparación con el Fernatol y Peat moss; los valores de pH y CE se encuentran dentro del intervalo establecido por las normas NMX-FF-109-SCFI-2007 y la Norma Chilena NCh (2004). Sin embargo, los valores de estas variables

y el % MO no coinciden con los resultados indicados por Pérez *et al.* (2008), quienes evaluaron estiércol vacuno en combinaciones diferentes (pH de 7.6-7.8, CE de 1.48-6.06 y % MO de 42.8-52.0). La relación C/N observada es similar a los valores reportados por Bernal *et al.* (2017), pero el % de MO de los abonos orgánicos y los estiércoles es menor a lo reportado por los mismos autores, aun cuando los valores se encuentran dentro de los intervalos establecidos por las normas NMX-FF-109-SCFI-2007 y la Norma Chilena NCh (2004); en el caso del Peat moss ambos valores encontrados en este estudio fueron mayores. Los valores de pH, CE, % de MO y la relación C/N del abono Solep y el estiércol de vaca indican una mayor humificación de los compuestos orgánicos, lo que hace que estos materiales sean apropiados para su uso como sustratos o componentes de sustratos. Ambos estiércoles tienen un alto valor de NAm, lo que indica que requieren un mayor grado de mineralización (Bernal *et al.*, 2017 y Torres *et al.*, 2016). Por lo tanto, se debe considerar la proporción o concentración de los estiércoles y compostas a usar en los sustratos, de tal manera que no sean superiores al 20 % del volumen total, porque pueden afectar los valores de pH, CE, NAm y la relación C/N e influir de manera negativa en el desarrollo de las plantas (Tombion *et al.*, 2016).

Cuadro 2.2 Análisis de varianza y comparación de medias de la caracterización química de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles locales y Peat moss.

Abonos orgánicos y estiércoles	Parámetros					
	Características químicas					
	pH	CE mS/cm	% MO	% CO	Relación C/N	NAm (mg/kg ¹)
Solep	7.34 b	2.67 e	19.45 c	11.28 c	10.13 b	28.07 b
Fernatol	9.66 e	1.87 b	22.18 b	12.86 b	16.32 b	12.02 b
Vacuno	8.54 c	2.47 d	18.19 d	10.55 d	10.43 b	148.67 a
Ovino	9.09 d	2.17 c	20.22 c	11.73 c	12.82 b	174.51 a
Peat moss	6.43 a	0.69 a	77.72 a	45.08 a	40.77 a	13.91 b
DMS	0.08	0.19	1.25	0.73	20.17	56.31
Análisis de varianza						
CV (%)	0.34	3.50	1.47	1.47	41.47	27.77
Media	8.21	1.97	31.55	18.30	18.09	75.43
CM	5.16 ***	1.82 ***	2004.76 ***	674.51 ***	500.45 **	18922.70 ***

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0,05$). CE: conductividad eléctrica, % MO: porcentaje de materia orgánica, % CO: porcentaje de carbono orgánico, Relación C/N: relación carbono/nitrógeno y nitrógeno amoniacal (NAm). DMS: diferencia mínima significativa, CV (%): coeficiente de variación, CM: cuadrado medio. ** y ***= estadísticamente significativo a $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.001$, respectivamente

En el Cuadro 2.3 se indica el análisis de varianza y la comparación de medias de la caracterización de nutrientes extraíbles y fácilmente asimilables de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles locales y Peat moss evaluados. El estiércol vacuno y el abono orgánico Solep presentaron valores mayores en P y K extraíbles y de NO₃, K y Na fácilmente asimilables, respectivamente, en comparación con el Peat moss que únicamente en Mg resultó superior a los valores de los otros productos caracterizados. El estiércol vacuno tuvo 483 mg/kg¹ de P, mientras

que el Peat moss resultó con 106.50 mg/kg¹. El abono orgánico comercial Solep, presentó un 266.6 % más de NO₃ y 926.1 % más de Na fácilmente asimilables, en comparación con el Peat moss. Los elementos fácilmente extraíbles no coinciden con los valores presentados por Durán y Henríquez (2007) y Gómez-Brandón *et al.* (2008), quienes obtuvieron resultados inferiores en P y K. Por el contrario, López-Baltazar *et al.* (2010) indican valores muy altos en el contenido de nutrientes por extracción en K y Mg. Ansorena *et al.* (2014) mencionan que si los valores de Na son elevados, existen riesgos potenciales de sodificación al ser aplicados en los suelos, lo cual, según Torres *et al.* (2016) puede ocasionar inhibición de la germinación y crecimiento de las plántulas y una reducción en la longitud radicular. Los valores obtenidos de Na no coinciden con los resultados obtenidos por Torres *et al.* (2016), quienes mencionan que los valores elevados de pH y CE se asocian a un elevado nivel de Na. El estiércol de vaca y el Peat moss presentan valores menores en pH, CE y Na, esto indica que hay menos riesgo de salinización y sodificación al ser aplicados, lo que los hace más recomendables para su uso como sustrato o componente de sustrato. El estiércol de ovino presentó un valor menor de Na, pero con pH y CE muy elevadas, en comparación con el abono Solep, el cual presentó un valor muy elevado de Na, lo que podría provocar riesgos mayores de sodificación, pero un pH neutro y CE dentro de los intervalos establecidos por las normas; el pH neutro se puede atribuir a la liberación de NH₄⁺ y a la formación o degradación de ácidos orgánicos.

Cuadro 2.3 Análisis de varianza y comparación de medias de la caracterización de nutrientes extraíbles y fácilmente asimilables de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles locales y Peat moss.

Abonos orgánicos y estiércoles	Parámetros						
	Características químicas						
	Nutrientes extraíbles (mg/kg ¹)			Nutrientes fácilmente asimilables (mg/kg ¹)			
	P	K	Mg	NO ₃	K	Ca	Na
Solep	221.5 a	455.0 a	1896.1 b	720.0 d	480.0 b	47.7 b	166.7 a
Fernatol	463.0 a	345.5 a	2413.0 b	1900.0 a	403.3 c	11.0 d	78.3 b
Vacuno	483.0 a	637.0 a	1876.0 b	1200.0 c	620.0 a	23.0 c	42.0 c
Ovino	443.0 a	757.5 a	1538.2 b	1400.0 b	413.3 c	11.0 d	35.0 c
Peat moss	106.5 b	207.5 b	5574.2 a	270.0 e	45.7 d	210.0 a	18.0 d
DMS	272.4	418.6	1021.2	186.9	30.2	3.2	7.2
Análisis de varianza							
CV (%)	19.78	21.72	14.29	6.33	2.86	2.0	3.9
Media	343.4	480.5	2653.48	1098.0	392.46	60.5	68.0
CM	5.73E+04	3.73E+04	8.26E+06	1.18E+06	1.35E+05	2.16E+04	1.06E+04
	**	**	***	***	***	***	***

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0,05$). DMS: diferencia mínima significativa, CV (%): coeficiente de variación, CM: cuadrado medio. ** y ***= estadísticamente significativo a $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.001$, respectivamente.

En el Cuadro 2.4 se presentan los valores de metales pesados e índices de toxicidad de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles locales y Peat moss evaluados. Los valores obtenidos de metales pesados en los cinco materiales evaluados se encuentran en los intervalos establecidos en diferentes normas de calidad de fertilizantes en Europa, EEUU y Canadá (Ansorena *et al.*, 2014; Bernal *et al.*, 2017). Los abonos orgánicos y estiércoles se clasifican como compostas de clase A por sus bajos contenidos de metales pesados según la normativa Española, esto los hace aptos para

ser utilizados en la producción de cultivos para consumo humano (Real Decreto 865/2010). Los valores obtenidos en Cu y Zn coinciden con los observados por Pérez *et al.* (2008), mientras que el valor obtenido en Cd es similar al que presenta Martínez *et al.* (2016).

Los índices de toxicidad IGN e IER en los abonos y estiércoles a concentración de 20 % (Cuadro 4) se encuentran en el intervalo de -0.75 a -1.0, esto indica que los productos presentan una toxicidad muy elevada, según el criterio establecido por Bagur-González *et al.* (2011); esto significa que los materiales utilizados presentan un bajo grado de madurez y estabilidad, lo que se vio reflejado en baja o nula germinación de las semillas de rábano. Los resultados no coinciden con lo obtenido por Martínez *et al.* (2016), quienes observaron estiércoles con toxicidad de baja a moderada a los 180 y 220 días de madurez, mientras que a los 240 días los productos alcanzaron la madurez, presentando una mínima toxicidad. Esto indica que si los estiércoles evaluados se aplican a concentraciones superiores al 20 %, en diluciones para bioensayos, pueden causar problemas de fitotoxicidad; esta es una característica de productos inmaduros y que no tienen propiedades como compuestos fitoestimulantes (Torres *et al.*, 2016). Al respecto, los mejores resultados con el uso de estiércoles como componentes de sustratos se han observado a concentraciones de 20, 40 y 60 % en combinaciones de v:v (volumen : volumen) con otros sustratos o materiales inertes (Tombion *et al.*, 2016 y Gómez-Merino *et al.*, 2013).

Cuadro 2.4 Valores de metales pesados e índices de toxicidad de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles locales y Peat moss.

Abonos orgánicos y estiércoles	Parámetros							Índices de toxicidad	
	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	IGN	IER
	(ppm)							(%)	
Solep	0.12	0.25	0.15	0.10	0.25	0.38	0.53	-0.77 c	-0.99 c
Fernatol	0.03	0.04	0.19	0.10	0.15	0.34	0.98	-0.97 d	-1.00 d
Vacuno	0.01	0.11	0.17	0.10	0.18	0.17	1.42	-0.72 b	-0.98 b
Ovino	0.01	0.06	0.10	0.10	0.19	0.07	0.54	-0.77 c	-0.97 a
Peat moss	0.01	0.69	0.04	0.10	0.14	0.03	0.18	-0.72 b	-0.98 b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0,05$). IGN: índice de porcentaje de germinación residual normalizado e IER: índice de porcentaje de elongación radical residual normalizado.

En el Cuadro 2.5 se presenta el análisis de varianza y la comparación de medias de la caracterización microbiológica de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles y Peat moss. El abono Solep y el estiércol vacuno presentaron valores más bajos en bacterias totales, levaduras, hongos, *E. coli* y *Salmonella* en comparación con el Peat moss. El abono orgánico Solep presentó un 93 % menos de bacterias totales, mientras que el estiércol vacuno tuvo 97 % menos levaduras cuando ambos materiales tienen como punto de referencia al Peat moss. La norma NMX-FF-109-SCFI-2007 y el Real Decreto 865/2010 establecen que para *E-coli* y *Salmonella* debe de haber menos de 1000 y 3 NMP o debe ser no detectable en 25 gramos del producto elaborado. De esta manera, el abono Solep y el estiércol vacuno presentan características microbiológicas apropiadas al mostrar un número reducido de microorganismos y no detectarse la presencia de *E. coli* y

Salmonella. Los resultados coinciden con Ruesga *et al.* (2016) al detectarse nula presencia de *E. coli* y *Salmonella* y un bajo NMP de *Coliformes* totales, por lo que cuentan con características microbiológicas adecuadas para su uso como componentes de sustratos. Sin embargo, el pH puede influir en la presencia de la microflora, ya que los hongos toleran un pH de 5.5-8.0 y las bacterias un pH de 6.0-7.5; estos datos coinciden con los valores de pH obtenidos en los materiales orgánicos evaluados por Gómez-Brandón *et al.* (2008). La escasa presencia de bacterias y hongos coinciden con los productos evaluados por Durán y Henríquez (2007) y los materiales orgánicos evaluados en esta investigación. La presencia de bacterias totales y hongos puede estar en correlación directa con el contenido de la MO y el grado de madurez que presenta cada material (Cisneros *et al.*, 2016; Garbanzo & Vargas, 2017). Jacobo-Salcedo *et al.* (2016) mencionan que es importante un monitoreo microbiológico en los abonos orgánicos, por la trascendencia de las implicaciones a la salud humana. La inocuidad es un parámetro de calidad de suma importancia en todos los productos que son de importación y exportación, así como de consumo local debido a la propagación de enfermedades.

