



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS PUEBLA**

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

### **CONOCIMIENTO CAMPESINO Y USO DE ABONOS ORGÁNICOS Y FERTILIZANTES QUÍMICOS EN LA PRODUCCIÓN DE FRUTO DE CHILE POBLANO**

**ANA MARÍA TLELO CUAUTLE**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**PUEBLA, PUEBLA**

**2017**



## 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 **Ana María Tlelo Cuautle**, 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 **Conocimiento campesino y uso de abonos orgánicos y fertilizantes químicos en la producción de fruto de chile Poblano**, 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 2017.

\_\_\_\_\_  
Ana María Tlelo Cuautle

\_\_\_\_\_  
Vo. Bo. Profesor Consejero  
Dr. Oswaldo Rey Taboada Gaytán

La presente tesis, titulada: **Conocimiento campesino y uso de abonos orgánicos y fertilizantes químicos en la producción de fruto de chile Poblano**, realizada por la alumna: **Ana María Tlelo Cuautle**, 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. HIGINIO LÓPEZ SÁNCHEZ

ASESOR:



---

DR. JAVIER CRUZ HERNÁNDEZ

ASESOR:



---

DR. IGNACIO OCAMPO FLETES

ASESOR:



---

DR. JUAN CARLOS VELÁZQUEZ ARADILLAS

Puebla, Puebla, México, 9 de marzo del 2017

# CONOCIMIENTO CAMPESINO Y USO DE ABONOS ORGÁNICOS Y FERTILIZANTES QUÍMICOS EN LA PRODUCCIÓN DE FRUTO DE CHILE POBLANO

Ana María Tlelo Cuautle, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2017

Los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla utilizan fertilizantes orgánicos y químicos en el cultivo de chile Poblano; sin embargo, no se han realizado estudios para definir la mejor combinación para aumentar el rendimiento de fruto. El objetivo de la investigación fue documentar el nivel de conocimiento del agricultor sobre el uso de abonos orgánicos y fertilizantes químicos en el cultivo de chile Poblano y evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes químicos más abonos orgánicos en la producción de fruto. Se aplicó un cuestionario a 50 agricultores de 14 localidades en nueve municipios localizados en la Sierra Nevada de Puebla. Adicionalmente, en abril de 2015 se estableció un experimento con tres fórmulas químicas y abonos orgánicos (comercial SOLEP, ovino, vacuno) así como sus posibles combinaciones. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar donde se evaluaron 39 tratamientos con dos repeticiones. Los resultados muestran que el 72 % de los agricultores han aplicado algún tipo de estiércol, 98 % aplican fertilizantes químicos y 58 % combinan estiércol más fertilizantes químicos. También se encontró que la aplicación de estiércol ovino a  $15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  más fertilizante químico con fórmula 80-40-80 (NPK) genera un mayor rendimiento ( $35.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de fruto en verde), mayor altura de planta (74 cm) y mayor número de frutos por planta (22 frutos). El uso de abonos orgánicos y fertilizantes químicos es una práctica común entre los agricultores, pero no se conoce con precisión una combinación que permita incrementar el rendimiento de fruto. La aplicación de estiércol ovino a nivel alto en combinación con fertilizante químico a nivel medio genera un aumento en el rendimiento de chile Poblano.

Palabras clave: Agricultores, chile Poblano, conocimiento, fertilización, rendimiento.

# TRADITIONAL KNOWLEDGE AND USE OF ORGANIC AND CHEMICAL FERTILIZERS IN THE PRODUCTION OF FRUIT OF POBLANO PEPPER

Ana María Tlelo Cuautle, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2017

Farmers in the Sierra Nevada of Puebla use organic and chemicals fertilizers in the Poblano pepper crop as a common practice; however, no studies have been conducted in order to know the effect they can have on the increase of fruit yield. The objective of the research was to document the level of knowledge of the farmer on the use of organic and chemical fertilizers in the Poblano pepper crop and to evaluate the effect of the application of chemical plus organic fertilizers on fruit production. A questionnaire was applied to 50 farmers from 14 localities in nine municipalities located in the Sierra Nevada of Puebla. In addition, an experiment was established with three chemical formulas and organic fertilizers (commercial SOLEP, sheep, cattle) as well as their possible combinations. A randomized complete block design with 39 treatments with two replicates was established on April, 2015. The results show that 72 % of the farmers have applied some type of manure, 98 % apply chemical fertilizers and 58 % combine manure and chemical fertilizers. It was also found that the application of sheep manure to  $15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  plus chemical fertilizer with formula 80-40-80 (NPK) generated a higher yield ( $35.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  of fresh fruit), higher plant height (74 cm), and higher number of fruits per plant (22 fruits). The use of organic and chemical fertilizers is a common practice among farmers, but a combination that improves fruit yield is not precisely known. The application of sheep manure at high level in combination with chemical fertilizers at medium level generates an increase in the yield of Poblano pepper fruit.

Key words: Farmers, Poblano pepper, knowledge, fertilization, yield.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por estar presente en todo momento y permitirme llegar a dar este paso en el recorrido de la vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada, 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 brindarme su tiempo y asesoría, por sus consejos y recomendaciones que se reflejan en un buen trabajo y de igual forma por brindarme su amistad.

Al Dr. Higinio López Sánchez por su amistad, apoyo y enseñanzas en la investigación.

Al Dr. Javier Cruz Hernández, por el apoyo brindado durante la investigación y por brindarme su amistad.

Al Dr. Ignacio Ocampo Fletes, por haber aceptado formar parte de mi Consejo, por el apoyo en la investigación y por brindarme su amistad.

Al Dr. Juan Carlos Velázquez Aradillas por haber aceptado formar parte de mi consejo, por el apoyo en la investigación y por brindarme su amistad.

Al Dr. Pedro Antonio López, por el apoyo brindado en el análisis de los datos y por brindarme su amistad.

A los agricultores de Chile Poblano de la Sierra Nevada de Puebla que gracias a su participación se logró recabar información necesaria para esta investigación.

Al Sr Fernando Cuenca, por permitir que la investigación se llevara a cabo en su parcela y por el cuidado que tuvo en el cultivo.

A Juan Morales Marcos, Hugo García Perea, José Hernández Cortés y Víctor Manuel Núñez Villada, por el apoyo en el manejo del cultivo y toma de datos.

## **DEDICATORIA**

¶ mis padres:

Felipe Tlalo y Gabriela Cuautlaxtli por darme en todo momento de mi vida la enseñanza de que con respeto, nobleza, educación y superación se llega a alcanzar la meta planteada.

¶ mis hermanos:

Por brindarme la enseñanza de que si uno se propone algo lo puede lograr.

¶ mis amigos:

Aquellos que se van juntando en el camino de la educación, les agradezco su gran amistad y apoyo.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	<b>1</b>
1. Planteamiento del problema.....	1
2. Objetivos.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos .....	3
3. Hipótesis .....	3
3.1. Hipótesis general.....	3
3.2. Hipótesis específicas.....	3
4. Revisión de literatura .....	4
4.1. Agricultura tradicional .....	4
4.2. Conocimiento campesino.....	6
4.3. Cultivo de chile.....	7
4.4. Fertilización orgánica y química.....	8
5. Literatura citada .....	11
<b>CAPÍTULO I. CONOCIMIENTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA DEL CHILE POBLANO EN LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA</b> .....	<b>15</b>
1.1. Resumen.....	16
1.2. Abstract .....	17
1.3. Introducción .....	18
1.4. Materiales y métodos .....	20
1.4.1. Área de estudio y tamaño de muestra .....	20
1.4.2. Diseño del cuestionario.....	22
1.4.3. Análisis estadístico.....	22
1.5. Resultados y discusión.....	23
1.5.1. Características de los agricultores y del cultivo de chile Poblano .....	23
1.5.2. Abonado y fertilización.....	25

1.5.2.1. Producción de estiércol para su uso como abono orgánico .....	26
1.5.2.2. Abonos comerciales .....	27
1.5.2.3. Fertilizantes químicos .....	27
1.5.3. Apoyos institucionales y conocimiento tradicional .....	31
1.6. Conclusión .....	32
1.7. Literatura citada .....	33
<b>CAPÍTULO II. ESTIÉRCOL DE OVINO COMBINADO CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA GENERAN MAYOR RENDIMIENTO EN CHILE POBLANO.....</b>	<b>37</b>
2.1. Resumen.....	38
2.2. Abstract .....	39
2.3. Introducción .....	40
2.4. Materiales y métodos .....	42
2.4.1. Análisis fisicoquímico de estiércol .....	43
2.4.2. Tratamientos, diseño y unidad experimental .....	44
2.4.3. Manejo agronómico .....	44
2.4.4. Variables medidas y análisis estadístico .....	44
2.5. Resultados y discusión .....	47
2.6. Conclusión .....	52
2.7. Literatura citada .....	53
<b>DISCUSIÓN GENERAL.....</b>	<b>58</b>
1. Literatura citada .....	60
<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>62</b>
<b>LITERATURA GENERAL .....</b>	<b>63</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

### CAPÍTULO I

Cuadro 1.1. Distribución de encuestas por municipios y localidades de la región de la Sierra Nevada de Puebla. ....	22
---	----

### CAPÍTULO II

Cuadro 2.1. Características fisicoquímicas de estiércoles y abono comercial utilizados en el experimento de evaluación de abonos orgánicos y fertilizantes químicos para la producción de fruto de chile Poblano. ....	45
Cuadro 2.2. Relación de tratamientos evaluados en la producción de chile Poblano en campo. ....	46
Cuadro 2.3. Cuadrados medios del análisis de varianza del experimento de evaluación de abonos orgánicos y fertilizantes químicos para la producción de fruto de chile Poblano ...	47
Cuadro 2.4. Correlación de rendimiento con las variables evaluadas al aplicar abonos orgánicos y fertilizantes químicos para la producción de fruto de chile Poblano.....	49
Cuadro 2.5. Comparación de medias de cuatro variables evaluadas en campo al aplicar abonos orgánicos y fertilizantes químicos para la producción de chile Poblano.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I.

Figura 1.1. Localización de municipios y localidades de estudio en la Sierra Nevada de Puebla. .....	21
Figura 1.2. Nivel escolar y edad de los agricultores de chile Poblano de la Sierra Nevada de Puebla. ....	23
Figura 1.3. Tipos de abonos y fertilizantes usados en el cultivo de chile Poblano en la Sierra Nevada de Puebla .....	26
Figura 1.4. Agrupación de agricultores con base en el manejo de la fertilización del cultivo de chile Poblano en la Sierra Nevada de Puebla. ....	30

### CAPÍTULO II

Figura 2.1. Localización de la comunidad de Santa María Zacatepec, municipio de Juan C. Bonilla, estado de Puebla, México. ....	43
---	----

## INTRODUCCIÓN GENERAL

### 1. Planteamiento del problema

La preocupación por satisfacer las necesidades de alimentación humana ha dado como resultado el desarrollo y la implementación de diversos sistemas agrícolas de producción que no necesariamente son sustentables. En general, la producción de hortalizas a nivel local, a partir del esfuerzo de los agricultores en sus comunidades, se ha caracterizado por la gravedad de los problemas fitosanitarios y nutricionales a los que se enfrentan y por el uso intensivo de plaguicidas. Sin embargo, estos cultivos no escapan a la necesidad de controlar plagas y enfermedades a través de métodos de bajo impacto para la salud humana y el ambiente. La eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes y el empleo de genotipos de plantas mejoradas conlleva a un mejoramiento del cultivo (FAO, 2002; Zapata, 2002).

A percepción de algunos productores de chile Poblano de la región de la Sierra Nevada de Puebla, los principales problemas que se presentan en el cultivo son: plántula de mala calidad, daños ocasionados por las enfermedades fungosas y la falta de conocimientos en aspectos de nutrición de las plantas, entre otros; por consiguiente, el rendimiento de fruto del chile Poblano ha disminuido en más del 50 %. A pesar de ello, en algunas comunidades aún existen familias que dependen de la producción y venta de este producto (Rodríguez *et al.*, 2007).