Cuadro 2.5 Análisis de varianza y comparación de medias de la caracterización microbiológica de dos abonos orgánicos comerciales, dos estiércoles y Peat moss.

Abonos orgánicos y estiércoles	Parámetros Microorganismos (UFC/g)			
	Bacterias totales	Levaduras	Hongos	Coliformes Totales
Solep	29x10 ⁴ a	12x10 ¹ a	1x10 ¹ a	79x10 ¹ b
Fernatol	63x10 ³ b	2x10 ¹ a	3x10 ¹ a	8x10 ¹ a
Vacuno	124x10 ⁴ c	5x10 ¹ a	16x10 ¹ b	46x10 ¹ b
Ovino	161x10 ⁴ c	ND a	22x10 ¹ b	26x10 ¹ b
Peat moss	429x10 ⁴ d	18x10 ² b	61x10 ¹ b	1x10 ¹ a
DMS	0.07	0.74	2.55	4.11
Análisis de varianza				
CV (%)	35.01	60.00	95.24	47.65
Media	0.08	0.46	1.00	3.21
CM	0.01 ***	0.74 *	2.47 ***	30.31 **

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0,05$). UFC: unidades formadoras de colonias, ND: no detectado, DMS: diferencia mínima significativa, CV (%): coeficiente de variación, CM: cuadrado medio. *, ** y ***= estadísticamente significativo a $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$ y $p \leq 0,001$, respectivamente.

2.6 Conclusiones

El abono orgánico comercial Solep y el estiércol vacuno presentaron características químicas adecuadas en las variables de pH, CE, % MO y en la relación C/N. En los valores de metales pesados, los dos abonos comerciales, los dos estiércoles y el Peat moss se encuentran en los intervalos establecidos en normas de diferentes países y se caracterizan como de Clase A, catalogados como aptos para la producción de cultivos para consumo humano. En las características microbiológicas, en el abono Solep y el estiércol vacuno no se detectó la presencia

de *E. coli* y *Salmonella*, lo que los hace apropiados para la producción de cultivos, sin riesgo de contaminación de los alimentos obtenidos. Los valores de los índices de fitotoxicidad, indican que los materiales evaluados presentan alta toxicidad a concentraciones del 20 % en diluciones para bioensayo en especies indicadoras, ocasionando bajos porcentajes de germinación y reducido crecimiento radicular. En general, el abono orgánico comercial Solep y el estiércol vacuno local presentan algunos parámetros de calidad, principalmente químicos y biológicos, adecuados para su uso como sustrato o componentes de sustratos para la producción de plántulas.

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados y a CONACYT, por el apoyo económico para realizar la investigación. Al IBI. Jesús Santiago Aguila Muñoz y a la I.Q. Ana Karen Juárez Fernández, por el apoyo en la caracterización química y microbiológica. Al Ing. Nefalí Cansino Juárez, por su ayuda en la ejecución y registro de las variables de los análisis físico-químicos, biológicos y microbiológicos.

2.7 Literatura citada

Abad, M., Noguera, P., Puchades, R., Maquieira, A., y Noguera, V. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. *Bioresource Technology*, 82(3), p, 241-245. doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00189-4.

Ansorena, J., Batalla, E., y Merino, D. 2014. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. *XI Jornadas del Grupo de Sustratos de la SECH. Escuela Agraria de Fraisoro. Departamento de Innovación, Desarrollo Rural y Turismo., Zizurkil, País Vasco, España.* p, 1-67. Disponible en: http://www.blueberrieschile.cl/wp-content/uploads/2015/07/pdf_000304.pdf

- Bagur-González, M. G., Estepa-Molina, C., Martín-Peinado, F., y Morales-Ruano, S. 2011. Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal (loid) s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site. *Journal of Soils and Sediments*. 11(2), p, 281-289. DOI 10.1007/s11368-010-0285-4.
- Bernal, M. P. C., Méndez, J. A. A., Muñoz, M. Á. B., y Carrillo, R. C. 2011. Guía de utilización agrícola de los materiales digeridos por biometanización. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Murcia, España. p-113. CSIC. Disponible en: [http://213.229.136.11/bases/ainia_probiogas.nsf/0/89A368DD73F7282DC125753F00587325/\\$FILE/PROBIOGAS_GuiaDigerido.pdf](http://213.229.136.11/bases/ainia_probiogas.nsf/0/89A368DD73F7282DC125753F00587325/$FILE/PROBIOGAS_GuiaDigerido.pdf)
- Bernal, M. P., Sommer, S. G., Chadwick, D., Qing, C., Guoxue, L. Michel Jr, F. C. 2017. Current approaches and future trends in compost quality criteria for agronomic, environmental, and human health benefits. *Advances in Agronomy. Environmental, and Human Health Benefits*. In: Donald L. Sparks, editor, *Advances in Agronomy*, Vol. 144 Burlington: Academic Press. p. 143-233. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.agron.2017.03.002>
- Cano-Ruera, S. 2006. Métodos de Análisis Microbiológico. Normas ISO, UNE.
- Carijo, O. A., Vidal, M. C., Reis, N. D., Souza, R. D., y Makishima, N. 2004. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. *Horticultura Brasileira*, 22(1), p, 5-9. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/hb/v22n1/a01v22n1.pdf>
- Cisneros R., C., Sánchez de P., M., y Menjivar F., J. 2016. Influencia de microorganismos solubilizadores de fósforo del suelo y su absorción por Plántulas de café. *Bioagro*, 28(2) p, 95-106. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/857/85745749004.pdf>
- Crespo-González, M. R., González-Eguiarte, D. R., Rodríguez-Macías, R., Rendón-Salcido, L. A., del Real-Laborde, J. I., y Torres-Morán, J. P. 2013. Evaluación de la composta de bagazo de agave como componente de sustratos para producir plántulas de agave azul tequilero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 4(8), p, 1161-1173. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n8/v4n8a4.pdf>
- Delgado-Arroyo, M. D. M., Miralles de Imperial-Hornedo, R., Masaguer-Rodríguez, A., Sánchez, M., y Valero, J. 2016. Estudio de turbas y residuos avícolas procedentes de pollo de engorde como componente de sustratos de cultivo. *Revista Internacional de Contaminación*

- Ambiental, 32(4), p, 455-462. <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2016.32.04.09>. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v32n4/0188-4999-rica-32-04-00455.pdf>
- Dos Santos, M. R., Sediya, M. A. N., Salgado, L. T., Vidigal, S. M., y Reigado, F. R. 2010. Produção de mudas de pimentão em substratos à base de vermicomposto. *Bioscience Journal*, 26(4), p, 572-578. Disponible en: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/7147/5132>
- Durán, L., y C. Henríquez. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 31(1), p, 41-51. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/436/43631105.pdf>
- Fernández L, L. C., y Linares, L. C. F. 2006. *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados*. ISBN 968-489-039-7. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. p 184. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/509.pdf>
- Garbanzo-León, G., y Vargas-Gutiérrez, M. 2017. Actividad microbial en sustratos y análisis de crecimiento en almácigos de tomate en Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Ciencias Hortícolas*, 11(1), p, 159-169. Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5716>.
- García De La Fuente, R. 2011. Caracterización y uso de compost de alperujo como enmienda orgánica. Evaluación agronómica y medioambiental. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de València. Pp. 488. doi:10.4995/Thesis/10251/11406.
- García-Gomez, A., M. P. Bernal and A. Roig. 2002. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. *Bioresource technology*, 83(2), p, 81-87. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00211-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00211-5).
- García-Morales, C., O. R. Taboada-Gaytán, H. López-Sánchez, P. A. López, G. Mora-Aguilera y B. Tlapal-Bolaños. 2011. Calidad de plántulas de chile 'Poblano' en la Sierra Nevada de Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(2), p, 115-121. <http://scielo.unam.mx/pdf/rfm/v34n2/v34n2a10.pdf>
- Gómez-Brandón, M., C. Lazcano y J. Domínguez. 2008. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. *Chemosphere*, 70(3), p, 436-444. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.06.065>.

- Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I., García-Albarado, J. C., y Morales-Ramos, V. 2013. Lulo (*Solanum quiroense* Lamarck.) como nuevo elemento del paisaje en México: germinación y crecimiento en sustratos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(spe5), p, 877-887. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4nspe5/v4spe5a2.pdf>
- González, R., González, G., Acevedo, I., González, M. E., y Contreras, J. 2014. Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annum* L.) con sustrato a base de cachaza compostada. *Rev. Fac. Agron, (Supl 1)*, p, 182-190. Disponible en: http://revfacagronluz.org.ve/PDF/suplemento_2014/bot/botsupl12014182190e.pdf
- Jacobo-Salcedo, R., López-Romero, M., Villalobos, L. L., J. A. M., y Viramontes, U. F. 2016. Dinámica de crecimiento microbiológico y su relación con pH y la conductividad eléctrica en composta. *Agrofaz*. 16(2), p, 17-26. Disponible en: http://www.agrofaz.mx/wp-content/uploads/articulos/2016162III_1.pdf.
- López-Baltazar, J., Méndez-Matías, A., Pliego-Marín, L., Aragón-Robles, E., y Robles-Martínez, M. L. 2013. Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4(SPE6), p, 1139-1150. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4nspe6/v4spe6a6.pdf>
- Martínez, M., Ortega, R., Janssens, M., Angulo, J., y Fincheira, P. 2016. Selection of maturity indices for compost derived from grape pomace. *Journal of soil science and plant nutrition, (AHEAD)*. 16(2), p, 262-267. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162016005000021>.
- Montgomery, D. C. 2011. *Diseño y análisis de experimentos*. Segunda edición. Editorial Limusa Wiley. México. p, 81.
- NCh 2880 (Norma Chilena de Compost). 2004. Norma Chilena Oficial. Compost-Clasificación y requisitos. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.
- NMX-FF-109-SCFI-2007: DE LOMBRIZ, H. U. M. U. S., & DE PRUEBA, E. Y. M. 2007. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SAGARPA/Normas/Oficiales/nmx-ff-109-scfi-2007.pdf>
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. 2002. *Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis: México*, 31, 85.