La causa de contar con producciones bajas en los cultivos radica en el descuido en el balance de los elementos (N, P, K), contando con fertilizaciones altas las cuales no llegan a tener el efecto deseado sobre la planta (Finck, 1988). Adicionalmente, Vian (2006) menciona que no ha llegado a demostrarse que exista una determinada relación óptima N, P, K, para el cultivo de chile

Poblano. Por lo tanto, esta debe elegirse en función de las necesidades de cada aplicación, derivadas fundamentalmente de la asociación planta-suelo-clima.

El productor que ha decidido utilizar abonos orgánicos junto a fertilizantes químicos, muchas veces desconoce los pasos y materiales involucrados en la preparación de las combinaciones, lo cual conduce a tomar decisiones equivocadas. Desde el punto de vista económico, ecológico y social una tendencia actual es la utilización de abonos orgánicos combinados con fertilizantes químicos para el crecimiento de las plantas, buscando nuevos materiales o composiciones que proporcionen mejores condiciones de crecimiento y reduzcan los costos (Valenzuela *et al.*, 2012). Oliver *et al.* (2010) menciona que los agricultores en un intento por aumentar los rendimientos del cultivo tienden aplicar ciertas cantidades de fertilizantes sin contar con una justificación económica o científica.

La fertilización con abonos orgánicos en combinación con fertilizantes químicos representa una alternativa para los agricultores, ya que les ayuda a bajar los costos al solo adquirir fertilizantes químicos para sus cultivos (Nkoa, 2014). Sin embargo, es necesario documentar el nivel de conocimiento que poseen los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla, respecto al manejo relacionado con la adecuada fertilización en el cultivo de chile poblano, la cual permita integrar una estrategia en el uso de fertilizantes, tanto orgánicos como químicos, buscando incrementar la producción y calidad de fruto. Con base en lo anterior, en la presente investigación se buscó responder a las siguientes preguntas de trabajo: ¿Cuál es el conocimiento que poseen los agricultores de la región de la Sierra Nevada de Puebla en relación a las formas de fertilización y

cómo realizan esta práctica en el cultivo de chile poblano? ¿La aplicación combinada de fertilizantes químicos y abonos orgánicos incrementa el rendimiento de fruto del cultivo?

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Documentar el nivel de conocimiento del agricultor sobre el uso de abonos orgánicos y fertilizantes químicos en el cultivo de chile Poblano y evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes químicos más abonos orgánicos en la producción de fruto en la Sierra Nevada de Puebla.

### **2.2. Objetivos específicos**

1. Identificar el conocimiento tradicional que poseen los agricultores sobre el uso de fertilizantes químicos y abonos orgánicos en el cultivo de chile Poblano.
2. Determinar la mejor combinación de fertilización química más orgánica con base en la obtención de los mejores rendimientos de fruto verde en campo en el cultivo de chile Poblano.

## **3. Hipótesis**

### **3.1. Hipótesis general**

Los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla conocen sobre el manejo de la fertilización del cultivo de chile Poblano, lo cual les permitirá aplicar una buena combinación de abonos orgánicos y fertilizantes químicos para incrementar el rendimiento de fruto.

### **3.2. Hipótesis específicas**

1. Los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla no conocen con precisión como combinar el uso de fertilizantes químicos y abonos orgánicos en la producción de chile Poblano.

2. La aplicación de fertilizantes químicos más abonos orgánicos tendrá un efecto positivo e incrementará el rendimiento del fruto de chile Poblano.

#### **4. Revisión de literatura**

##### **4.1. Agricultura tradicional**

Durante siglos, la agricultura campesina e indígena en América Latina, África y Asia se construyó con base en los recursos locales de tierra, agua, conocimiento indígena y el uso de variedades locales. Podemos incluir que esto ha nutrido cultural, biológica y genéticamente las áreas de la agricultura, teniendo una capacidad de resistencia que les ha ayudado a adaptarse a través de los tiempos a climas que cambian rápidamente, así como a plagas o enfermedades (Altieri y Nicholls, 2010).

La revolución verde indudablemente también marca un punto de quiebre en la forma de producción de los campesinos. Las nuevas formas de producción con base en los “avances tecnológicos” se implantaron por parte de las grandes transnacionales de agroquímicos en conjunto con los gobiernos, que no sólo les permitieron su introducción al campo, sino que también permitieron el desplazamiento de la forma tradicional de manejar la tierra; en consecuencia, el uso de productos químicos se volvió un requisito sinónimo de desarrollo y productividad. Caporal y Hernández (2004), dan cuenta de que esta manera de utilizar los recursos naturales, implica una simplificación de los ecosistemas reduciendo su diversidad y propiciando su fragilidad.



La agricultura es la actividad en la cual el hombre, en un ambiente dado, maneja los recursos naturales, la calidad y cantidad de energía disponible y los medios de información, para producir y reproducir los alimentos que satisfacen sus necesidades. La agricultura se inició con base en una gradual acumulación de conocimiento ecológico y biológico sobre los recursos naturales utilizados y se desarrolló mediante sistemas autóctonos de generación y transmisión de dichos conocimientos y de adopción de innovaciones tecnológicas en varias áreas del mundo; entre ellas, México. Inclusive el término de agricultura tradicional se deriva de la forma en que se difunden los conocimientos (Hernández-Xolocotzi, 1988). Así mismo, a través de muchos años de experiencia acumulada, los campesinos conocen su terreno como si formara parte de su propia indumentaria por lo que han llegado a manejar hábilmente las posibilidades e imposibilidades de su tierra. En algunas ocasiones la agricultura tradicional ha alimentado de manera sostenible a mucha gente; por otro lado, como esta agricultura se ha desarrollado en estrecha intimidad con las necesidades de la sociedad, el manejo del medio ambiente se ha transformado en una manera de vivir (Remmers, 1993).

Adicionalmente, Altieri (1991) menciona que muchas de las prácticas agrícolas campesinas que antes fueron consideradas mal guiadas o primitivas, están siendo reconocidas como sofisticadas y apropiadas, así como la fuerza del conocimiento tradicional de los agricultores deriva no solo de observaciones sino también del aprendizaje experimental. En cuanto a su importancia, ésta radica en que este tipo de producción cubre necesidades básicas de núcleos familiares rurales, mantiene un nivel básico de vida en el campo y estimula la autogestión, al dar un énfasis a la gran diversidad agrícola, sin ignorar el mercado moderno que queda relegado a un segundo plano (Martínez, 2008).

En México, de acuerdo con diferentes datos arqueológicos, la agricultura se inició hace unos 9 mil años, abarcando, sobre todo, la región cultural conocida como Mesoamérica. Debido a la extensión de este territorio, las condiciones ambientales que los pobladores originales enfrentaron fueron muy variadas, lo mismo que las plantas que lograron domesticar. Una característica importante de la agricultura tradicional es el establecimiento de más de una especie útil en la parcela; el mejor ejemplo en México es la milpa, ya que en ella se cultiva maíz, al menos tres tipos diferentes, asociado con otros tantos de frijoles, calabaza, quelites, chiles, jitomate, jícama y yuca (Blanco, 2006; Martínez, 2008). En este sistema las actividades productivas son realizadas por la familia y la costumbre, hasta ahora preservada por muchas comunidades campesinas e indígenas, es manejar una alta heterogeneidad de especies, genes y comunidades, pues ello complementa los niveles de conservación de la diversidad biológica que dan estabilidad a una región en aspectos de genética, de poblaciones y de comunidades (Vandermeer y Perfecto 2007).

#### **4.2. Conocimiento campesino**

Actualmente el conocimiento campesino es una fuente de información importante, sustentado en la experiencia sobre el manejo de los sistemas de producción tradicional y el amplio conocimiento integral de los recursos genéticos, a tal grado que responde a las necesidades básicas de los campesinos y al mismo tiempo representa su estilo de vida, en el que se sintetiza su evolución cultural (Morán, 1993).

Se puede señalar que el conocimiento campesino local se basa en la intuición y en evidencias directamente perceptibles; no debe ser visto como un banco de conocimiento explorable, sino

como indicio de un proceso dinámico de experimentación, intercambio y búsqueda; para documentarlo es necesario considerar que la transferencia y el uso fácil de información se restringe fundamentalmente por el hecho de ser transmitidos oralmente o por experiencia directa y porque están guardados en las memorias de sus poseedores (Howes y Chambers, 1979; Swift, 1979).

Si bien existen estudios donde se ha encontrado que el conocimiento campesino ha permitido el uso, manejo y conservación de numerosos recursos genéticos, así como de la fertilización de los cultivos, no se tiene claro cómo se da el proceso de generación de dicho conocimiento, ni los mecanismos que lo mantienen vigente. Lo que se sabe es que la memoria es el recurso campesino más importante y que se expresa como una síntesis histórica de 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 segundo lugar a nivel mundial en la producción de chile con un promedio de 2, 294, 400 toneladas anuales y exporta chile verde a países como Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania. Para el periodo 2006-2015, se registró un promedio de 2303 miles de toneladas de producción nacional, siendo los principales productores los estados de Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas. Además de un producto con presencia mundial, este es un cultivo originario de nuestro país y parte simbólica del imaginario culinario y cultural (SIAP, 2015).

A nivel nacional el estado de Puebla obtuvo una producción de 13,246 t de chile verde en el año 2015, generando un rendimiento de 4.48 toneladas por hectárea (SIAP, 2015).

El conocimiento local de los productores sobre este cultivo es muy rico, ya que se tienen perfectamente definidas las fechas de siembra, los sistemas de producción, prácticas culturales y cosecha. Con todo y los problemas fitosanitarios, desconocimiento en el manejo de la fertilización y demás factores socioeconómicos, en los últimos años, se ha renovado el interés por el cultivo (Huerta y Jaramillo, 2010).

#### **4.4. Fertilización orgánica y química**

El mantenimiento de la capacidad productiva del suelo requiere integrar prácticas de nutrición vegetal y de mejoramiento del suelo que permitan un manejo adecuado de los fertilizantes y nutrimentos para evitar su carencia o pérdidas por lixiviación y de la materia orgánica para potenciar la biodiversidad edáfica y optimizar las variables edáficas ligadas a su conservación (Labrador, 1996).

Los sistemas de agricultura convencional están basados en la aplicación de fertilizantes minerales solubles, pero en muchos casos no se tienen en cuenta los mecanismos de absorción de la planta, los equilibrios existentes entre ésta y el suelo, ni los bloqueos o sinergias entre los nutrientes (Valenzuela *et al.*, 2012). Adicionalmente, Navarro *et al.* (2014) menciona que se entiende por fertilizante (o abono) todo material, orgánico o inorgánico, cuya función principal es proporcionar elementos nutritivos a las plantas, capaces de mejorar su crecimiento en un momento dado, bien porque no existen o se han agotado con el tiempo. Junto a este aporte de

nutrientes, el fertilizante tiene como misión un aumento de la producción y una mejora de su calidad.

Podemos agregar que los fertilizantes compuestos son los obtenidos químicamente o por mezclas. Los elementos que aportan principalmente son: nitrógeno, fósforo y potasio (NPK). Mientras que los fertilizantes orgánicos son aquellos que contienen elementos esenciales y forman parte de compuestos orgánicos de origen animal o vegetal, puesto que se van liberando lentamente siendo degradados por los organismos del suelo y finalmente ejercen una gran influencia sobre las propiedades físicas de los suelos (FAO, 2002).