- Pérez, A., Céspedes, C., y Núñez, P. 2008. Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(3), p, 10-29. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000300002>. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v8n3/art02.pdf>
- Real Decreto 865/2010. de 2 de julio, sobre sustratos de cultivo. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2010/07/14/pdfs/BOE-A-2010-11153.pdf>
- Rodríguez, R, A. J., Robles, S, C. A., Ruíz, P, R. A., López, L, E., Sedeño, D, J. E., y Rodríguez, D, A. 2014. Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitoreo de la calidad del agua del río Chalma. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(3), p, 307-316. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v30n3/v30n3a7.pdf>
- Ruesga, L., Ocando, M., López, M., Gutiérrez, E., Caldera, Y., y Gutiérrez, E. 2016. Aporte nutricional de un biosólido avícola obtenido en un proceso de digestión aerobia sobre un cultivo de cebollín/Nutritional contribution of a poultry biosolids obtained in a process of aerobic digestion on the growing of green onion. *Revista Tecnocientífica URU*, (9), p, 71-80. Disponible en: http://200.35.84.134/ojs-2.4.2/index.php/rtcu/article/viewFile/299/pdf_22
- SAS Institute Inc. Base SAS® 9.4 Procedures Guide. 2013. Statistical Procedures, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. Disponible en: <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/procstat/66703/PDF/default/procstat.pdf>
- Tombion, L., Puerta, A. V., Barbaro, L. A., Karlanian, M. A., Sangiacomo, M. A., y Garbi, M. 2016. Características del sustrato y calidad de plantines de lechuga (*Lactuca sativa* L.) según dosis de lombricompuesto. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 32(1), p, 46-52. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902016000100005>. Disponible en: http://www.scielo.cl/pdf/chjaasc/v32n1/art_05.pdf
- Torres, D., Mendoza, B., Marco, L. M., y Gómez, C. 2016. Riesgos de salinización y sodificación por el uso de abonos orgánicos en la depresión de Quíbor-Venezuela. *Multiciencias*, 16(2), p, 133-142. Disponible en: <http://200.74.222.178/index.php/multiciencias/article/view/22726/22555>

Zucconi, F.; Pera Antonio and Forte M. 1981. Evaluations toxicity in immature compost. Biocycle 22, p, 54-57. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US8229728>

**CAPITULO III. USO DE ABONOS ORGÁNICOS COMERCIALES, ESTIÉRCOLES
LOCALES Y FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE
CHILE ‘POBLANO’**

P. Acevedo-Alcalá¹, O. R. Taboada-Gaytán^{1*}, J. Cruz-Hernández¹, J. S. Escobedo-Garrido¹ y M.
L. Ramírez-Vázquez²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, Mpio. de San Pedro Cholula. C.P. 72760. Puebla, México. ²Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, km 7.5 Carretera Federal San Martín-Tlaxcala, San Diego Xocoyucan. C.P. 90122. Tlaxcala, México.

*Autor para correspondencia (toswaldo@colpos.mx)

3.1 Resumen

La producción de plántula de buena calidad depende en buena medida del tipo de sustrato utilizado para este fin, o de la proporción en que se mezclen sus componentes, del tipo y dosis de fertilización aplicada y del aporte nutricional con que cada componente contribuya para el desarrollo inicial de la plántula. El objetivo fue precisar la mejor combinación de dos abonos orgánicos comerciales (Solep y Fernatol), dos estiércoles locales (vacuno y ovino) y turba (Peat moss), junto con fertilización química (0.5, 1.0 y 1.5 g/l de la fórmula NPK 20-18-20), para producir plántula de chile ‘Poblano’ de buena calidad. Para determinar la calidad de las plántulas se registraron diferentes variables, como el Índice de esbeltez y de Calidad de Dickson y la relación del peso seco de la parte aérea y peso seco de la raíz (Piña y Arboleda, 2010) entre otras. Se encontró que el abono orgánico comercial Solep, en proporción de 20 % en cuanto a volumen, produce plántulas de buena calidad dada por una mayor altura, diámetro, longitud de raíz, pero principalmente por los valores obtenidos en los índices de esbeltez y calidad de Dickson. Con base en los mismos indicadores, las dosis de fertilización química de 1.0 y 1.5 g/l de la fórmula 20-18-20 favorecen la obtención de plántula de buena calidad. La proporción del abono orgánico comercial o estiércol local utilizados como componentes de sustratos no debe exceder del 40 % del volumen total para evitar problemas de fitotoxicidad y la obtención de plántulas de mala calidad.

Palabras clave: clorofila, estiércoles, índice de calidad de Dickson, índice de esbeltez.

3.2 Abstract

The production of seedlings of good quality depends to a large extent on the type of substrate used for this purpose, or on the proportion in which their components are mixed, the type and dose of applied fertilization and the nutritional contribution with which each component contributes to the initial development of the seedling. The objective was to precise the best combination of two commercial organic fertilizers (Solep and Fernatol), two local manures (cattle and sheep), peat (Peat moss), and chemical fertilization (0.5, 1.0 y 1.5 g/l of the NPK formula 20-18-20), to produce poblano pepper seedling of good quality. To determine the quality of the seedlings, different variables were registered, such as the Dickson and slenderness quality index, the ratio of the dry weight of the aerial part and the dry weight of the root (Piña and Arboleda, 2010) among others. It was found that Solep commercial organic fertilizer, in proportion of 20 % in volume, produces good quality seedlings given by a greater height, diameter, root length, but mainly by the values obtained in the slenderness and quality indexes of Dickson. Based on the same indicators, the chemical fertilization doses of 1.0 and 1.5 g/l of the formula 20-18-20 favor obtaining seedlings of good quality. The proportion of commercial organic fertilizer or local manure used as substrate components should not exceed 40 % of the total volume to avoid phytotoxicity problems and the obtaining of poor quality seedlings.

Key words: Chlorophyll, manures, Dickson quality index, slenderness index.

3.3 Introducción

La producción de plántula de buena calidad es un factor importante para los productores de diversas hortalizas o viveristas, pues esto mejora el establecimiento uniforme del cultivo en campo. Entre las características deseables en una plántula de buena calidad se encuentran: un buen desarrollo del sistema radicular, el estado nutricional de la plantas, tolerancia al estrés y una mayor sobrevivencia de las plántulas al ser trasplantadas (Magdaleno-Villar *et al.*, 2006), así como la cantidad y calidad del rendimiento obtenido (Siqueira y Maruyama, 2009). Entre los factores que influyen en la producción de plántula de buena calidad se mencionan el hecho de mantener un estado nutricional apropiado por medio de la fertilización, proporcionar niveles adecuados de humedad a través del riego, vigilar la sanidad al controlar plagas y enfermedades (Guzmán y Sánchez, 2003; Tuzel y Oztekin 2015), lo que permitirá obtener como resultado plántulas vigorosas y sanas. Sin embargo, un factor fundamental que contribuye en la producción de plántula de buena calidad es el tipo de sustrato y las características propias del material que se utilice con este propósito (Ortega-Martínez *et al.*, 2010; García-Morales *et al.*, 2011).

En la producción de plántula de buena calidad se utilizan usualmente turbas comerciales debido a las características que poseen y al costo que tienen. No obstante, la disponibilidad de la turba en la actualidad cada vez es menor debido a que es un recurso natural no renovable (Tuzel *et al.*, 2014, Tuzel y Oztekin 2015). Existen diversos tipos de materiales orgánicos que se pueden utilizar como sustratos para promover el crecimiento de las plántulas (González *et al.*, 2014); para esto, es esencial que sean un medio de cultivo apropiado y que proporcionen los nutrientes necesarios para el buen desarrollo de las plántulas (Abid *et al.*, 2018). Las funciones que debe cumplir un buen sustrato para la producción de plántulas son: proveer y mantener niveles adecuados de humedad a la semilla y posteriormente a la plántula, suministrar los nutrientes necesarios para el buen

desarrollo de las plántula, tener un buen intercambio gaseoso entre la atmósfera y el sustrato y por ultimo ser un soporte físico para la plántula (Rodríguez-Macías *et al.*, 2010). Entre los tipos de sustrato o materiales orgánicos que se pueden utilizar se encuentran los sustratos inertes como agrolitas o perlitas. Empero, también se pueden utilizar biosólidos (aguas residuales tratadas), residuos de cosecha, lombricompostas, compostas, estiércol de ganado y aves, abonos orgánicos y suelo, entre otros, en combinaciones y proporciones diferentes (García-Morales *et al.*, 2011); adicionalmente, también se pueden usar residuos sólidos urbanos, lodos residuales, residuos de papel y residuos de hongos, ya que después de un proceso de compostaje y maduración de estos materiales, se pueden utilizar como sustratos o componentes de sustratos y representan una alternativa al uso de las turbas comerciales (Jayasinghe *et al.*, 2010). Todos estos materiales pueden ser de menor costo y de mayor disponibilidad para los productores de plántula en el ámbito local (Abid *et al.*, 2018). Por esta razón, la búsqueda de alternativas para utilizar diversos materiales orgánicos locales como sustratos o componentes de sustratos, ha tenido un auge importante en las investigaciones a nivel mundial (Cruz-Crespo *et al.*, 2013).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue: Precisar la mejor combinación de estiércol local (vacuno y ovino), abono orgánico comercial (Solep y Fernatol), y fertilización química (0.5, 1.0 y 1.5 g/l de la fórmula 20-18-20) para producir plántulas de chile ‘Poblano’ de buena calidad. El tema de esta investigación es relevante debido a que actualmente se busca ampliar el conocimiento sobre qué tipo de materiales orgánicos pueden ser utilizados como sustratos o componentes de sustratos para la producción de plántulas de buena calidad.

3.4 Materiales y métodos

3.4.1 Materiales

El experimento se condujo del 16 de marzo al 6 de mayo de 2017 en un invernadero de las instalaciones de la Unidad Académica Regional Huejotzingo, del Campus Puebla del Colegio de Postgraduados, ubicadas en Huejotzingo, Puebla. Se utilizó semilla de chile ‘Poblano’ de una variedad criolla local del municipio de San Buenaventura Tecaltzingo, localidad de San Martín Texmelucan, del ciclo 2016 (TECAL-CP-16), que fue seleccionada por investigadores del Colegio de Postgraduados-Campus Puebla. Los materiales utilizados como sustratos en la investigación fueron: a) Solep (abono orgánico comercial de la empresa “Soluciones Ecológicas de Puebla”. Puebla, México), b) Fernatol (abono orgánico comercial de la empresa Fertilizante Natural Obtenido por Lombricomposteo S. A. DE C. V. Puebla, México), c) estiércol de vaca, d) estiércol de borrego (disponibles localmente y colectados de pequeñas unidades de producción ganadera de San Nicolás de los Ranchos, Puebla), e) sustrato Peat moss (a base de musgo de origen Canadiense, SUNSHINE Mezcla 3 grado profesional) y f) vermiculita; los dos últimos materiales se utilizan de manera comercial en la producción de plántulas. La siembra de las semillas para la producción de la plántula se llevó a cabo el 16 de marzo de 2017 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, depositando dos semillas por cavidad. Inmediatamente, después de la siembra y antes de cubrir la semilla se aplicó el fungicida Previcur® en dosis de 1 ml/l para prevenir posibles daños por hongos fitopatógenos. Posteriormente se apilaron las charolas y se cubrieron con plástico transparente para mantener buenos niveles de humedad y temperatura y fueron colocadas dentro del invernadero. Dentro de las charolas cubiertas con plástico se colocó un datalogger (LogTag HAXO-8) para monitorear el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa durante el proceso de germinación y emergencia. A los 15 días después de la siembra, se sacaron las charolas de su

envoltura plástica y se colocaron sobre bases metálicas para el registro de variables en las plántulas dentro del invernadero. A los 24 días después de la siembra se comenzó aplicar el fertilizante Technigro® con la fórmula 20-18-20 tres veces por semana durante todo el ciclo de la plántula; el Technigro® es un fertilizante químico soluble en agua disponible de manera comercial. También, con la finalidad de evitar daños ocasionados por hongos fitopatógenos, se hicieron aplicaciones cada 15 días de los fungicidas Previcur® y/o Prozycar® a dosis de 1 ml/l y 2 g/l, respectivamente.

3.4.2 Tratamientos, diseño y unidad experimental

El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones. La parcela grande consistió en las dosis de fertilización química (0.5, 1.0 y 1.5 g/l del fertilizante 20-18-20) con siete charolas de poliestireno; la parcela chica consistió de 90 cavidades por tratamiento (donde se incluyeron las diferentes proporciones de los materiales orgánicos evaluados en términos de volumen) y de 200 cavidades para el testigo. En el Cuadro 3.1 se muestra la lista, descripción, pH y CE de los tratamientos evaluados. La aleatorización de bloques (repeticiones), parcela grande y parcela chica se realizó en el programa Statistical Analysis System 9.4 (SAS, Institute Inc. 2013).