Los abonos orgánicos, por las propias características en su composición, son formadores del humus y enriquecen al suelo con este componente, modificando algunas características del suelo como su reacción pH, cargas variables, capacidad de intercambio iónico, quelatación de elementos, disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y potasio, y desde luego, la población microbiana haciéndolo más propicio para el buen desarrollo y rendimiento de los cultivos (Trinidad, 2016).

El nitrógeno es uno de los constituyentes de los compuestos orgánicos vegetales ya que este interviene en la multiplicación celular y es considerado un factor de crecimiento. El fósforo estimula el desarrollo de raíces y favorece la floración y cuajado de los frutos, interviniendo en el transporte, almacenamiento y transferencia de energía. El potasio es muy móvil y juega un papel múltiple, pues mejora la actividad fotosintética, aumenta la resistencia de las plantas a la sequía y heladas y promueve la síntesis de lignina favoreciendo la rigidez de la planta (Magrama, 2016).

Los fertilizantes son comúnmente aplicados a los suelos agrícolas 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. Se utilizan fertilizantes comerciales en la agricultura para corregir la deficiencia de nutrientes en la planta, para mantener las condiciones óptimas de la fertilidad del suelo, 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 impulsar la agricultura con abonos orgánicos y fertilizantes químicos brindará a los suelos la capacidad de absorber los distintos elementos nutritivos y producir cultivos con una mejor calidad. La importancia del uso de este tipo de abonos obedece a que son fuente de vida bacteriana para el suelo y necesarios para la nutrición de las plantas. El uso de abonos orgánicos, en cualquier tipo de cultivo, es cada vez más frecuente en nuestro medio por ser de bajo costo y de mayor calidad (FONAG, 2010).

El chile Poblano, como todos los cultivos, necesita elementos nutritivos que deben ser aplicados en diferentes momentos del desarrollo del cultivo. Los elementos que requiere la planta son nitrógeno, fósforo, y potasio (NPK) y de otros elementos menores como el magnesio, calcio, azufre (Huerta *et al.*, 2007).

## 5. Literatura citada

- 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. 14 p.
- Altieri, M.A., y Nicholls, C.I. 2010. Agroecología: potenciando la agricultura campesina para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria en el mundo. Universidad de California, Berkeley y Sociedad Científica Latino Americana de Agroecología (SOCLA). Revista de Economía Crítica. Número 10. 74 p.
- Blanco, R. J. L. 2006. Erosión de la agrobiodiversidad en la milpa de los Zoque Popoluca de Soteapan: Xutuchincon y Aktevet. Tesis Doctoral. Universidad Iberoamericana. 490 p.
- Caporal, F. y Hernández, J.M. 2004. La Agroecología desde Latinoamérica: avances y perspectivas. [http://agroeco.org/brasil/material/La\\_Agroecologia\\_LA](http://agroeco.org/brasil/material/La_Agroecologia_LA). (Abril 2016).
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. 2002. Manual integrado de plagas y enfermedades en cultivos hidropónicos e invernadero. Roma. 2 p.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2002. Fertilizantes: una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. Roma. 77 pp.
- 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> (Diciembre 2016).
- Finck, A. 1988. Fertilizantes y fertilización: fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Reverte. Barcelona. 420 pp.

- 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](http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf). (Abril 2016).
- Glinsk, J., Horabik, J. y Lipiec, J. 2011. Encyclopedia Aprophysics. Fertilizers (mineral, organic), effect on soil physical properties. Edited by Springer Science. 296 p.
- Hernández-Xolocotzi, E. 1988. La agricultura tradicional en México. Comercio Exterior 38:673-678.
- Howes, M. y Chambers, R. 1979. Indigenous Technical Knowledge analysis, implications and issues. IDS Bulletin. 10:5-11
- Huerta, A., Fernández, S. y, Ocampo I. 2007. Manual de chile poblano. Importancia económica y sociocultural. 1ª ed. Noviembre. Impreso en México. 20-33 pp.
- 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. 61 p.
- Labrador, M. 1996. La Materia Orgánica en los Agrosistemas. 1ª ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación & Mundi–Prensa. Madrid, España. 193 p.
- Magrama. 2016. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. La nutrición de las plantas. [www.magrama.es](http://www.magrama.es). (Abril 2016).
- Martínez, C. R. 2008. Agricultura tradicional campesina: características ecológicas. Tecnología en marcha. 21:3-13
- Martínez, F. J. I. 2008. La agrobiodiversidad del sistema de producción milpero de Ocotil Chico, San Pedro Soteapan, Ver. Tesis profesional. Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Universidad Veracruzana. 74p.



- Morán, F. E. 1993. La ecología humana de los pueblos de la Amazonia. Trad. Mastrangelo S. Fondo de Cultura Económica de España. México. 325 p.
- Navarro, G., García., y Navarro, S.G. 2014. Fertilizantes químicos y acción. 3ª ed. Mundi-prensa. Madrid España. 46-48 p.
- Nkoa, R. 2014. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 2(34):473–492.
- 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): 40–50.
- Remmers, G. G. 1993. Agricultura tradicional y agricultura ecológica: vecinos distantes. Instituto de Sociología y Estudios Campesino, Universidad de Córdoba. *Agricultura y Sociedad.* 66:201-220.
- Rodríguez, J., Peña, B.V., Gil, A., Martínez, B., Manzano, F., y Salazar, L. 2007. Rescate in situ del chile poblano en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 30:30:27.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015. Atlas agroalimentario. Boletines. [http://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016](http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016). (Diciembre 2016).
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015. Anuario estadístico de la producción agrícola. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp). (Diciembre 2016).
- Swift, J. 1979. Notes on traditional knowledge modern knowledge and rural development. *IDS Bulletin.* 2(10):41-43.

- Toledo, V.M. 1991. El juego de la supervivencia. En Agroecología: Ciencia y Aplicación. CLADES. Berkeley, CA, EEUU. 3-44 pp.
- Trinidad, A. 2016. Abonos Orgánicos. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de postgraduados. Sistema de Agronegocios Agrícolas. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>. (Abril 2016).
- 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.
- Vandermeer, J. y Perfecto, I. 2007. The agricultural matrix and a future paradigm for conservation. *Conservation Biology*. 1(21):274–277.
- Vian, A. 2006. Introducción a la química industrial. Capítulo 10 la roca fosfática como materia prima, fertilización y fertilizantes. Editorial Reverte, S. A. Barcelona, España. 263 p.
- Zapata, F. 2002. Contribución de las técnicas nucleares al desarrollo de prácticas de manejo integrado del suelo, agua y nutrientes para el incremento de la producción agrícola. *Terra Latinoamericana*. 1(20):1–6.

## **CAPÍTULO I. CONOCIMIENTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA DEL CHILE POBLANO EN LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA**

Ana María Tlelo-Cuautle <sup>1</sup>, Oswaldo Rey Taboada-Gaytán <sup>1\*</sup>, Higinio López-Sánchez <sup>1</sup>, Javier Cruz- Hernández <sup>1</sup>, Ignacio Ocampo-Fletes<sup>1</sup> y Juan Carlos Velázquez-Aradillas <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla Núm. 205, Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. C.P. 72760, Puebla, México.

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de Puebla. Tercer Carril del Ejido "Serrano" s/n, San Mateo Cuanalá, Juan C. Bonilla, Puebla.

\* Autor para correspondencia ([toswaldo@colpos.mx](mailto:toswaldo@colpos.mx))

## **1.1. Resumen**

Históricamente los agricultores han generado conocimientos en relación a la agricultura a partir de sus experiencias. Sin embargo, enfrentan situaciones que no pueden solucionar con el conocimiento generado, como en el caso de los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla que no han encontrado un manejo adecuado de la fertilización en el cultivo de chile Poblano, debido a la escasa información disponible sobre el tema. El objetivo de esta investigación fue identificar el conocimiento que poseen los agricultores sobre la fertilización, por medio de la aplicación de fertilizantes químicos y abonos orgánicos en el cultivo de chile Poblano en la región de la Sierra Nevada de Puebla. El tamaño de muestra estuvo basado en un padrón de 200 agricultores y se utilizó un muestreo cualitativo-cuantitativo con varianza máxima. Se aplicó un cuestionario a 50 agricultores de 14 localidades distribuidas en nueve municipios de la Sierra Nevada de Puebla. Los resultados obtenidos con los cuestionarios se analizaron a través de estadística descriptiva y análisis de conglomerados. Los resultados muestran que el 72 % de los agricultores han aplicado algún tipo de estiércol, 98 % realiza la aplicación de fertilizantes químicos y solo el 58 % combina estiércol más fertilizantes químicos en el cultivo de chile Poblano. Se concluyó que el uso de estiércol y fertilizantes químicos es un conocimiento que posee el agricultor en el cultivo de chile Poblano, pero que no conoce con precisión el cómo realizar una combinación de fertilizantes químicos y abonos orgánicos para incrementar el rendimiento.

Palabras clave: Agricultores, chile Poblano, conocimiento, estiércol, fertilización.

## **1.2. Abstract**

Historically, farmers have generated knowledge about agriculture from their experiences. However, sometimes they have problems that cannot be solved with the knowledge generated, as the case of the farmers of the Sierra Nevada of Puebla that have not found an adequate management of fertilization in the Poblano pepper crop, due to the scarce information available on the subject. The objective of this research was to identify farmer's knowledge about fertilization through the application of chemical and organic fertilizers in the Poblano pepper crop in the Sierra Nevada of Puebla. The sample size was based on a list of 200 farmers and a qualitative-quantitative sampling with maximum variance was used. A questionnaire was applied to 50 farmers from 14 localities distributed in nine municipalities of the Sierra Nevada de Puebla. The results obtained with the questionnaires were analyzed through descriptive statistics and analysis of conglomerates. The results show that 72 % of farmers have implemented some type of manure, 98 % apply chemical fertilizers and only 58 % combine manure plus chemical fertilizers in the Poblano pepper crop. It was concluded that the use of manure and chemical fertilizers is a knowledge that the farmer owns in the Poblano pepper crop, but it is not known precisely how to perform a combination of chemical plus organic fertilizers to increase fruit yield.

**Key words:** Farmers, Poblano pepper, knowledge, manure, fertilization.

### **1.3. Introducción**

En la agricultura, los fertilizantes se pueden utilizar para mejorar el estado nutricional de las plantas, promover el crecimiento vegetativo y, como consecuencia, para aumentar la producción de alimentos como cereales, oleaginosas, frutales y hortalizas. Con la aplicación de fertilizantes, además de maximizar los rendimientos, en algunos casos se optimiza la calidad del producto. Cabe destacar que los agricultores, a través del manejo constante de estos productos, generan un conjunto de conocimientos a partir de las experiencias vividas en los cultivos, la experimentación, y la invención colectiva; estos conocimientos muchas veces terminan compartiéndose de generación en generación, lo que enriquece la manera en que un aspecto particular del proceso de producción se maneja en un ámbito local (Landini, 2011; Williams *et al.*, 2003).

La agricultura moderna tiene múltiples objetivos: agronómicos, económicos, sociales y ambientales. Adicionalmente, se puede señalar que diseñar un programa de nutrición apropiado es algo esencial debido a que, como resultado, un incremento en el rendimiento beneficiará a los agricultores. Un programa en manejo de nutrientes debe considerar la aplicación de materia orgánica como estiércoles, compost y residuos vegetales entre otros y fertilizantes químicos (Santiago y Reynoso, 2009; Ortega, 2013; Santa-María *et al.*, 2015).

De igual manera, la aplicación de un manejo adecuado de la nutrición de las plantas en la pequeña agricultura proporciona varios beneficios como aumento de la materia orgánica, mayor tolerancia a control de plagas y enfermedades, control de la erosión y aumento en las fuentes alimenticias (Bunch, 2012; Florentín *et al.*, 2011; Pretty *et al.*, 2003). Una aplicación de materia

orgánica como estiércol, ya sea fresco o en un estado de descomposición, ha sido una gestión tradicional por los agricultores para con ello mejorar la calidad de su cosecha y ayudar a las propiedades del suelo (Ortega, 2013). El uso de fertilizantes químicos es un factor importante en la modernización de la agricultura, ya que estos no solo mejoran el rendimiento, sino que también proporcionan un aumento en los residuos de los cultivos (Kumar *et al.*, 2015).