Cuadro 3.1 Lista, descripción, pH y CE de los tratamientos.

Lista de tratamientos		Características químicas	
Tratamientos	Descripción	pH	CE(mS/cm)
1. Sol 20 %	20-20-60 % (Solep-Vermiculita-Peat moss)	7.61	0.51
2. Sol 40 %	40-20-40 % (Solep-Vermiculita-Peat moss)	7.92	0.72
3. Sol 60 %	60-20-20 % (Solep-Vermiculita-Peat moss)	7.96	1.05
4. Fer 20 %	20-20-60 % (Fernatol-Vermiculita-Peat moss)	7.67	1.22
5. Fer 40 %	40-20-40 % (Fernatol-Vermiculita-Peat moss)	7.82	1.72
6. Fer 60 %	60-20-20 % (Fernatol-Vermiculita-Peat moss)	7.97	1.99
7. EV 20 %	20-20-60 % (Estiercol Vacuno-Vermiculita-Peat moss)	7.68	0.89
8. EV 40 %	40-20-40 % (Estiercol Vacuno-Vermiculita-Peat moss)	7.94	1.21
9. EV 60 %	60-20-20 % (Estiercol Vacuno-Vermiculita-Peat moss)	8.14	1.65
10. EO 20 %	20-20-60 % (Estiercol Ovino-Vermiculita-Peat moss)	7.98	0.57
11. EO 40 %	40-20-40 % (Estiercol Ovino-Vermiculita-Peat moss)	8.29	0.77
12. EO 60 %	60-20-20 % (Estiercol Ovino-Vermiculita-Peat moss)	8.62	1.01
Testigo	20-80 % (Vermiculita-Peat moss)	6.94	0.23

3.4.3 Variables evaluadas y análisis estadístico

Para el registro de las variables se seleccionaron diez plantas por tratamiento con competencia completa. Las variables registradas se clasificaron en dos grupos: 1) Variables de calidad: Porcentaje de emergencia (% PE) se realizó por conteo simple cada tercer día, Altura Promedio final (AP) se midió en centímetros con una regla cada cinco días, Longitud de Raíz (LR) se midió en centímetros al final de la cosecha de la plántula, Peso Fresco de Brote (PFB), Peso Fresco de Raíz (PFR) estas dos variables se registraron en gramos y se pesaron en una balanza analítica (Explorer® Pro OHAUS) al final en la cosecha de la plántula (Puerta *et al.*, 2012), Diámetro promedio final (Di) se midió en milímetros (mm) con un Vernier Digital Truper Stainless Steel 150 mm y precisión de 0.00 mm cada cinco días, Número de hojas promedio final (Ho) se realizó

por conteo simple cada cinco días, se determinó Clorofila por unidades SPAD (CIS) en dos hojas, una superior e inferior y contrarias a su posición para esto se utilizó el equipo KONICA MINOLTA SPAD-502 (Gómez-Merino *et al.*, 2013) y contenido de Clorofila a, b y total por extracción con acetona (Aguilar y Peña 2006), se utilizaron 4 plantas por tratamiento y su respectiva dosis de fertilización; las plantas seleccionadas fueron con competencia total, para la determinación y lectura se utilizó una centrifuga (Hermle Mod. Z 326 K) y un espectrofotómetro (Thermo-Electron UV/V15), las dos variables se registraron una semana antes de la cosecha de la plántula. 2) Variables de acumulación de materia seca: Peso Seco de Brote (PSB) y Peso Seco de Raíz (PSR) estas dos variables se registraron en gramos (Puerta *et al.*, 2012) y se pesaron en una balanza analítica (Explorer® Pro OHAUS) al final de su secado; para el secado de las plántulas se utilizó un horno de secado (Shellab Modelo FX28). Adicionalmente se calcularon los siguientes índices: Índice de esbeltez (IE), Índice de Calidad de Dickson (ICD), Relación del peso seco de la parte aérea y peso seco de la raíz (RPAR) (Piña y Arboleda, 2010), Estabilidad del sustrato (Es) y Facilidad de extracción (Ex) (González *et al.*, 2014). La información se analizó estadísticamente por medio de un análisis de varianza y una comparación de medias por Tukey ($p \leq 0.05$), utilizando el programa Statistical Analysis System 9.4 (SAS, Institute Inc. 2013).

3.5 Resultados y discusión

La temperatura promedio dentro de las charolas cubiertas fue de 25.9 °C (intervalos de variación entre 11.6 a 40.1 °C) y un promedio de 53 % (intervalos de variación entre 5.9 a 100 %) de humedad relativa mientras que la temperatura dentro del invernadero osciló entre 4.6 a 39.8 °C y 0 a 100 % de humedad relativa durante todo el ciclo de la plántula.

En el Cuadro 3.2 se muestran los cuadrados medios de las variables de calidad registradas en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con componentes de sustratos en diferentes proporciones bajo condiciones de invernadero. Se presentaron diferencias estadísticas significativas a $p < 0.001$ entre bloques o repeticiones en un 50 % de las variables, mientras que en parcelas se observó significancia estadística en el 75 % de las variables registradas; en el caso de la interacción de BxP hubo diferencias estadísticas tan solo en el diámetro final, en los tratamientos en todas las variables evaluadas y en la interacción de PxT sólo en el 37.5 % de las mismas. De manera general, las diferencias significativas se presentaron principalmente en las variables de altura, diámetro, número de hojas y peso seco de raíz. Ortega-Martínez *et al.* (2010) mencionan que el efecto de los sustratos en el desarrollo de las plántulas ocasiona como resultado que haya diferencias estadísticas significativas en las variables relacionadas con el crecimiento y acumulación de materia seca. Los resultados indican que lo mencionado por Ortega-Martínez *et al.* (2010) coincide con lo obtenido en esta investigación, pues el tipo de sustrato y las diferentes proporciones que se utilizaron en el estudio influyeron en el comportamiento de las variables de crecimiento y de acumulación de materia seca, debido al diferente aporte de nutrientes de cada uno de los tratamientos.

Cuadro 3.2 Cuadrados medios de variables de calidad en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero.

Fuente de Variación	Variable									
	gl	PE (%)	AP (cm)	Di (mm)	Ho	ClS	LR (cm)	PSB	PSR	
Modelo	47	2160.46 ***	15.07 ***	0.18 ***	2.11 ***	69.12 ***	7.06 ***	0.56 ***	0.16 ***	
Bloque (B)	3	212.33 ns	13.56 ***	0.12 ***	1.25 ***	14.59 ns	3.86 ns	0.10 ns	0.18 ***	
Parcela (P)	2	3.89 ns	29.71 ***	0.44 ***	6.74 ***	309.54 ***	11.05 ***	1.74 ***	0.10 *	
B*P	6	123.46 ns	0.76 ns	0.08 ***	0.17 ns	14.09 ns	1.70 ns	0.03 ns	0.05 ns	
Tratamiento (T)	12	8302.62 ***	47.38 ***	0.47 ***	6.40 ***	172.02 ***	20.83 ***	1.65 ***	0.47 ***	
P*T	24	21.88 ns	1.47 ***	0.04 *	0.18 ns	18.21 ***	1.59 ns	0.11 ***	0.03 ns	
CV		11.56	8.37	7.17	5.06	7.02	12.28	14.93	27.16	

CV= coeficiente de variación; gl= Grados de libertad; PE= porcentaje de emergencia; AP= altura promedio final; Di= diámetro promedio final; Ho= número de hojas promedio final; ClS= determinación de clorofila por unidades Spad; LR= longitud de raíz; PSB= peso seco de brote; PSR= peso seco de raíz; ns= diferencia no significativa; *, ** y ***= diferencias significativas a $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$, respectivamente.

En el Cuadro 3.3 se muestran los cuadrados medios de los índices de calidad en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero. Se observó que para el caso de Tratamientos éstos fueron estadísticamente diferentes a $p < 0.001$ en todos los índices calculados y variables registradas. Para bloques hubo diferencias significativas en todas las variables a excepción de la estabilidad del sustrato, mientras que para parcelas solo hubo diferencias estadísticas en tres variables (IE, RPAR y Ex); en la interacción de PxT solo la variable de estabilidad del sustrato fue estadísticamente diferente a $p < 0.001$ y en la interacción de BxP no se presentan diferencias significativas en ninguna variable. De manera general, las diferencias significativas se observaron en las variables de índice de esbeltez, relación del peso seco de la parte aérea y peso seco de la raíz y en la estabilidad del sustrato. La calidad de la plántula está asociada a la combinación de sustratos y la aplicación de fertilización química (García-Morales *et*

al., 2011). Los resultados indican que la teoría en esta investigación no aplica, ya que la interacción de PxT solo presentó diferencias significativas en la variable de estabilidad del sustrato, mientras que los dos índices evaluados no presentaron diferencias estadísticas. Esto podría deberse a que las tres dosis de fertilización resultan con un efecto similar en cuanto a la interacción con los tratamientos.

Cuadro 3.3 Cuadrados medios de índices de calidad en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero

Fuente de Variación	Índices de Calidad					
	gl	IE	ICD	RPAR	Es	Ex
Modelo	47	1.77 ***	0.03 ***	0.98 ***	0.81 ***	1.34 ***
Bloque (B)	3	5.85 ***	0.06 ***	1.19 **	0.04 ns	1.66 ***
Parcela (P)	2	1.33 ***	0.01 ns	10.35 ***	0.37 ***	0.20 ns
B*P	6	0.16 ns	0.01 ns	0.33 ns	0.07 ns	0.29 ns
Tratamiento (T)	12	4.88 ***	0.07 ***	1.00 ***	2.69 ***	4.16 ***
P*T	24	0.14 ns	0.01 ns	0.31 ns	0.20 ***	0.24 ns
CV		8.62	22.52	24.79	9.59	27.75

CV= coeficiente de variación; gl= grados de libertad; IE= índice de esbeltez; ICD= índice de calidad de Dickson; RPAR= relación del peso seco de la parte aérea y peso seco de la raíz en gr; Es= estabilidad del sustrato; Ex= facilidad de extracción de la plántula; ns= diferencia no significativa; *, ** y ***= diferencias significativas a $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$, respectivamente.