Para no eliminar los desechos de los animales se busca que estos contribuyan a la agricultura para mejorar su sistema de producción (Cole *et al.*, 2016). En España se tiene un manejo de la nutrición al optimizar la aplicación de fertilizantes para la sostenibilidad económica y ambiental en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) (White y Brown, 2010). Un buen manejo de la fertilización en el cultivo, potencializa el comportamiento de la planta y con ello genera un ingreso más para el agricultor (Flores *et al.*, 2004; Ugarte *et al.*, 2007). Los programas de nutrición de los cultivos, entre los que se incluyen frutales y hortalizas, consideran la aplicación alta de fertilizantes, en particular de tipo nitrogenado. Sin embargo, muchas veces no se cuenta con un programa de aplicación de fertilizantes, que permita llevar un control de las cantidades que se aplican al cultivo, así como no se considera un registro de nutrientes contenidos en el suelo, lo cual da como resultado un desequilibrio nutricional, que se ve reflejado en problemas fisiológicos en la planta.

Existe una falta de conocimiento sobre el manejo adecuado de la fertilización en el cultivo de chile Poblano, pues no se sabe la cantidad de nutrientes que se deben aplicar por unidad de superficie (Herrera, 2016). Se han hecho estudios sobre el conocimiento de la fertilización orgánica y química en chile de agua (Aparicio-del-Moral *et al.*, 2013), arroz (Guo *et al.*, 2015) y

con prácticas de fertilización (Nesme *et al.*, 2005). Estos estudios explican el conocimiento del agricultor sobre la fertilización en los cultivos; sin embargo, en el cultivo de chile Poblano se carece de este tipo de estudios sobre el sistema de fertilización y por ello se planteó esta parte del trabajo de investigación con el objetivo de identificar el conocimiento que poseen los agricultores sobre el manejo de la fertilización a través de la aplicación de fertilizantes químicos y abonos orgánicos en el cultivo de chile Poblano en la región de 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 y donde la agricultura es una de las actividades principales.

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 seleccionaron 14 localidades en los nueve municipios donde se produce chile Poblano (Cuadro 1.1).

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 estuvo basado en un padrón de aproximadamente 200 productores localizados en la Sierra Nevada de Puebla. La ecuación empleada para determinar el tamaño de muestra fue:



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

Donde:

n= Tamaño de la muestra

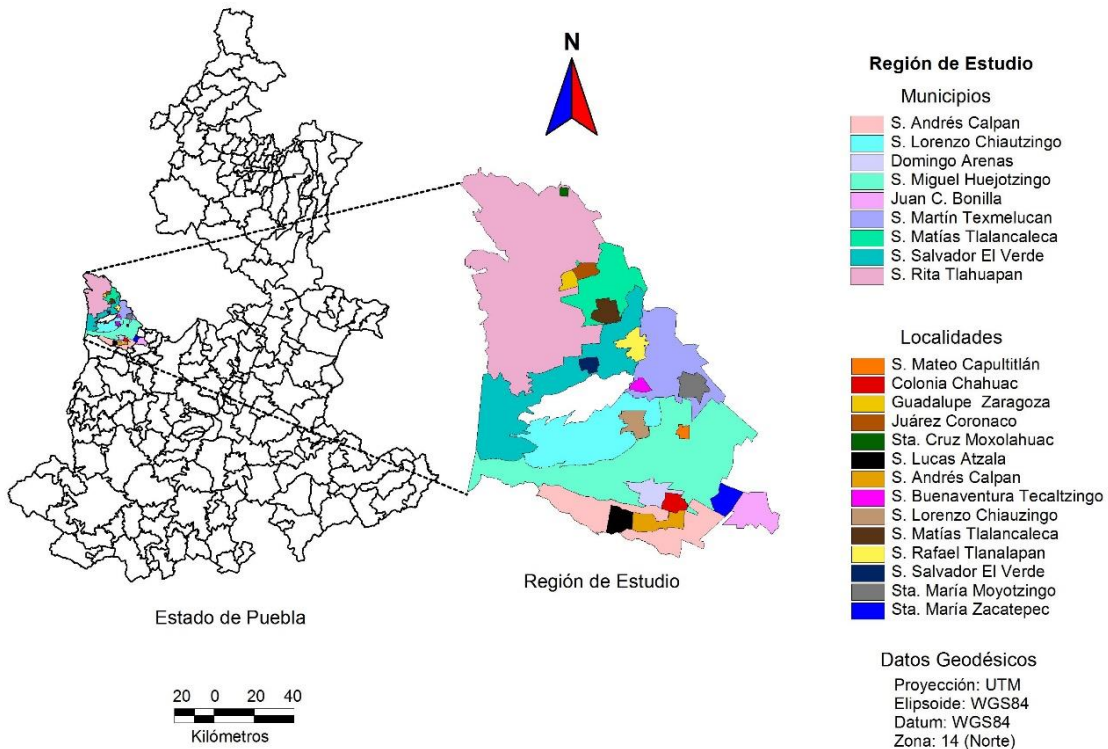
N= Número de productores en el padrón

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.

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



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

**Cuadro 1.1. Distribución de encuestas por municipios y localidades de la región de la Sierra Nevada de Puebla.**

<b>Municipio</b>	<b>Localidad</b>	<b>NCLoc</b>	<b>NCMun</b>
Domingo Arenas	Colonia Chahuac	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	9
	Juárez Coronaco	4	
San Miguel Huejotzingo	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	
<b>Total</b>		<b>50</b>	<b>50</b>

NCLoc= Número de cuestionarios por localidad y NCMun= Número de cuestionarios por municipio.

#### **1.4.2. Diseño del cuestionario**

La recolección de la información se llevó a cabo con recorridos de campo y visitando domicilios particulares de los agricultores. Se empleó un cuestionario con 55 preguntas a productores de chile Poblano dividido en cuatro aspectos: cultivo de chile Poblano, abonado (uso de estiércol, abonos comerciales) y fertilización química, apoyos institucionales y conocimiento tradicional.

#### **1.4.3. Análisis estadístico**

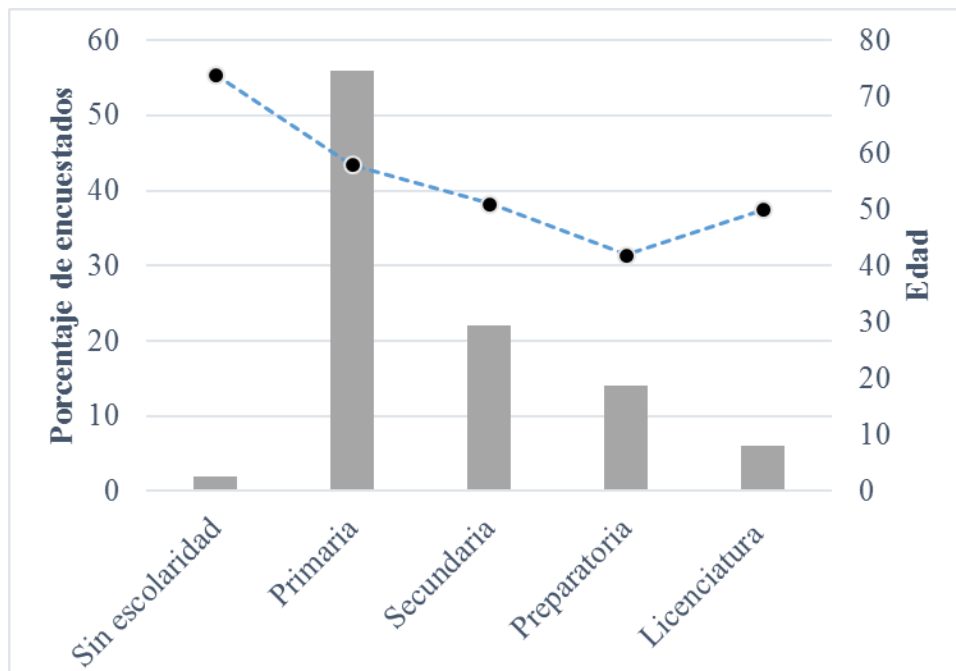
Se llevó a cabo un análisis descriptivo donde se consideraron características sobre el cultivo de chile Poblano como obtención de la semilla y tipo de fertilización, entre otras. Se realizó un análisis de conglomerados con base en la matriz de distancias euclidianas agrupando con el

método Ward. El programa estadístico utilizado para el análisis de la información fue el programa SAS versión 9.4 (Statistic Analysis System Institute, 2013).

## 1.5. Resultados y discusión

### 1.5.1. Características de los agricultores y del cultivo de chile Poblano

Los agricultores de chile Poblano de la Sierra Nevada de Puebla llevan en promedio 17 años dedicándose al cultivo. La Figura 1.2 muestra el nivel de escolaridad y la edad de los agricultores. El 78 % de los agricultores terminó el nivel básico y 20 % el nivel superior; tan solo el 2 % de los agricultores carecen de estudios. La edad de los agricultores de chile Poblano se encuentra en un intervalo de 24 a 79 años, con un promedio de 55 años. Los resultados indican que el nivel escolar influye en el manejo del cultivo de chile Poblano, pues Galindo (2007) menciona que la escolaridad determina el grado de aceptación y adopción por parte de los productores de nuevas tecnologías para el desarrollo del cultivo.



**Figura 1.2. Nivel escolar y edad de los agricultores de chile Poblano de la Sierra Nevada de Puebla.**

Los agricultores cuentan en promedio con 1.0 ha para el cultivo de chile Poblano, aunque el 44 % de los agricultores tiene menos de 0.5 ha y el 14 % cuenta con más de 2 ha. El 58 % cuenta con pequeña propiedad mientras que el 20 % posee terrenos ejidales. Es importante señalar que a pesar de que algunos cuentan con su propio terreno para el cultivo tienden a realizar renta de terrenos, ya que el 62 % de los agricultores renta en promedio 1.4 ha. Aquellos que rentan mencionan que la forma de fertilizar el cultivo se basa en fertilización química en los terrenos rentados y en los que son de su propiedad tienden a fertilizar con estiércol y fertilizantes químicos.

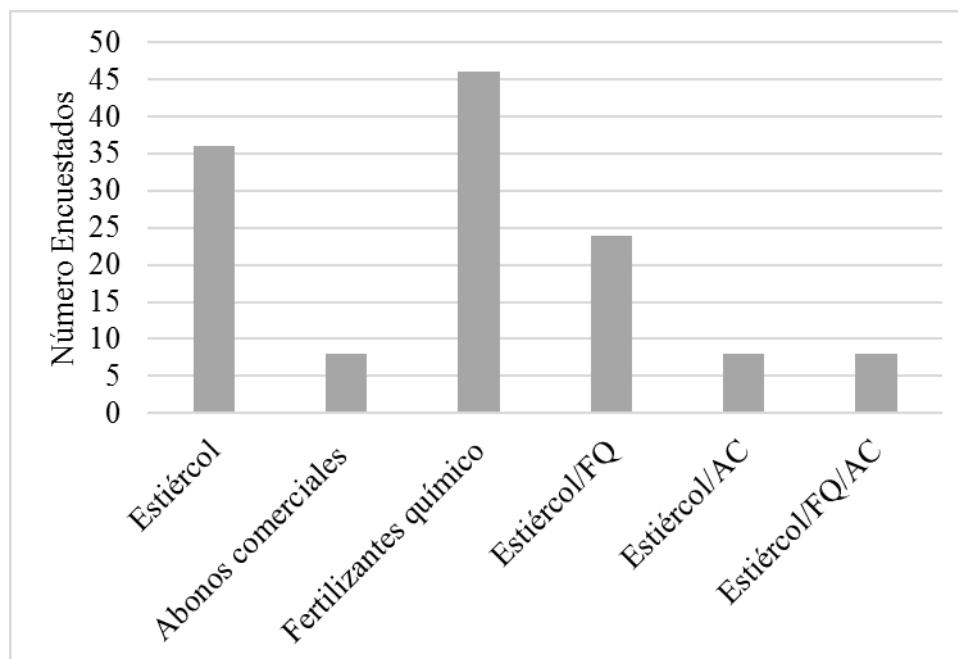
La semilla de chile Poblano que usan los agricultores es semilla criolla y es mayormente propia pues solo el 18 % la obtiene en otras localidades, principalmente en San Miguel Huejotzingo, Juárez Coronaco, San Matías Tlalancaleca, San Rafael Tlanalapa y San Gregorio Zacapecpan. El 86 % de la superficie del cultivo de chile Poblano es con riego y el resto se cultiva en condiciones de temporal.

El rendimiento que llegan a obtener en verde es de  $1.4 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras que en seco es de  $0.76 \text{ t ha}^{-1}$ . El 62 % de los agricultores tienden a auxiliarse de mano de obra externa a la unidad de producción llegando a contratar en promedio 13 personas por ciclo de cultivo; el resto solo se auxilia de la familia para apoyar en las labores del cultivo. La comercialización del producto se da más en fruto seco, pues 78 % de los agricultores lo venden deshidratado y el resto lo comercializan en fruto verde y seco. Al no conocer la cantidad adecuada de la fertilización del cultivo esto conlleva a obtener bajos rendimiento presentándose rendimiento en fruto verde de

1.4 t ha<sup>-1</sup> y en fruto seco de 0.76 t ha<sup>-1</sup>, menores al promedio nacional de 1.8 t ha<sup>-1</sup> en fruto seco y de 17.2 t h<sup>-1</sup> en fruto verde (FAOSTAT, 2013).

### **1.5.2. Abonado y fertilización**

La Figura 1.3 muestra la cantidad de agricultores que usan abonos y fertilizantes en el cultivo de chile Poblano. Los agricultores manejan tres tipos de fuentes de fertilización: estiércol, abonos comerciales y fertilizantes químicos. Por ejemplo 46 (35 %) de los encuestados usan con más frecuencia fertilizantes químicos, 24 (19 %) aplica estiércol en combinación con fertilizantes químicos y 8 (6 %) aplican la combinación de estiércol-fertilizantes químicos-abono comercial. Los resultados indican que la mayoría de los agricultores prefiere el uso de fertilizantes químicos y en su minoría la combinación de éstos. La teoría sobre el conocimiento de los agricultores al combinar el uso de fertilizantes químicos y abonos orgánicos en los cultivos, indica que existe un déficit entre la cantidad aplicada y la óptima recomendada para el desarrollo de la planta (Aparicio-del-Moral *et al.*, 2013; Barra, 1999). Nuestros resultados concuerdan con la teoría al presentarse una falta de conocimiento sobre la cantidad de fertilizantes adecuada a aplicar para el cultivo utilizando fertilizantes químicos y estiércoles.



**Figura 1.3. Tipos de abonos y fertilizantes usados en el cultivo de chile Poblano en la Sierra Nevada de Puebla**

### **1.5.2.1. Producción de estiércol para su uso como abono orgánico**

El 58 % de los agricultores cuentan con algún tipo de ganado, entre los que destacan los de tipo vacuno, ovino y porcino. La producción de estiércol depende de la especie de ganado que tengan; de manera general en la zona de estudio se producen 73 t al año de estiércol vacuno, 50 t al año de estiércol ovino y 10 t al año de estiércol porcino. El 76 % de los agricultores sólo amontonan el estiércol hasta el momento en que lo trasladan al campo para su aplicación. Sin embargo, también el 76 % de los agricultores está dispuesto a conseguir el estiércol para aplicarlo en sus terrenos de cultivo, siempre y cuando esté disponible, ya sea en su propia localidad o en una localidad aledaña.

Los agricultores tienden a usar estiércol en sus cultivos, destacando que el 72 % de ellos usa algún tipo de estiércol en el cultivo de chile Poblano; el más usado es el estiércol vacuno seguido del ovino.

Los agricultores de la zona en su mayoría cuentan con diferentes especies animales que les generan cantidades variables de estiércol al año. El contar con este tipo de fuente de nutrientes para las plantas les permite a los agricultores aprovecharlo y aplicarlo directamente en sus terrenos de cultivo, lo cual les crea la percepción de que tienen una reducción en el uso de fertilizantes químicos y en el gasto total por este rubro. Adicionalmente, mencionan que el estiércol tiene una durabilidad en el terreno de cultivo, como fuente de elementos nutritivos, de 5 años después de su aplicación, lo cual es corroborado por Schröder (2005).

#### **1.5.2.2. Abonos comerciales**

El uso de abonos orgánicos comerciales es bajo ya que el 80 % de los agricultores no tiene interés en usarlo. Existe un pequeño porcentaje (20 %) que sí utiliza abonos comerciales. Los agricultores que aplican abonos comerciales ven resultados en la productividad del cultivo al agregar materia orgánica. El uso de abonos comerciales que incluyen materia orgánica como humus de lombriz y estiércol de corral son eficientes en la producción del cultivo de Chile (Ribeiro *et al.*, 2000)

#### **1.5.2.3. Fertilizantes químicos**

El 98 % de los agricultores usan fertilizantes químicos, principalmente el 18-46-0 (44 %), y pocos usan urea (18 %) y en menor cantidad cloruro de potasio. Debido a la casi nula aplicación de potasio, la planta podría no contar con enzimas suficientes durante su desarrollo, así como manifestar un posible desequilibrio de agua en la planta, teniendo como consecuencia que las plantas no expresen su potencial de rendimiento de fruto y los productores obtengan una disminución de su cosecha (Kuangfei *et al.*, 1999). Los agricultores encuestados mencionaron

que no conocen las cantidades adecuadas de cada fertilizante aplicado y por ello hacen aplicaciones similares a las que llevan a cabo en el cultivo de maíz o que solo aplican por puños sin precisar la cantidad total aplicada. Salazar y Juárez, (2013) mencionan que el requerimiento nutricional de chile como base para realizar el cálculo de dosis en ( $\text{kg t}^{-1}$ ) indica una demanda de 2.4 a 4.0 N, 0.4 a 1.0 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y 3.4 a 5.29 ( $\text{K}_2\text{O}$ ).

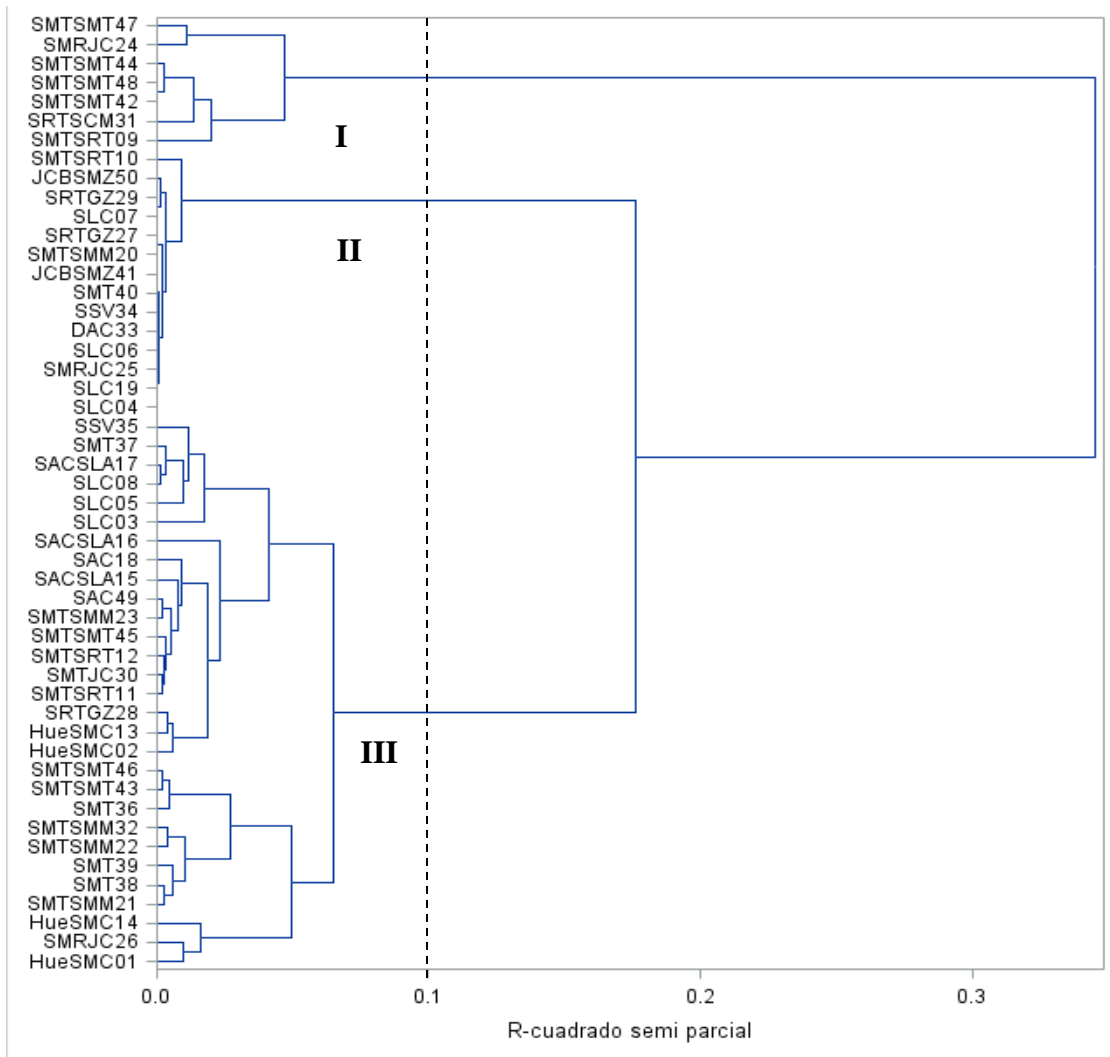
El análisis de conglomerados de las variables de abonado y fertilización dió como resultado la formación de tres grupos de agricultores (Figura 1.4). Cada grupo está integrado por la similitud en que los productores manejan la fertilización del cultivo de chile Poblano. La integración de estos grupos estuvo determinada por las siguientes características:

El Grupo I está conformado por el 14 % de los agricultores, los cuales usan estiércol vacuno, debido a que el ganado que poseen les genera en promedio 63 t de estiércol al año. La cantidad de estiércol que aplican al terreno de cultivo es de 15 t en una superficie promedio de 1.6 ha, mismo que es aplicado antes del trasplante. En este grupo los productores también aplican compostas, llegando a invertir en la compra de la composta hasta \$ 3360.0, las cuales aplican durante la primera labor del cultivo de chile Poblano. Los fertilizantes químicos mayormente usados por los agricultores son la aplicación de 316.1 kg de urea y 58.9 kg de 18-46-0 en una superficie de cultivo promedio de 1.4 ha, generándoles un costo total de \$ 2352.0 al adquirir ambos tipos de fertilizantes. Este grupo de agricultores sí lleva acabo la combinación de estiércol, abonos comerciales y fertilizantes químicos ya que han observado plantas con mejor raíz, mayor vigor durante el desarrollo y llegan a obtener un mayor rendimiento.