En el Cuadro 3.4 se observa la comparación de medias de los tratamientos y dosis de fertilización en las variables de calidad en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero. Se presentaron diferencias en las variables para las fuentes de variación de tratamientos y parcelas, resaltando que el testigo (Peat moss) y los tratamientos al 20 y 40 % de

los abonos o estiércoles presentan resultados semejantes en las variables de altura de planta y longitud de raíz. Esto significa que, al menos en estos indicadores, no es forzosamente necesario utilizar materiales orgánicos importados y que estos se pueden sustituir por abonos orgánicos de origen nacional o, inclusive, por estiércoles disponibles localmente para obtener plántulas de buena calidad. Mientras que en las variables de PE, Di y número de hojas se presentaron resultados similares entre el testigo y los porcentaje al 20, 40 y 60 % del abono Solep y el estiércol ovino. En las variables de PSB y PSR se presentaron resultados semejantes en el testigo, el abono Solep, Fernatol y en el estiércol de vaca al 20 % obteniendo la mayor cantidad de acumulación de materia seca. Es necesario destacar que el estiércol ovino presentó las menores cantidades de acumulación de materia seca al 20, 40 y 60 % en comparación con el testigo. Es importante hacer notar también que en todas las variables para los tratamientos que incluyeron una proporción de 60 % del abono Fernatol y del estiércol de vaca, se obtuvieron resultados inferiores en comparación con el testigo y los demás tratamientos. En aquellos tratamientos en que las plántulas mostraron mejores características agronómicas podría deberse a un mejor aporte en cuanto a contenido de nutrientes, una retención de humedad más apropiada y a un aumento de poblaciones de bacterias con un efecto benéfico en relación a la promoción del crecimiento (Berrospe-Ochoa *et al.*, 2010). La presencia de microorganismos benéficos puede promover la síntesis de compuestos reguladores del crecimiento y facilitar la disponibilidad de algunos nutrientes. Por ejemplo el uso de rizobacterias promueven el crecimiento, esto por la solubilización de fosfatos y producción de auxinas para producir plántulas de buena calidad, aparte de ser una alternativa para disminuir el uso de fertilizantes sintéticos y así reducir los efectos negativos que causan al ambiente y a los seres vivos (Mancilla *et al.*, 2017). Se puede explicar que al mezclar los diferentes sustratos hay mayor disponibilidad de nutrientes lo que hace que haya sinergismo y antagonismo entre los cationes e

iones similares de los elementos químicos, provocando mejores características fisiológicas en las plántulas (Gómez-Merino *et al.*, 2013). También el mejor desarrollo o crecimiento de las plántulas puede ser atribuido a la presencia de características físicas más apropiadas, como aireación y absorción (González *et al.*, 2014) y a características químicas adecuadas en términos de pH y CE (López-Baltazar *et al.*, 2013). En las dosis de fertilización no se observaron diferencias en las variables de PE, AP, Di, Ho, ClS, PSB y PSR aplicando 1.0 o 1.5 g de fertilizante en un litro de agua, lo que indica que no es necesario aplicar dosis altas de fertilizantes químicos cuando el sustrato a utilizar para la producción de plántulas de buena calidad incluye, como parte de sus componentes, abonos orgánicos comerciales o estiércoles locales, mismos que aportan cierta cantidad de nutrientes esenciales para el buen desarrollo de las plántulas en sus primeras etapas. En el caso de la longitud de raíz, no se observaron diferencias estadísticas significativas al aplicar el fertilizante químico a dosis de 0.5 o 1.0 g/l; sin embargo, los tratamientos en donde se aplicó la dosis al 1.5 g/l presentaron menor longitud de raíz, lo que indica, nuevamente, que no es estrictamente necesario utilizar altas dosis de fertilizantes químicos para producir plántulas de buena calidad. Por lo tanto, si se tiene un buen manejo de la fertilización nitrogenada podrán obtenerse resultados en cuanto a altura, diámetro, acumulación de materia seca y principalmente en las unidades de clorofila SPAD (Gómez-Merino *et al.*, 2013), que son indicadores de buena calidad. Los resultados indican que los abonos o estiércoles se pueden combinar con otros sustratos en proporciones al 20 y 40 % con una dosis de fertilización de 1.0 o 1.5 g/l para obtener plántulas de buena calidad.

Cuadro 3.4 Comparación de medias de los tratamientos y parcelas de estudio de variables de calidad en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero.

Factores de estudio Tratamientos	Variables							
	PE (%)	AP (cm)	Di (mm)	Ho	CIS	LR (cm)	PSB	PSR
1. Sol-20 %	97.91 a	10.58 a	2.22 a	7.38 a	40.28 abc	10.46 ab	1.51 abcd	0.77 ab
2. Sol-40 %	93.84 a	10.27 ab	2.34 a	7.45 a	39.85 abc	10.61 ab	1.58 abc	0.89 a
3. Sol-60 %	88.61 a	8.94 c	2.22 a	7.16 a	41.92 ab	9.36 bc	1.38 bcde	0.66 abc
4. Fer-20 %	98.51 a	10.32 a	2.37 a	7.29 a	39.5 abcd	10.52 ab	1.56 abc	0.71 abc
5. Fer-40 %	96.48 a	9.26 bc	2.2 a	7.25 a	40.25 abc	10.65 ab	1.32 cde	0.62 bc
6. Fer-60 %	43.65 b	5.21 d	1.82 b	5.75 b	33.95 e	6.25 d	0.7 f	0.25 d
7. EV-20 %	96.94 a	10.36 a	2.32 a	7.38 a	39.09 bcd	10.48 ab	1.59 ab	0.78 ab
8. EV-40 %	95.18 a	8.64 c	2.16 a	7.2 a	37.05 cde	10.12 ab	1.17 e	0.53 c
9. EV-60 %	13 c	4.69 d	1.71 b	5.12 c	28.23 f	8.01 c	0.45 f	0.19 d
10. EO-20 %	98.42 a	10.34 a	2.26 a	7.24 a	38.65 bcd	10.41 ab	1.49 bcd	0.63 bc
11. EO-40 %	98.79 a	10.19 ab	2.26 a	7.45 a	38.04 cd	9.97 ab	1.45 bcd	0.62 bc
12. EO-60 %	94.81 a	8.73 c	2.16 a	7.3 a	36.1 de	10.05 ab	1.25 de	0.59 bc
Testigo (Peat moss)	96.35 a	10.85 a	2.3 a	7.51 a	42.8 a	11.04 a	1.76 a	0.75 abc
DMS	13.68	1.05	0.21	0.49	3.7	1.67	0.27	0.23
Parcelas								
1. Fert-0.5 gr	85.81 a	8.25 b	2.07 b	6.62 b	35.4 b	10.05 a	1.12 b	0.65 a
2. Fert-1.0 gr	85.65 a	9.39 a	2.24 a	7.23 a	38.91 a	10.16 a	1.38 a	0.63 ab
3. Fert-1.5 gr	85.27 a	9.68 a	2.23 a	7.26 a	40.08 a	9.31 b	1.47 a	0.59 b
DMS	13.68	1.05	0.21	0.49	3.7	1.67	0.27	0.23

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMS= diferencia mínima significativa;

Sol= Solep; Fer= Fernalol; EV= estiércol vacuno; EO= estiércol ovino aplicados al 20, 40 y 60 % como componente de sustrato. Fert= fertilización a 0.5, 1.0 y 1.5 g/l. PE= porcentaje de emergencia; AP= altura promedio final; Di= diámetro promedio final; Ho= número de hojas promedio final; CIS= determinación de clorofila por unidades Spad; LR= longitud de raíz; PSB= peso seco de brote; PSR= peso seco de raíz.

En el Cuadro 3.5 se presentan las comparaciones de medias de los tratamientos y parcelas de estudio de los índices de calidad calculados a partir de las variables registradas en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero. El índice de esbeltez se relaciona con la capacidad de resistencia de la plántula al igual que con la capacidad fotosintética (Romero-Arenas *et al.*, 2012). El intervalo considerado para determinar si la plántula es de buena calidad debe de ser un valor menor a seis para que la planta sea resistente al viento, supervivencia y crecimiento en sitios secos, siendo una planta con mejor calidad, mientras que los valores superiores a ocho son plántula de baja calidad y se exponen a sufrir daños por sequía, heladas y por el viento (Sáenz *et al.*, 2010). El índice de calidad de Dickson es un indicador de calidad, pues se considera la robustez y el equilibrio de la biomasa en la parte aérea y el diámetro (Macedo-Delarmelinia *et al.*, 2015). Los intervalos para determinar si las plántulas son de buena calidad deben ser mayor a 0.5; valores de 0.5 a 0.2 presentan una calidad de la plántula media, mientras que los valores menores a 0.2 indican una baja calidad de las plántulas (Sáenz *et al.*, 2010). Este tipo de índices puede variar dependiendo según la especie, el tipo y proporción del sustrato, el volumen del alveolo y principalmente el momento en que se determinaron las variables (Tannure-Faria *et al.*, 2016). Estos dos índices indican que la plántula se encuentra equilibrada por la parte aérea y radicular obteniendo una plántula con un buen desarrollo (Romero-Arenas *et al.*, 2012). Los resultados obtenidos indican que en el IE todos los tratamientos presentan una buena calidad presentando valores menores a seis, mientras que en el ICD el mejor resultado fue en el tratamiento con abono Solep al 40 % por obtener un valor cercano al 0.5 clasificando a las plantas de este tratamiento como de alta o buena calidad; por el contrario, los demás se clasifican como plántula de media calidad, a excepción de los tratamientos con abono Fernaltol y el estiércol vacuno al 60 %, los cuales presentan una mala o baja calidad, pues los valores obtenidos son menor a 0.2.

En la variable de RPAR el valor superior se observó en el tratamiento con abono Fernatol al 60 % y el valor inferior se presentó en el abono Solep al 40 %. Las plántulas obtenidas en el abono Solep no exceden el valor de 2.5 en RPAR, esto indica que las plántulas pueden sobrevivir al trasplante en campo, ya que se evita que la transpiración sea menor que la capacidad de absorción (Reyes-Reyes *et al.*, 2005). En las variables de estabilidad y extracción se observó que en todos los tratamientos, a excepción del abono Fernatol y estiércol de vaca al 60 %, al extraer la plántula del alveolo se retiraba más del 90 % del sustrato junto con ella y con una dificultad en cuanto a la extracción considerada como de fácil a medio al retirar la plántula de la charola. La facilidad de extracción y la estabilidad de los tratamientos podría deberse a que presentan mejores características físicas, esto al no compactarse y teniendo una cohesión suficiente para que no se desprenda la raíz del cepellón y así no causar problemas en la raíz al momento del trasplante (González *et al.*, 2014). En las dosis de fertilización las variables de ICD y Ex no presentaron diferencias al aplicar cualquier dosis de fertilización, la variable de IE no presentó diferencias al aplicar dosis de 1.0 o 1.5 g/l, mientras que en la variable de RPAR se presentaron diferencias al aplicar alguna de las tres dosis de fertilización. Los resultados indican que al utilizar el abono orgánico comercial Solep en proporciones de 20 y 40 % se obtienen plántulas de buena calidad, esto demostrado por los diferentes índices antes mencionados.

Cuadro 3.5 Comparación de medias de los tratamientos y parcelas de estudio de los índices de calidad evaluados en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero.

Tratamientos	Índices de Calidad				
	IE	ICD	RPAR	Es	Ex
1. Sol-20 %	4.78 a	0.34 ab	2.07 b	2.91 a	1.16 cd
2. Sol-40 %	4.38 abc	0.4 a	1.88 b	3.0 a	1.25 bcd
3. Sol-60 %	4.03 c	0.33 ab	2.36 ab	3.0 a	1.83 b
4. Fer-20 %	4.39 abc	0.35 ab	2.25 b	3.0 a	1.33 bcd
5. Fer-40 %	4.21 bc	0.3 ab	2.18 b	2.91 a	1.66 bcd
6. Fer-60 %	2.86 d	0.17 c	3.1 a	1.5 c	3.0 a
7. EV-20 %	4.46 abc	0.36 ab	2.17 b	3.0 a	1.58 bcd
8. EV-40 %	4.01 c	0.27 b	2.33 ab	2.91 a	1.75 bc
9. EV-60 %	2.75 d	0.12 c	2.56 ab	2 b	2.83 a
10. EO-20 %	4.56 ab	0.3 ab	2.41 ab	3.0 a	1.58 bcd
11. EO-40 %	4.5 abc	0.3 b	2.45 ab	3.0 a	1.33 bcd
12. EO-60 %	4.04 c	0.3 b	2.23 b	3.0 a	1.66 bcd
Testigo (Peat moss)	4.69 ab	0.35 ab	2.41 ab	3.0 a	1.08 d
DMS	0.49	0.09	0.8	0.37	0.65
Parcela					
1. Fert-0.5 gr	3.96 b	0.3 a	1.87 c	2.73 b	1.76 a
2. Fert-1.0 gr	4.16 a	0.31 a	2.39 b	2.88 a	1.67 a
3. Fert-1.5 gr	4.27 a	0.29 a	2.76 a	2.75 b	1.65 a
DMS	0.16	0.03	0.27	0.12	0.21

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMS= diferencia mínima significativa; Sol= Solep; Fer= Fernetol; EV= estiércol vacuno; EO= estiércol ovino aplicados al 20, 40 y 60 % como componente de sustrato. Fert= fertilización a 0.5, 1.0 y 1.5 g/l. IE= índice de esbeltez; ICD= índice de calidad de Dickson; RPAR= relación del peso seco de la parte aérea y peso seco de la raíz en gr; Es= estabilidad del sustrato; Ex= facilidad de extracción de la plántula.

En el Cuadro 3.6 se presentan los cuadrados medios de las cantidades de clorofila **a**, **b** y total en las plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero. Se puede apreciar que existen diferencias estadísticamente significativas a $p < 0.001$ en clorofila **a**, **b** y total entre los tratamientos, dosis y la interacción TxD. Estas diferencias se deben a que el contenido de nitrógeno está relacionado con el contenido de clorofila (Gómez-Merino *et al.*, 2013); es decir, es evidente que hay un efecto directo sobre la cantidad de pigmentos fotosintéticos producidos por las plántulas como consecuencia de las diferentes concentraciones de abonos y estiércoles y por las diferentes dosis de fertilización química que se aplicaron. El contenido de clorofila está asociado al color verde de las hojas, debido a que el N es necesario para la síntesis de la clorofila (Betancourt-Olvera *et al.*, 2005; Rincón-Castillo y Ligarreto, 2010); el contenido de clorofila también se encuentra relacionado con el estado nutricional, el establecimiento y sobrevivencia de las plántulas en campo, esto se debe a que el potencial del sistema fotosintético empieza a convertir la energía lumínica en energía química, el N excedente formará parte de los compuestos de reserva, ayudando a la sobrevivencia, establecimiento, aumento de la tasa fotosintética, la acumulación de la biomasa y al aumento del rendimiento del cultivo (Gómez-Merino *et al.*, 2013; Rincón-Castillo y Ligarreto, 2010).

Cuadro 3.6 Cuadrados medios de cantidades de clorofila a, b y total en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero.

Fuente de Variación	gl	Clorofila (mg/l)		
		Cla	Clb	CIT
Modelo	38	0.3879 ***	0.4462 ***	48.8989 ***
Tratamiento (T)	12	0.5815 ***	0.7165 ***	63.2655 ***
Dosis (D)	2	0.1248 ***	1.7933 ***	14.4167 ***
T*D	24	0.3129 ***	0.1986 ***	44.5892 ***
CV		4.9875	10.2352	5.1552

CV= coeficiente de variación; gl= grados de libertad; Sol= Solep; Fer= Fernetol; EV= estiércol vacuno; Cla= Clorofila a; Clb= Clorofila b; CIT= Clorofila Total. ns= diferencia no significativa; *, ** y ***= diferencias significativas a $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$, respectivamente.

En el Cuadro 3.7 se muestran las comparaciones de medias de los tratamientos y parcelas de estudio de los índices de calidad en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero. Se observaron diferencias entre tratamientos para clorofila **a**, **b** y total. El tratamiento que incluyó al abono orgánico comercial Fernetol en proporción de 20 % presentó un valor numéricamente superior en contenido de clorofila **a** y total, mientras que el tratamiento con el abono orgánico comercial Solep al 20 % tuvo el mayor contenido de clorofila **b**. Las menores cantidades de clorofila **a** se obtuvieron en el tratamiento de estiércol de ovino al 20 %, mientras que la menor cantidad de clorofila **b** y total se presentó en el tratamiento de estiércol de vacuno al 60 %. La disminución de clorofila puede deberse a la fitotoxicidad que induce una inhibición de las enzimas metabólicas, también puede ser por estrés, reduciendo el tamaño de los estomas provocando menor tasa fotosintética (Elloumi *et al.*, 2017). En la dosis de fertilización se observa que el mayor contenido de clorofila se presentó al aplicar la

dosis de 1.5 g/l. Este aumento de clorofila se puede atribuir a que el tipo de fertilizante contiene nitrógeno y una dosis de 1.5 g/l aporta una gran cantidad, provocando que las hojas contengan gran cantidad de nitrógeno y con esto sean capaces de sintetizar una mayor cantidad de clorofila, aumentando la acumulación de biomasa (Gómez-Merino *et al.*, 2013). Los resultados indican que el abono Fernatol y Solep al 20 % y dosis de fertilización del 1.5 g/l aumentan el contenido de nitrógeno y esto a su vez el contenido de clorofila en las hojas.

Cuadro 3.7 Comparación de medias de los tratamientos y parcelas de estudio de índices de calidad en plántulas de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato en invernadero.

Fuentes de Variación Tratamientos	Clorofila (mg/l)		
	Cla	C1b	CIT
1. Sol-20 %	2.7491 ab	1.6095 a	30.5849 bc
2. Sol-40 %	2.8590 ab	1.3448 bc	32.6917 ab
3. Sol-60 %	2.7706 ab	1.5240 ab	31.0879 ab
4. Fer-20 %	2.8950 a	1.1971 cd	33.5461 a
5. Fer-40 %	2.8131 ab	1.1465 cd	32.6429 ab
6. Fer-60 %	2.6436 bc	1.0573 d	30.7303 abc
7. EV-20 %	2.8255 ab	1.4878 ab	31.8816 ab
8. EV-40 %	2.7276 ab	1.3359 bc	31.0478 ab
9. EV-60 %	1.9415 d	0.5939 e	23.0593 d
10. EO-20 %	2.4216 c	0.9862 d	28.1022 c
11. EO-40 %	2.6136 bc	1.0146 d	30.4641 bc
12. EO-60 %	2.6305 bc	1.0926 d	30.4681 bc
Testigo (Peat moss)	2.8340 ab	1.4906 ab	31.9819 ab
DMS	0.2483	0.2331	2.9438
Parcela			
1. Fert-0.5 gr	2.6407 b	0.9761 b	30.9113 ab

2. Fert-1.0 gr	2.6363 b	1.3160 a	29.9409 b
3. Fert-1.5 gr	2.7364 a	1.3726 a	31.0606 a
DMS	0.0905	0.085	1.0733

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMS= diferencia mínima significativa; Sol= Solep; Fer= Fernatol; EV= estiércol vacuno; EO= estiércol ovino aplicados al 20, 40 y 60 % como componente de sustrato. Fert= fertilización al 0.5, 1.0 y 1.5 g/l. Cla= Clorofila a; Clb= Clorofila b; CIT= Clorofila Total.

En la Figura 3.1, se presentan las tasas de crecimiento de los tratamientos evaluados en la producción de plántula de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato. Se observa que el testigo, T1, T2, T4, T7, T10 y T11 presentaron un crecimiento similar, siendo las plantas con mayor altura, seguidos de los tratamientos T3, T5, T8 y T12 lo cuales obtuvieron un crecimiento intermedio y por último los tratamientos T6 y T9 presentaron el menor crecimiento en todo el ciclo. Estos resultados se pueden deber a que las proporciones de abono o estiércol combinados con vermiculita y Peat moss, contienen mayores concentraciones de hormonas de crecimiento como auxinas y ácidos húmicos producidos por los microorganismos de los materiales utilizados, obteniendo tasas de crecimiento mayores (Manh y Wang, 2014).

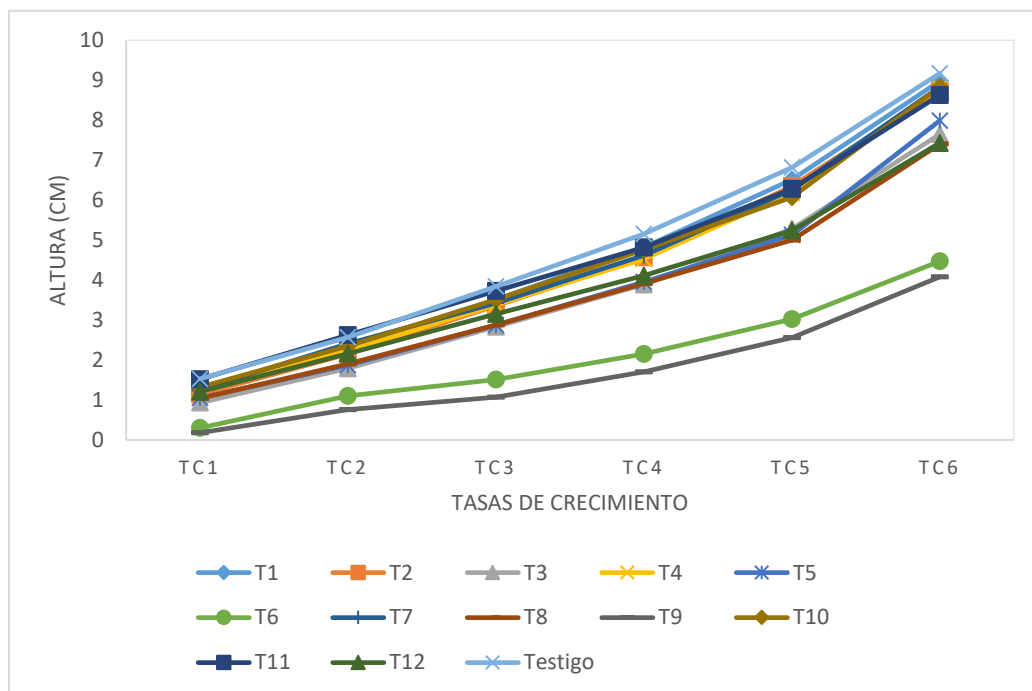


Figura 3.1 Tasa de crecimiento de los tratamientos evaluados en la producción de plántula de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato.

En la Figura 3.2 se presentan las tasas de crecimiento por efecto de las dosis de fertilización evaluadas en la producción de chile ‘Poblano’ usando diferentes componentes de sustrato. Se puede apreciar que el crecimiento de las plántulas con dosis de fertilización a 1.5 y 1.0 g/l son las que mayor altura obtuvieron, mientras que en la dosis de 0.5 g/l se presentó el menor crecimiento de las plántulas. Cabe resaltar que se puede utilizar la dosis de 1.0 g/l ya que este obtendrá un crecimiento igual o semejante al aplicar una dosis al 1.5 g/l. El mejor crecimiento de las plántulas a dosis de 1.0 y 1.5 g/l se puede deber a que las concentraciones de NPK del fertilizante aplicado son elevadas y es fácilmente absorbido, por ser de reacción rápida (Meng *et al.*, 2017).