El Grupo II está constituido por el 28 % de los agricultores que sólo se basa en la aplicación de fertilizantes químicos, tales como 28.6 kg de urea, 117.9 kg de 18-46-0 y 28.6 kg de cloruro de potasio (KCl) en una superficie promedio de 1.2 ha. Estos fertilizantes son aplicados en la primera labor del cultivo de chile Poblano. El costo que les genera el adquirir los fertilizantes es en promedio de \$1862.0. Según los propios productores, prefieren utilizar este tipo de fertilizantes para la nutrición de su cultivo debido a que son de acción rápida y favorecen el desarrollo de la planta, lo cual se traduce en un incremento en el rendimiento de fruto de chile.

El Grupo III se caracteriza porque incluye al 58 % de los agricultores, quienes cuentan con ganado ovino, que les generan en promedio 40 t de estiércol al año. Por lo regular aplican el estiércol cuando éste tiene de tres a seis meses de almacenamiento, llegando a utilizar en promedio 15 t en 1 ha antes del trasplante. También aplican fertilizantes químicos: 50 kg de urea, 75.9 kg de 18-46-0 y 19 kg de cloruro de potasio (KCl) en una superficie de cultivo promedio de 0.77 ha, lo cual representa un egreso promedio de \$ 1428.0 al adquirir los fertilizantes. Este tipo de productores incorporan en sus terrenos de cultivo el uso de estiércol, principalmente ovino, más la aplicación de fertilizantes químicos debido a que obtienen como resultado un incremento en el rendimiento de fruto y una mejor fertilización de las plantas de chile Poblano.



**Figura 1.4. Agrupación de agricultores con base en el manejo de la fertilización del cultivo de Chile Poblano en la Sierra Nevada de Puebla.**

Ren *et al.* (2011), menciona que la agrupación de productores por el manejo de la fertilización sirve como un sistema de información en donde cada agricultor cuenta con un conocimiento específico sobre cómo fertiliza su cultivo. Al tomar como base este conocimiento sería posible mejorar las recomendaciones sobre la fertilización del cultivo de Chile Poblano. Sin embargo, es necesario conocer con precisión la manera en que los productores están manejando nutricionalmente su cultivo y, lamentablemente, esta es información que los productores en muchas ocasiones no registran y sistematizan o que no comparten fácilmente.

La característica fundamental que permitió la agrupación de los agricultores mostrada en la Figura 1.4 fue el manejo de la fertilización en el cultivo de chile Poblano. La diferenciación de los productores en tres grupos se hizo con base en lo siguiente: el primero realiza fertilización en conjunto usando estiércol, compostas y fertilizantes químicos, el segundo solo se basa en el uso de fertilizantes químicos y el tercero usa estiércol más fertilizantes químicos. La forma de nutrir a las plantas característica del grupo tres es la más extendida y se presenta con mayor frecuencia en siete municipios, en donde es aprovechado el recurso estiércol que generan las diferentes especies de ganado que poseen, pero se complementa con la compra de fertilizantes químicos. Cabe mencionar que la nutrición del cultivo en una agricultura familiar de tipo sustentable no puede basarse solo en el uso de fertilizantes químicos, pues lo más recomendable es acompañarlos con aplicaciones de estiércoles para ayudar a mejorar la fertilidad del suelo, ya que, al ser de liberación lenta, los nutrientes que contienen están disponibles para ser aprovechados por las plantas por un periodo de tiempo más prolongado (Latournerie *et al.*, 2002; Calatayud y Mateu, 1995; Dopico *et al.*, 2009).

### **1.5.3. Apoyos institucionales y conocimiento tradicional**

El 90 % de los agricultores mencionó que no recibe algún apoyo institucional y solo el 10 % de ellos recibe apoyo económico por dependencias como SAGARPA y la Presidencia Municipal para la compra de fertilizantes que aplican en el cultivo de chile Poblano.

Aun cuando la tecnología en aspectos de nutrición vegetal avanza constantemente, el manejo nutricional del cultivo de chile Poblano entre los productores de la Sierra Nevada de Puebla es característico de un sistema de producción propio de la agricultura tradicional. Los agricultores de la zona mencionan que se está perdiendo la transmisión de conocimiento sobre la producción

de chile Poblano, debido a que las nuevas generaciones muchas veces buscan otro tipo de trabajo o tienden a emigrar y no le prestan interés al campo, especialmente al cultivo de chile Poblano y particularmente en la zona de estudio. Es necesario resaltar que los productores mencionan la importancia de que las generaciones futuras se involucren más en el campo, sobre todo en el cultivo de chile Poblano, ya que con ello pueden seguir conservando su propia semilla e identidad.

Esta investigación contribuye a conocer como los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla llevan a cabo la fertilización en el cultivo de chile Poblano, con perspectiva sobre el uso de estiércol y fertilizantes químicos y pretende aportar información que sirva de base para mejorar las prácticas actuales, lo cual permitirá hacer un uso más eficiente de los abonos orgánicos al considerarlos como un recurso local de bajo costo.

## **1.6. Conclusión**

Los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla han generado y mantienen un cierto nivel de conocimientos sobre el uso de estiércol y fertilizantes químicos en el cultivo de chile Poblano, pero no conocen con precisión el cómo realizar una combinación de fertilizantes químicos y abonos orgánicos para incrementar el rendimiento de fruto.

## **Agradecimientos**

A cada uno de los agricultores de chile poblano pertenecientes a las localidades de los municipios que integran la Sierra Nevada del Estado de Puebla, que amablemente respondieron

el cuestionario planteado para llevar a cabo la investigación. Al Dr. Nicolás Pérez Ramírez por la elaboración de la Figura 1.1.

### **1.7. Literatura citada**

Aparicio-del-Moral, J.O., Tornero-Campante, M.A., Sandoval-Castro, E., Villarreal-Manzo, L.A., de los Ángeles y Rodríguez-Mendoza, M. 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*. 1(9):17–24.

Barra, J. D. E. 1999. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. *Terra Latinoamericana*. 3(17):209–219.

Bunch, R. 2012. Restoring the soil: a guide for using green manure/cover crops to improve the food security for smallholder farmers. *Canadian Foodgrains Bank*, Winnipeg. 94 p.

Calatayud-Giner, S. y Mateu-Tortosa, E. 1995. Tecnología y conocimientos prácticos en la agricultura valenciana. *Noticiero de Historia Agraria*. 9:43-67 pp.

Cole, J.C., Smith, M.W., Penn, C.J., Cheary, B.S. y Conaghan, K.J. 2016. Nitrogen, phosphorus, calcium, and magnesium applied individually or as a slow release or controlled release fertilizer increase growth and yield and affect macronutrient and micronutrient concentration and content of field-grown tomato plants. *Scientia Horticulturae*. 211:420–430.

Dopico, E., Linde, A.R., y Garcia-Vazquez, E. 2009. Traditional and Modern Practices of Soil Fertilization: Effects on Cadmium Pollution of River Ecosystems in Spain. *Hum Ecol*. 2(37):235–240.

- FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. 2013. Estadísticos de la producción mundial de Chile. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (Noviembre 2016).
- Florentín, M.A., y McDonald, M.J. 2011. Green manure, cover crops and crop rotation in conservation agriculture on small farms, Integrated Crop Management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 95 p.
- Flores, P., Navarro, J.M., Garrido, C., Rubio, J.S. y Martínez, V. 2004. Influence of Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> fertilization on nutritional quality of pepper. *J. Sci. Food Agric.* 6(84):569–574.
- Galindo, G. 2007. El servicio de asistencia técnica a los productores de Chile seco en Zacatecas. *Convergencia.* 43(14):137-165.
- Guo, M., Jia, X., Huang, J., Kumar, K.B., y Burger, N.E. 2015. Farmer field school and farmer knowledge acquisition in rice production: Experimental evaluation in China. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* (209):100–107.
- Herrera, F.E. 2016. El sistema de producción de Chile “Poblano”: características y fitomejoramiento de germoplasma local sobresaliente. Tesis de Maestría. Postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. 73 p.
- Kuangfei, L., Yaling, X., Xuefeng, L., y Pastore, G. 1999. Loss of nitrogen, phosphorus, and potassium through crop harvests in agroecosystems of Qianjiang, Hubei Province, PR China. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 3(18):393–401.

- Kumar, A., Pathak, A.K., y Guria, C. 2015. NPK-10:26:26 complex fertilizer assisted optimal cultivation of *Dunaliella tertiolecta* using response surface methodology and genetic algorithm. *Bioresource Technology*. 194:117–129.
- Landini, F. 2011. La dinámica de los saberes locales y el proceso de localización del saber científico. Aportes desde un estudio de caso. *Cuadernos de Desarrollo Rural*. 65(7):21-43.
- Latournerie, L., Chávez, J.L., Pérez, M., Castañón, G., Rodríguez, S.A., Arias, L.M., y Ramírez, P. 2002. Valoración *In situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25:25-33.
- Nesme, T., Bellon, S., Lescourret, F., Senoussi, R., y Habib, R. 2005. Are agronomic models useful for studying farmers' fertilization practices?. *Agricultural Systems*. 3(83):297–314.
- 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*. 1076:59–164.
- Pretty, J.N., Morison, J.I.L. y Hine, R.E. 2003. Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in developing countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1(95):217–234.
- Ren, Z., Chen, J., Cheng, J., Ma, W. y Lü, X. 2011. Knowledge-based fertilization recommendation system and application. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 12(27):126–131.
- Ribeiro, L.G., Lopes, J.C., Martins Filho, S., y Ramalho, S.S. 2000. Adubação orgânica na produção de pimentão. *Horticultura Brasileira*. 2(18):134–137.

- Salazar-Jara, F.I. y Juárez-López, P. 2013. Requerimiento macronutricional en plantas de Chile (*Capsicum annuum* L.). *Revista Bio Ciencias*. 2(2):24-34.
- 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?. *J. Exp. Bot.* 11(66):3011–3018.
- Santiago, M.V.G. y Reynoso, D.S.F. 2009. Seguridad alimentaria, saberes campesinos y agroecología. *Revista Brasileira de Agroecología*. 2(4):3995-3998.
- Schröder, J. 2005. Revisiting the agronomic benefits of manure: a correct assessment and exploitation of its fertilizer value spares the environment. *Bioresource Technology*. 2(96):253–261.
- Ugarte, M.E.B., Belmar, C.A. y Holwerda, H.T. 2007. Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad pimiento. SQM the worldwide business formula. 100 p.
- Williams D.R., Potts B.M. y Smethurst P.J. 2003. Promotion of flowering in *Eucalyptus nitens* by paclobutrazol was enhanced by nitrogen fertilizer. *Can J for res.* 1(33):74–81.
- White, P.J. y Brown, P.H. 2010. Plant nutrition for sustainable development and global health. *Ann Bot.* 7(105):1073–1080.