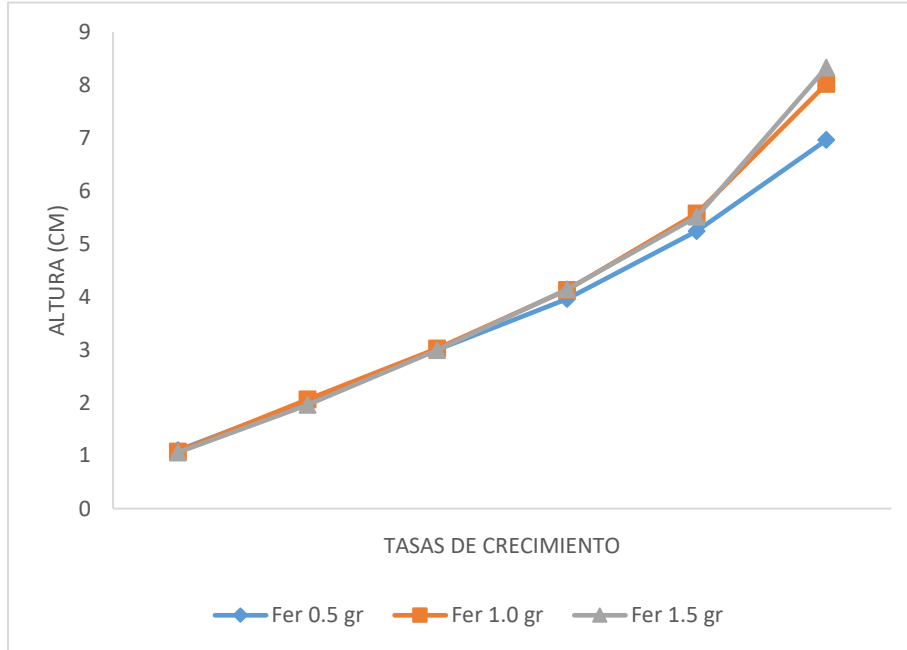


Figura 3.2 Tasas de crecimiento de las parcelas evaluadas en la producción de plántula de chile ‘Poblano’ producidas con diferentes componentes de sustrato.

3.6 Conclusiones

La utilización del abono orgánico comercial Solep en proporción de 20 % en cuanto a volumen como componente de sustrato es recomendable para producir plántulas de buena calidad. La mejor calidad de la plántula obtenida estuvo determinada por las variables de altura, diámetro y longitud de raíz, pero principalmente por los índices de esbeltez y calidad de Dickson. Se debe considerar que al utilizar abonos orgánicos comerciales o estiércoles disponibles localmente como componentes de sustratos, estos no deben de exceder del 40 % del volumen total, puesto que esto ocasiona una mala calidad de la plántula e incluso la nula germinación y emergencia de las mismas debido a posibles efectos fitotóxicos de concentraciones elevadas.

La aplicación de fertilización química en dosis de 1.0 y 1.5 g/l produce plántulas de buena calidad, debido a que aportan una mayor cantidad de nutrientes, principalmente en cuanto al contenido de nitrógeno, asociado directamente con una mayor contenido de los diferentes tipos de clorofila. Por lo tanto, no es necesario aplicar dosis altas de fertilizantes químicos para producir plántulas de buena calidad.

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados y a CONACYT, por el apoyo económico para realizar la investigación. A la unidad de Prestadores de Servicios Profesionales (PSP) de la Unidad Académica Regional Huejotzingo del Campus Puebla y al Ing. Neftalí Cansino Juárez por su apoyo en la siembra, registro de variables y aplicación de productos químicos durante la producción de la plántula de chile ‘Poblano’. A los ingenieros José Juan Méndez Castilla y Jovani Tepato Barba por su apoyo en la cosecha y registro de datos de la plántula de chile Poblano. Y a la Lic. Angélica Cid Hernández por el apoyo en la tabulación y codificación de los datos de la investigación.

3.7 Literatura citada

- Abid, W., Magdich, S., Mahmoud, I. B., Medhioub, K., y Ammar, E. 2018. Date Palm Wastes Co-composted Product: An Efficient Substrate for Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Seedling Production. *Waste and Biomass Valorization*, 9(1), p, 45-55. DOI 10.1007/s12649-016-9767-y
- Aguilar B, G., y Peña V, C. B. 2006. Alteraciones fisiológicas provocadas por sequía en nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(3), p, 231-237. Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61029307>> ISSN 0187-7380
- Berrospe-Ochoa, E. A., Ordaz-Chaparro, V. M., Rodríguez-Mendoza, M. D. L. N., y Quintero-Lizaola, R. 2012. Cachaza como sustrato para la producción de plántula de tomate. *Revista*

- Chapingo. Serie horticultura, 18(1), p, 141-156. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v18n1/v18n1a10.pdf>
- Betancourt-Olvera, M., Rodríguez-Mendoza, M., Sandoval-Villa, M., y Gaytán-Acuña, E. 2005. Fertilización foliar una herramienta en el desarrollo del cultivo de *lilium cv. Stargazer*. Revista Chapingo Serie Horticultura, 11 (2), p, 371-378. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60911227>> ISSN 1027-152X
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarín-Montoya, R., Robles-Bermúdez, A., y Juárez-López, P. 2013. Sustratos en la horticultura. Revista Bio Ciencias, 2(2), p, 17-26. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945029003>> ISSN 0122-8706
- Elloumi, N., Belhaj, D., Jerbi, B., Zouari, M., y Kallel, M. 2017. Effects of sewage sludge on bio-accumulation of heavy metals in tomato seedlings. Spanish Journal of Agricultural Research, 14(4), e0807, 13 p. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016144-9210>
- García-Morales, C., O. R. Taboada-Gaytán, H. López-Sánchez, P. A. López, G. Mora-Aguilera y B. Tlapal-Bolaños. 2011. Calidad de plántulas de chile 'Poblano' en la Sierra Nevada de Puebla, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 34(2), p, 115-121. <http://scielo.unam.mx/pdf/rfm/v34n2/v34n2a10.pdf>
- Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I., García-Albarado, J. C., y Morales-Ramos, V. 2013. Lulo (*Solanum quiroense* Lamarck.) como nuevo elemento del paisaje en México: germinación y crecimiento en sustratos orgánicos. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 4(spe5), p, 877-887. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4nspe5/v4spe5a2.pdf>
- González, R., González, G., Acevedo, I., González, M. E., y Contreras, J. 2014. Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annum* L.) con sustrato a base de cachaza compostada. Rev. Fac. Agron, (Supl 1), p, 182-190. Disponible en: http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/suplemento_2014/bot/botsupl12014182190.pdf
- Guzmán, M., and A. Sánchez 2003. Influence of nitrate and calcium increments on development, growth and early yield in sweet pepper plants. In *International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment* 609, p, 207-211. [https://doi.org/ 207-212, 10.17660/ActaHortic.2003.609.29](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.609.29)
- Jayasinghe, G. Y., Arachchi, I. L., y Tokashiki, Y. 2010. Evaluation of containerized substrates developed from cattle manure compost and synthetic aggregates for ornamental plant

- production as a peat alternative. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), p, 1412-1418. doi:10.1016/j.resconrec.2010.06.002
- López-Baltazar, J., Méndez-Matías, A., Pliego-Marín, L., Aragón-Robles, E., y Robles-Martinez, M. L. 2013. Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(SPE6), p, 1139-1150. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4nspe6/v4spe6a6.pdf>
- Macedo-Delarmelina, W., Winckler-Caldeira, M. V., Tannure-Faria, J. C., y Cassani-Lacerda, L. 2015. Uso de resíduo orgânico em substrato para produção de *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip var. latistipula (Benth.). *CERNE*, 21(3), p, 429-437. DOI:10.1590/01047760201521031439
- Magdaleno-Villar, J. J., Peña-Lomelí, A., Castro-Brindis, R., Castillo-González, A. M., Galvis-Spinola, A., Ramírez-Pérez, F., y Hernández-Hernández, B. 2006. Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), p, 223-229. <http://www.redalyc.org/pdf/609/60912214.pdf>
- Mancilla, A. G., Suárez, J. J. A., Cerrato, R. F., Guzmán, M. D. P. R., Gaytán, O. R. T., Santos, A. T.,... y Garibay, R. I. A. 2017. Caracterización y selección de Rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de chile Poblano (*Capsicum annuum* L.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(3), p, 463-474. DOI: <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2017.33.03.09>
- Manh, V. H., y Wang, C. H. 2014. Vermicompost as an important component in substrate: Effects on seedling quality and growth of muskmelon (*Cucumis melo* L.). *APCBEE Procedia*, 8, p, 32-40. doi: 10.1016/j.apcbee.2014.01.076
- Meng, X., Dai, J., Zhang, Y., Wang, X., Zhu, W., Yuan, X. ... y Cui, Z. 2017. Composted biogas residue and spent mushroom substrate as a growth medium for tomato and pepper seedlings. *Journal of Environmental Management* xxx, p, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.056>
- Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Díaz-Ruiz, R., y Ocampo-Mendoza, J. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Ra Ximhai*, 6(3), p, 365-372. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/461/46116015005.pdf>

- Piña, M., y Arboleda, M. E. 2010. Efecto de dos ambientes lumínicos en el crecimiento inicial y calidad de plantas de *Crescentia cujete*. *Bioagro*, 22(1), p, 61-66. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612010000100008&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1316-3361.
- Puerta, A. C. E., Russián, L. T., y Ruiz, S. C. A. 2012. Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) en sustratos orgánicos a base de mezclas con fibra de coco. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2), p, 298-306. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4688395>
- Reyes-Reyes, J., Aldrete, A., Cetina-Alcalá, V. M., y López-Upton, J. 2005. Producción de plántulas de *Pinus pseudostrobus* Var. *apulcensis* en sustratos a base de Aserrín. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 11(2), p, 105-110. Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62911205>> ISSN 2007-3828
- Rincón-Castillo, Á., y Ligarreto, G. 2010. Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11 (2), p, 122-128.
- Rodríguez-Macías, R., Alcantar González, E. G., Iñiguez Covarrubias, G., Zamora Natera, F., García López, P. M., Ruiz López, M. A., y Salcedo Pérez, E. 2010. Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero. *Interciencia*, 35(7), p, 515-520. Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33914381008>> ISSN 0378-1844
- Romero-Arenas, O., López-Escobedo, R., Damián-Huato, M. Á., Hernández-Treviño, I., Parraguirre-Lezama, J. F., y Huerta-Lara, M. 2012. Evaluación del residuo de cáscara de nuez (*Juglans regia* L.) en la producción de plántulas de *Pinus patula*, en vivero. *Agronomía Costarricense*, 36(2), p, 103-110. Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43625500009>> ISSN 0377-9424
- Sáenz, R J. T.; Villaseñor R. J.; Muñoz F. H. J.; Rueda S. A. y Prieto R. J. A. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacan, México. 48 p. Disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1289/CALIDAD>

%20DE%20PLANTA%20EN%20VIVEROS%20FORESTALES%20DE%20CLIMA%20
0TEMPLADO%20EN%20MICHOACAN.pdf?sequence=1

- SAS Institute Inc. Base SAS® 9.4 Procedures Guide. 2013. Statistical Procedures, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. Disponible en: <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/procstat/66703/PDF/default/procstat.pdf>
- Siqueira, G. M., y Maruyama, W. I. 2009. Desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) en sustratos de corteza de pino y humus de lombriz. Revista de Ciências da Vida, 29(2), 7 p. <http://www.editora.ufrj.br/rcv2/vida%2029-2/H%2063-69.pdf>
- Tannure-Faria, J. C., Winckler Caldeira, M. V., Macedo Delarmelina, W., y Frinhani Rocha, R. L. 2016. Substratos alternativos na produção de mudas de *Mimosa setosa* Benth. Ciência Florestal, 26(4), p, 1075-1086. Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53449110004>> ISSN 0103-9954
- Tuzel, Y., y Oztekin, G. B. 2015. Organic seedling production. In International Symposium on New Technologies and Management for Greenhouses-GreenSys2015 1170, p, 1141-1148. DOI 10.17660/ActaHortic.2017.1170.147
- Tuzel, Y., Oztekin, G. B., y Tan, E. 2014. Use of different growing media and nutrition in organic seedling production. In XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): 1107, p, 165-175. DOI 10.17660/ActaHortic.2015.1107.22

DISCUSIÓN GENERAL

Las prácticas agrícolas que representan innovaciones tecnológicas potenciales pueden o no ser aceptadas o implementadas por los productores en sus cultivos, debido a que existen diferentes factores que influyen en esta aceptación como la edad, escolaridad, nivel de tecnología, capital, infraestructura, conocimientos adquiridos y falta de incentivos que influyen en la generación o adopción de nuevas prácticas agrícolas (Oyewole y Ojeleye, 2015). El conocimiento que existe entre los productores de plántula de chile ‘Poblano’ es variado respecto a que características, tipo, proporción, dosis o combinación de abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales o fertilización química les ayudará a producir plántula de buena calidad.