## **CAPÍTULO II. ESTIÉRCOL DE OVINO COMBINADO CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA GENERAN MAYOR RENDIMIENTO EN CHILE POBLANO.**

Ana María Tlelo-Cuautle<sup>1</sup>, Oswaldo Rey Taboada-Gaytán<sup>1\*</sup>, Higinio López-Sánchez<sup>1</sup>, Javier Cruz- Hernández<sup>1</sup>, Pedro A. López<sup>1</sup> e Ignacio Ocampo-Fletes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla Núm. 205, Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. C.P. 72760, Puebla, México. ([tlebiotecnologia@gmail.com](mailto:tlebiotecnologia@gmail.com); [higiniols@colpos.mx](mailto:higiniols@colpos.mx); [javiercruz@colpos.mx](mailto:javiercruz@colpos.mx); [palopez@colpos.mx](mailto:palopez@colpos.mx); [agroecología\\_iof@yahoo.com](mailto:agroecología_iof@yahoo.com))

\* Autor para correspondencia ([toswaldo@colpos.mx](mailto:toswaldo@colpos.mx))

## 2.1. Resumen

Uno de los desafíos de la humanidad es producir más alimentos; una de las alternativas para lograrlo es la nutrición vegetal. El uso de fertilizantes químicos más estiércol en Chile Poblano es una práctica común entre los agricultores, pero no se han realizado estudios experimentales para definir la mejor combinación para aumentar el rendimiento de fruto. El objetivo de esta investigación fue determinar la mejor combinación de fertilización química más abonos orgánicos para incrementar el rendimiento de Chile Poblano. En abril de 2015 se estableció un experimento con tres fórmulas de fertilización química combinadas con abono comercial SOLEP y estiércoles de ovino y vacuno. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con 39 tratamientos y dos repeticiones. Los resultados muestran que la combinación de estiércol ovino con  $15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  más fertilizante químico con fórmula 80-40-80 (N-P-K) generó mayor rendimiento ( $35.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de fruto verde), mayor altura de planta (74 cm), mayor número de frutos (22 frutos por planta) y se incrementó el peso de fruto (86.52 g). Lo opuesto sucedió en la combinación SOLEP a  $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  más fertilizante químico 80-40-80 (N-P-K), pues generó un rendimiento bajo ( $14 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de fruto verde), menor altura de planta (50 cm), menor número de frutos (9 frutos por planta) y menor peso de fruto (65.13 g). Se concluyó que la aplicación de estiércol ovino a nivel alto en combinación con fertilizantes químicos a nivel medio generó un mayor aumento en el rendimiento de fruto del Chile Poblano.

**Palabras clave:** Abonos orgánicos, fertilizantes químicos, fruto verde, Chile Poblano.

## 2.2. Abstract

One of the challenges of humanity is to produce more food; one of the alternatives to achieve this is plant nutrition. The use of chemical plus organic fertilizers in Poblano pepper is a common practice among farmers, but no studies have been conducted at experimental level and therefore the effect they can have on the increase of fruit yield is unknown. The objective of this research was to determine the best combination of organic and chemical fertilization to increase the yield of Poblano pepper. An experiment with three chemical fertilization formulas and manure (commercial SOLEP, sheep and cattle) as well as their possible combinations was established in April, 2015. A randomized complete block design with 39 treatments and two replications was used. Results show that when sheep manure is applied at doses of  $15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  plus chemical fertilizer with formula 80-40-80 (N-P-K) a higher yield is generated ( $35.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  of fresh fruit), with a higher plant height (74 cm), an increase in the number of fruits (22 fruits per plant) and an increase of fruit weight (86.52 g). In contrast, the combination of SOLEP at  $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  plus chemical fertilizer 80-40-80 (N-P-K) produced a yield of  $14 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  of fresh fruit, 50 cm of plant height, 9 fruits per plant and lower fruit weight with 65.13 g. It was concluded that the application of sheep manure at high level in combination with chemical fertilizers at medium level generates an increase in the yield of Poblano pepper fruit.

**Key words:** Organic manures, chemical fertilizers, fresh fruit, Poblano pepper.

### 2.3. Introducción

Actualmente la humanidad enfrenta varios desafíos, uno de los cuales es el incremento de la producción de alimentos. Por lo anterior es necesario incrementar los rendimientos de los cultivos, como lo es en el caso del cultivo del chile. En este cultivo México no es competitivo a nivel internacional pues ocupa el lugar 47 en rendimiento de chile verde ( $17.2 \text{ t ha}^{-1}$ ) y el 40 en rendimiento de chile seco ( $1.8 \text{ t ha}^{-1}$ ) (FAOSTAT, 2013). Una de las opciones para incrementar el rendimiento es la nutrición del cultivo.

Los nutrientes aportados para el desarrollo de las plantas son esenciales para la producción de cultivos y, por esta razón, la aplicación de fertilizantes orgánicos o químicos son un componente vital de la agricultura. Sin embargo, el aumento de la producción depende en gran medida del tipo de fertilizantes que se utilizan para complementar la necesidad de nutrientes esenciales para la planta (Chen, 2006). Por su parte, Aliyu (2000) y Gupta *et al.* (2015) mencionan que los fertilizantes químicos por si solos no pueden mantener altos niveles de productividad y, debido al aumento en el costo de estos insumos, los productores buscan incorporar abonos orgánicos a sus cultivos.

El estiércol como fuente orgánica de nutrientes mantiene la dinámica del suelo, el desarrollo vegetal y la vida macro y microbiana (Arcos *et al.*, 2012). El estiércol de animales mejora la estructura del suelo y el desarrollo de las raíces; además, contiene nutrientes como el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) que son liberados lentamente y están disponibles para las plantas. También contiene materia orgánica, lo que beneficia la calidad del terreno al mismo tiempo que nutre a las plantas y permite que haya un reciclaje de nutrientes en

el suelo. En el primer año de la aplicación solo se libera parte del contenido total de los nutrientes, la diferencia queda para los siguientes años de cultivo (Zeidan, 2007; Okazaki *et al.*, 2010; Chami *et al.*, 2013). Por lo tanto, al aplicar fertilizantes químicos más una fuente de materia orgánica en el primer año se obtienen mayores rendimientos, con lo que se puede generar mayores márgenes económicos para los productores (Araujo *et al.*, 2010; Bindra *et al.*, 2014).

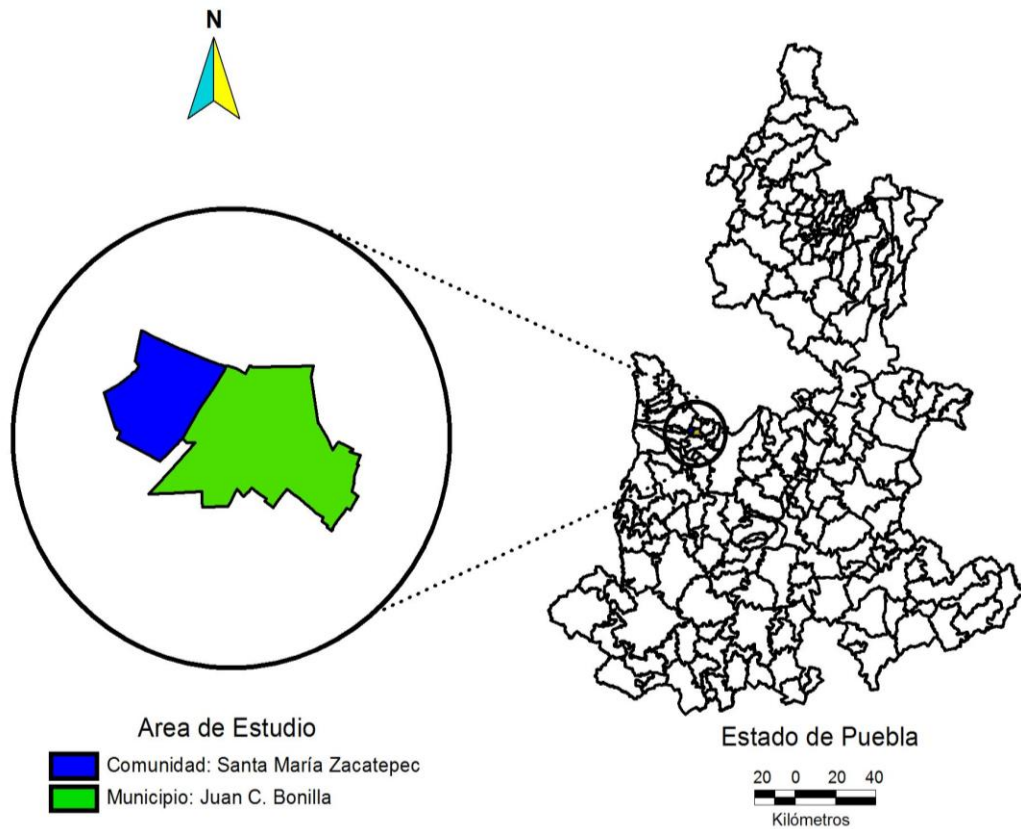
La absorción de cada nutrimento se da durante el crecimiento de las plantas. En el caso del N, P y Mg ocurren cuando la planta ha iniciado la floración; para el K, la absorción se da cuando la tasa de crecimiento y la cantidad de follaje comienza a bajar. Las plantas acumulan N, P, K y Mg en mayor porcentaje en los frutos (Azofeifa y Moreira, 2005). Cada macronutriente tiene su propia función y participa en diferentes procesos metabólicos, así como en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Shtangeeva *et al.*, 2011; Hawkesford *et al.*, 2012; Tripathi *et al.*, 2014). Por otro lado, los micronutrientes desempeñan un papel importante en la función metabólica, celular, crecimiento reproductivo, síntesis de clorofila, producción de carbohidratos, frutas y desarrollo de la semilla (Hänsch y Mendel, 2009; Heidak *et al.*, 2014; Tripathi *et al.*, 2015).

Se han reportado investigaciones sobre el uso de fertilizantes químicos y orgánicos en el cultivo de berenjena (Montaño *et al.*, 2009), pimiento (Santos y Portillo, 2009), ají (Araujo *et al.*, 2010), cebolla (Álvarez *et al.*, 2011), chile jalapeño (Duarte *et al.*, 2012) y en *Solanum nigrum* (Bvenura y Afolayan, 2013). Empero, actualmente no se ha investigado el uso de fertilizantes químicos mezclados con abonos orgánicos específicamente en el cultivo de chile Poblano y en particular en la zona de la Sierra Nevada de Puebla, por lo que se desconoce la mejor combinación que genere los mayores rendimientos. Es por ello que el objetivo de esta investigación fue determinar

la mejor combinación de estiércol y fertilizantes químicos que permita incrementar el rendimiento de fruto en el cultivo de chile Poblano. La información generada será de utilidad para los productores de chile Poblano, pues les permitirá obtener mejores rendimientos con la aplicación de abonos orgánicos en combinación con fertilizantes químicos.

#### **2.4. Materiales y métodos**

El experimento se estableció en abril de 2015 en la localidad de Santa María Zacatepec, perteneciente al municipio de Juan C. Bonilla, Puebla (Figura 2.1). Se utilizó una variedad criolla local que ha sido seleccionada por investigadores del Colegio de Postgraduados Campus Puebla. La siembra de las semillas para la producción de la plántula se llevó a cabo el 18 de marzo de 2015 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, depositando dos semillas por cavidad. Posteriormente se apilaron las charolas y se cubrieron con plástico transparente y fueron colocadas dentro de un invernadero. A los 21 días después de la siembra se aplicó el fertilizante 11-60-0 durante la primera semana a una dosis de 2 g/L de agua; posteriormente se aplicó diariamente el fertilizante 20-18-20 con una dosis de 2 g/L de agua.



**Figura 2.1. Localización de la comunidad de Santa María Zacatepec, municipio de Juan C. Bonilla, estado de Puebla, México.**

#### **2.4.1. Análisis fisicoquímico de estiércol**

Se tomaron muestras de 3 L para cada tipo de estiércol y se cribaron con tamiz de 4, 20, 40, 60 y 100 micras. Se tomó una muestra de 250 g del tamiz de 40 micras y se determinaron los parámetros de pH, conductividad eléctrica (CE), humedad, cenizas, materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), usando la metodología establecida en la norma NMX-FF-109-SCFI-2007 de humus de lombriz. Las características fisicoquímicas de estiércoles y abono comercial SOLEP evaluados se presentan en el Cuadro 2.1.

#### **2.4.2. Tratamientos, diseño y unidad experimental**

Se evaluaron tratamientos con aplicación de estiércoles, fórmulas químicas, así como las combinaciones posibles de ambos. Para la evaluación de los tratamientos se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar formado por 39 tratamientos con dos repeticiones (Cuadro 2.2). La parcela experimental constó de cuatro surcos de 3.9 m de largo por 0.8 m de ancho, con distancia entre plantas de 0.30 m. Cada parcela estuvo formada por 48 plantas y se eligieron los dos surcos centrales como parcela útil, para una densidad de población de 38461 plantas por hectárea.