Los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla se clasificaron en cuatro grupos, que se formaron de acuerdo a la producción o no de la plántula de chile Poblano utilizando abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilizantes químicos o una combinación de este tipo de materiales. Se encontraron productores que si producen su plántula utilizando abonos comerciales, estiércoles y fertilización química; otros agricultores se destacan por no producir su plántula debido a que la compran en la misma localidad o en otras localidades aledañas o le pagan a otra persona para que le produzca la plántula que necesita (mandan a maquilar); un grupo más es el de aquellos agricultores que producen su plántula pero solo utilizan estiércol y fertilización química y, adicionalmente, reciben asesoría para el manejo de la producción; el último grupo utiliza los mismos materiales para la fertilización de sus plántulas, pero se diferencia del anterior por que estos no reciben ningún tipo de asistencia técnica. Es importante resaltar que los factores que influyen para que ocurra la aceptación o generación de tecnología son la edad y el nivel de escolaridad. Esta información nos ayuda a entender que existen factores que limitan el uso de nuevas prácticas agrícolas o de generación de estas (Oyewole y Ojeleye, 2015), pero al mismo

tiempo indica también que la producción de plántulas de chile poblano de buena calidad es uno de los aspectos del proceso de producción de suma importancia por los ingresos que genera a las familias de la Sierra Nevada de Puebla el buen establecimiento de este cultivo (Rodríguez *et al.*, 2007). Nos indica también que el uso de abonos comerciales y estiércoles ayudan a mejorar la producción del cultivo siendo no estrictamente necesaria la aplicación de fertilizantes químicos (Ribeiro *et al.*, 2000).

Las características física, químicas, biológicas y microbiológicas de los abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y el Peat moss deben presentar parámetros aceptables para poder ser utilizados como sustrato o componentes de sustrato. Se encontró que el abono comercial Solep y el estiércol vacuno presentaron valores adecuados en pH, CE, % de MO, relación C/N, sodio asimilable, metales pesados y nula presencia de *E. coli* y *Salmonella*, por lo que son apropiados para poder ser utilizados como sustratos o componentes de sustratos para la producción de la plántula de chile ‘Poblano’ de buena calidad. Se debe considerar la proporción en que se aplican estos materiales orgánicos; esta proporción no debe ser mayor a 20 % en diluciones, pues si se rebasa de este porcentaje puede afectar las características del material y los beneficios que de su aplicación se obtiene (Tombion *et al.*, 2016), provocando inhibición en la germinación y un bajo crecimiento de las plántulas (Martínez *et al.*, 2016; Torres *et al.*, 2016). Adicionalmente, se puede presentar fitotoxicidad como una características de productos inmaduros y que, por eso, carecen de compuestos fitoestimulantes (Torres *et al.*, 2016), de esto depende también la presencia de bacterias totales y de hongos (Cisneros *et al.*, 2016; Garbanzo y Vargas, 2017).

A pesar de que se ha encontrado literatura donde aplican proporciones desde el 20 a 100 %, siendo productos que se pueden usar como sustratos, esto también depende del origen del abono o de los residuos con los que están elaborados (Tombion *et al.*, 2016; Gómez-Merino *et al.*, 2013).

La producción de plántula de buena calidad depende en buena medida del tipo de sustrato o de la proporción en que se mezclen sus componentes, al igual que por el tipo y dosis de fertilización química aplicada; ambas fuentes de nutrientes contribuyen en el desarrollo inicial de la plántula. Se encontró que el abono orgánico comercial Solep, en proporción de 20 % en cuanto a volumen, produce plántulas de buena calidad dada por una mayor altura, diámetro, longitud de raíz, pero principalmente por los valores obtenidos en los índices de esbeltez y calidad de Dickson. Mientras que en la aplicación de la fertilización química la dosis de 1.0 y 1.5 g/l de la fórmula 20-18-20 favorece la obtención de plántulas de buena calidad. La aplicación de diferentes mezclas tanto de productos orgánicos como de fertilizantes químicos, ayuda a mejorar las características fisiológicas de las plántulas, esto por la disponibilidad de nutrientes que provoca el sinergismo y antagonismo entre los cationes y aniones. Los fertilizantes con mayor base nitrogenada ayudan a obtener mejores resultados en altura, diámetro, acumulación de materia seca y unidades de clorofila (Gómez-Merino *et al.*, 2013), lo que resulta en la obtención de una buena calidad de la plántula.

Los resultados de esta investigación sugieren que es necesario enfocarse en estrategias sobre una adecuada fertilización en la producción de plántula de Chile ‘Poblano’. Para formular este tipo de estrategias debemos tomar en cuenta el conocimiento tradicional de los agricultores, en relación al uso de los diferentes abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilizantes químicos, así como las dosis o combinaciones que ellos utilizan para mejorar la calidad de su plántula. Esto a su vez ayudará a disminuir el uso de productos químicos, en la medida en que haya una mayor utilización de los desechos de su ganado y que estén disponibles localmente o en la misma región. Una estrategia más es el determinar y dar a conocer las características físicas, químicas, biológicas o microbiológicas que poseen los abonos o estiércoles que utilizan y así definir si es conveniente

el que sean utilizados como sustrato o componentes de sustrato, para mejorar la calidad de la plántula. Por último, el utilizar las proporciones más adecuadas de los abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y diferentes dosis de fertilización química puede ser de utilidad para mejorar la calidad de la plántula de chile ‘Poblano’.

Si las estrategias se llevan a cabo con la puesta en práctica de los resultados obtenidos en esta investigación, se contribuirá a precisar que manejo de fertilización es el más adecuado para obtener plántula de buena calidad, tomando como base el conocimiento que los productores han generado al respecto; el obtener plántula de buena calidad es un reto que enfrentan los productores de chile Poblano de la Sierra Nevada de Puebla debido a que con esto se contribuirá a disminuir sustancialmente las pérdidas que tienen cuando establecen el cultivo en campo con plantas que no cumplen con los estándares de calidad requeridos.

1. Literatura citada

- Cisneros R., C., Sánchez de P., M., y Menjivar F., J. 2016. Influencia de microorganismos solubilizadores de fósforo del suelo y su absorción por Plántulas de café. *Bioagro*, 28(2), p, 95-106. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/857/85745749004.pdf>
- Garbanzo León, G., y Vargas Gutiérrez, M. 2017. Actividad microbial en sustratos y análisis de crecimiento en almácigos de tomate en Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Ciencias Hortícolas*, 11(1), p, 159-169. Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5716>.
- Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I., García-Albarado, J. C., y Morales-Ramos, V. 2013. Lulo (*Solanum quiroense* Lamarck.) como nuevo elemento del paisaje en México: germinación y crecimiento en sustratos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(spe5), p, 877-887. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4nspe5/v4spe5a2.pdf>
- Martínez, M., Ortega, R., Janssens, M., Angulo, J., y Fincheira, P. 2016. Selection of maturity indices for compost derived from grape pomace. *Journal of soil science and plant nutrition*, (AHEAD). 16(2), p, 262-267. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162016005000021>.

- Oyewole, S. O., y Ojeleye, O. A. 2015. Factors influencing the use of improved farm practices among small-scale farmers in Kano State of Nigeria. *Net Journal of Agricultural Science*, 3(1), 1-4. Disponible en: <http://www.netjournals.org/pdf/NJAS/2015/1/14-037.pdf>
- Ribeiro, L. G., Lopes, J. C., Martins Filho, S., y Ramalho, S. S. 2000. Adubação orgânica na produção do pimentão. *Horticultura Brasileira*, 18(2), p, 134-137. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v18n2/v18n2a12>
- Rodríguez, J., Peña-Olvera, B., Gil-Muñoz, A., Martínez-Corona, B., Manzo, F., y Salazar-Liendo, L. 2007. Rescate in situ del chile `poblano´ en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30 (1), p, 25-32. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61030103>> ISSN 0187-7380
- Tombion, L., Puerta, A. V., Barbaro, L. A., Karlanian, M. A., Sangiacomo, M. A., y Garbi, M. 2016. Características del sustrato y calidad de plantines de lechuga (*Lactuca sativa* L.) según dosis de lombricompost. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 32(1), p, 46-52. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902016000100005>. Disponible en: http://www.scielo.cl/pdf/chjaasc/v32n1/art_05.pdf
- Torres, D., Mendoza, B., Marco, L. M., y Gómez, C. 2016. Riesgos de salinización y sodificación por el uso de abonos orgánicos en la depresión de Quíbor-Venezuela. *Multiciencias*, 16(2), p, 133-142. Disponible en: <http://200.74.222.178/index.php/multiciencias/article/view/22726/22555>

CONCLUSIONES GENERALES

El uso de abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilizantes químicos en la producción de plántula de chile ‘Poblano’, es un conocimiento empírico que han generado y que poseen los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla, pero existen algunos factores que limitan la generación o adopción de nuevas tecnologías, como es la edad, escolaridad y desconocimiento de nuevas prácticas agrícolas por parte de los productores, desinterés de las nuevas generaciones en la actividad agrícola y la consecuente dificultad para transmitir los conocimientos generados en torno al manejo de la fertilización de las plántulas de chile ‘Poblano’. El manejo de una adecuada fertilización de las plantas depende de las características propias del material orgánico o químico aplicado y en este estudio encontramos que los productores no conocen con precisión que proporciones o combinaciones de estos productos son las más apropiadas para obtener plántulas de chile ‘Poblano’ de buena calidad.

El abono orgánico comercial Solep y el estiércol vacuno evaluados presentaron características adecuadas para poder ser utilizados como sustratos o componente de sustrato en los siguientes parámetros: pH, CE, % MO, relación C/N, valores de metales pesados dentro de los intervalos establecidos, considerándolos como de Clase A, sin presencia de *E. coli* y *Salmonella*, lo que los hace apropiados para la producción de cultivos y sin riesgo de contaminación de los productos obtenidos. Los valores de los índices de fitotoxicidad, indican que los materiales evaluados presentan alta toxicidad a concentraciones del 20 % en diluciones para bioensayo en especies indicadoras, ocasionando bajos porcentajes de germinación y reducido crecimiento radicular.

El abono orgánico comercial Solep en proporción de 20 % en cuanto a volumen como componente de sustrato es recomendable para producir plántula de buena calidad. La mejor calidad de la plántula obtenida estuvo determinada por las variables de altura, diámetro y longitud de raíz, pero

principalmente por los índices de esbeltez y calidad de Dickson. Se debe considerar que al utilizar abonos orgánicos comerciales o estiércoles disponibles localmente como componentes de sustratos, estos no deben de exceder del 40 % del volumen total, puesto que esto ocasiona una mala calidad de la plántula e incluso la nula germinación y emergencia de las mismas debido a posibles efectos fitotóxicos de concentraciones elevadas. La aplicación de fertilización química en dosis de 1.0 y 1.5 g/l produce plántulas de buena calidad, debido a que se aporta una mayor cantidad de nutrientes, principalmente en cuanto al contenido de nitrógeno, asociado directamente con un mayor contenido de los diferentes tipos de clorofila. Por lo tanto, no es necesario aplicar dosis altas de fertilizantes químicos para producir plántulas de buena calidad.