#### **2.4.3. Manejo agronómico**

La aplicación de estiércol se realizó a los 20 días después del trasplante y la fertilización química se aplicó a los 40 días después del trasplante. El manejo se llevó a cabo de acuerdo a las prácticas que tradicionalmente realiza el agricultor en la región.

#### **2.4.4. Variables medidas y análisis estadístico**

Se registraron las variables días a floración (DF) y días a fructificación (DFr) en el total de plantas de la parcela útil. Adicionalmente, en una muestra de cinco plantas con competencia completa y representativas fenotípicamente de la parcela útil, se determinaron las siguientes variables: altura de planta (AIP), longitud del tallo (LTa), diámetro del tallo (DTa), número de bifurcaciones (NBi), número de frutos (NFr), peso de fruto (PFr), longitud del fruto (LFr), ancho de fruto (AFr), grosor de fruto (GFr), espesor del pericarpio (EPe), número de lóculos del fruto (NLF), número de semillas por fruto (NSF), peso de mil semillas (PSe) y rendimiento por ha (Ren).



**Cuadro 2.1. Características fisicoquímicas de estiércoles y abono comercial utilizados en el experimento de evaluación de abonos orgánicos y fertilizantes químicos para la producción de fruto de chile Poblano.**

Abono	pH	CE (dS·m <sup>-1</sup> )	Humedad (%)	Cenizas (%)	MO (%)	CO (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Ovino	8.96 a	7.18 a	0.07 c	44.09 c	8.36 a	4.85 a	13.30 a	0.26 a	0.57 a	2.85 a	10.24 a
Vacuno	8.37 b	4.03 b	0.09 b	72.13 b	3.33 b	1.93 b	7.70 a	0.25 a	0.47 b	0.93 c	1.98 b
Solep	7.97 b	4.26 b	0.10 a	77.30 a	2.83 b	1.65 b	6.33 a	0.23 b	0.24 c	1.29 b	1.89 b
DMS	0.500	0.275	0.008	1.380	0.824	0.478	0.083	0.009	0.01	0.316	0.244
CV (%)	2.369	2.130	3.896	0.854	6.793	6.8	0.365	1.381	0.929	7.466	2.070
ANOVA	**	***	***	***	***	***	***	***	***	NS	***

CE: Conductividad eléctrica, MO: Materia orgánica, CO: Carbono orgánico, N: Nitrógeno, P: Fósforo, K: Potasio, Ca: Calcio, Mg: Magnesio. DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación, ANOVA: Análisis de varianza, NS: Diferencia no significativa, \*\* y \*\*\*: Diferencias significativas a  $p < 0.01$  y  $p < 0.001$ . Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes.

**Cuadro 2.2. Relación de tratamientos evaluados en la producción de chile Poblano en campo.**

TRATAMIENTOS		
T1 5 tha <sup>-1</sup> estiércol Vacuno	T14 10 tha <sup>-1</sup> estiércol Vacuno + 120-60-120	T27 15 tha <sup>-1</sup> estiércol Ovino + 80-40-80
T2 10 tha <sup>-1</sup> estiércol Vacuno	T15 15 tha <sup>-1</sup> estiércol Vacuno + 120-60-120	T28 5 tha <sup>-1</sup> estiércol Ovino + 40-20-40
T3 15 tha <sup>-1</sup> estiércol Vacuno	T16 5 tha <sup>-1</sup> estiércol Vacuno + 80-40-80	T29 10 tha <sup>-1</sup> estiércol Ovino + 40-20-40
T4 5 tha <sup>-1</sup> estiércol Ovino	T17 10 tha <sup>-1</sup> estiércol Vacuno + 80-40-80	T30 15 tha <sup>-1</sup> estiércol Ovino + 40-20-40
T5 10 tha <sup>-1</sup> estiércol Ovino	T18 15 tha <sup>-1</sup> estiércol Vacuno + 80-40-80	T31 5 tha <sup>-1</sup> Solep + 120-60-120
T6 15 tha <sup>-1</sup> estiércol Ovino	T19 5 tha <sup>-1</sup> estiércol Vacuno + 40-20-40	T32 10 tha <sup>-1</sup> Solep + 120-60-120
T7 5 tha <sup>-1</sup> Solep	T20 10 tha <sup>-1</sup> estiércol Vacuno + 40-20-40	T33 15 tha <sup>-1</sup> Solep + 120-60-120
T8 10 tha <sup>-1</sup> Solep	T21 15 tha <sup>-1</sup> estiércol Vacuno + 40-20-40	T34 5 tha <sup>-1</sup> Solep + 80-40-80
T9 15 tha <sup>-1</sup> Solep	T22 5 tha <sup>-1</sup> estiércol Ovino + 120-60-120	T35 10 tha <sup>-1</sup> Solep + 80-40-80
T10 fórmula 120-60-120	T23 10 tha <sup>-1</sup> estiércol Ovino + 120-60-120	T36 15 tha <sup>-1</sup> Solep + 80-40-80
T11 fórmula 80-40-80	T24 15 tha <sup>-1</sup> estiércol Ovino + 120-60-120	T37 5 tha <sup>-1</sup> Solep + 40-20-40
T12 fórmula 40-20-40	T25 5 tha <sup>-1</sup> estiércol Ovino + 80-40-80	T38 10 tha <sup>-1</sup> Solep + 40-20-40
T13 5 tha <sup>-1</sup> estiércol Vacuno + 120-60-120	T26 10 tha <sup>-1</sup> estiércol Ovino + 80-40-80	T39 15 tha <sup>-1</sup> Solep + 40-20-40

El rendimiento de fruto fresco se determinó al cuantificar el peso de fruto verde promedio por planta en las cinco plantas seleccionadas. Se realizó un análisis de varianza, prueba de medias, correlaciones de Pearson y se determinaron contrastes entre los efectos de los abonos orgánicos y fórmulas de fertilización utilizando el programa SAS versión 9.4 (Statistic Analysis System Institute, 2013).

## 2.5. Resultados y discusión

El Cuadro 2.3 muestra el análisis de varianza de las variables evaluadas. Se presentaron diferencias estadísticamente significativas a  $p < 0.05$  sólo en el 25 % de las variables: altura de planta, número de frutos, peso de fruto y rendimiento. Las cuatro variables que presentan diferencias estadísticas indican que se tiene un efecto en rendimiento, puesto que el número de frutos y peso de fruto son variables directamente relacionadas con el rendimiento de fruto por unidad de superficie. La teoría sobre el uso de fertilizantes químicos en combinación con abonos orgánicos indica que existe un aumento en el rendimiento de fruto, así como de otras características morfológicas de la planta (Duarte *et al.*, 2012; Álvarez *et al.*, 2011). Nuestros resultados concuerdan con la teoría sobre el aumento en el rendimiento de frutos con la aplicación de fertilizantes químicos más estiércoles.

**Cuadro 2.3. Cuadrados medios del análisis de varianza del experimento de evaluación de abonos orgánicos y fertilizantes químicos para la producción de fruto de Chile Poblano.**

Variables evaluadas	CM	Error	CV (%)	Variables evaluadas	CM	Error	CV (%)
DF	10.5	NS	8.1	LFr (mm)	79.9	NS	56.8
DFr	28	NS	21.6	AFr (mm)	9.8	NS	9.2
ALP (cm)	46.9	*	20.5	GFr (mm)	11.9	NS	10.0
LTa (mm)	9.5	NS	7.9	EPe (mm)	0.1	NS	0.1
DTa (mm)	1.5	NS	1.3	NLF	0.1	NS	0.1
NBi	69.9	NS	49.1	NSF	617.1	NS	950.0
NFr	15.6	*	8.1	PSe (g)	0.5	NS	0.6
PFr (g)	72.6	*	42.2	Ren ( $t \cdot ha^{-1}$ )	62.2	*	34.5

CM: Cuadrados medios, CV: Coeficiente de variación, NS: Diferencia no significativa, \*, Diferencia significativa a  $p < 0.05$ . ■Para la descripción de las variables ver la sección Variables medidas y análisis estadístico en Materiales y Métodos.

El Cuadro 2.4 muestra la correlación de rendimiento con respecto a las variables evaluadas.

Altura de planta, número de frutos y peso de frutos presentaron correlación significativa positiva

que va de 0.693 a 0.718, lo cual significa que contribuyen a incrementar el rendimiento; días a floración y fructificación presentaron correlaciones negativas que van de -0,337 a -0.395, por lo que no tuvieron un efecto positivo en la promoción del rendimiento de fruto.

El Cuadro 2.5 muestra la comparación de medias de las cuatro variables con diferencias estadísticamente significativas y se señalan aquellos tratamientos que fueron estadísticamente superiores. Se presentaron diferencias en rendimiento entre los tratamientos que se evaluaron solos y combinados. El tratamiento que generó el mayor rendimiento es el 27, combinando estiércol ovino a un nivel alto ( $15 \text{ t ha}^{-1}$ ) más un nivel medio de fertilización química (80-40-80 N, P, K) obteniendo  $35.5 \text{ t ha}^{-1}$ . En este tratamiento se observa el efecto de las correlaciones positivas con rendimiento de altura de planta, número y peso de frutos, ya que estas variables presentaron valores altos en este tratamiento. Por otro lado, el tratamiento que produjo el menor rendimiento fue el 34, que resultó de la combinación del abono orgánico comercial SOLEP a un nivel bajo ( $5 \text{ t ha}^{-1}$ ) más nivel medio de fertilización química (80-40-80 N, P, K). Los resultados indican que al combinar estiércol con fertilización química se tiende a incrementar el rendimiento, al tener una sinergia entre los dos, a diferencia de la aplicación por separado.

El estiércol ovino a un nivel alto en combinación con un nivel medio de fertilización química favoreció un incremento en el rendimiento de fruto. Esto puede ser atribuible a que los análisis fisicoquímicos demuestran que el estiércol ovino presenta índices altos en el contenido de materia orgánica, así como de N, P, K, Ca y Mg, los cuales son nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas (Cuadro 2.1). Mientras que la fertilización química al suministrar N, P, K, contribuye a un aumento en la fertilidad del suelo, al ser de liberación rápida en comparación con los nutrientes que contiene el estiércol ovino. Por lo que la combinación de ambos genera

una sinergia de elementos que necesita la planta para obtener sus nutrientes y aumentar el rendimiento.

**Cuadro 2.4. Correlación de rendimiento con las variables evaluadas al aplicar abonos orgánicos y fertilizantes químicos para la producción de fruto de chile Poblano.**

Variables	Correlación	Variables	Correlación
DF	-0.337 ***	LFr	0.421 ***
Dfr	-0.395 ***	AFr	0.466 ***
AIP	0.718 ***	GFr	0.444 ***
LTa	0.358 ***	EPe	0.423 ***
DTa	0.744 ***	NLF	0.033 NS
NBi	0.573 ***	NSF	0.312 **
NFr	0.834 ***	PSe	0.022 NS
PFr	0.693 ***		

\*\*, \*\*\* y NS: Diferencias significativas a  $p < 0.01$  y  $p < 0.001$  y diferencia no significativa, respectivamente. Para la descripción de las variables ver la sección Variables medidas y análisis estadístico en Materiales y Métodos.

**Cuadro 2.5. Comparación de medias de cuatro variables evaluadas en campo al aplicar abonos orgánicos y fertilizantes químicos para la producción de chile Poblano.**

Tratamientos	Ren (t ha <sup>-1</sup> )	AIP (cm)	NFr	PFr (g)
27 O 15 80-40-80	35.50 a	74.00 a	19 a	85.04 a
26 O 10 80-40-80	34.00 a	72.00 a	17 a	86.52 a
16 V 5 80-40-80	33.50 a	72.50 a	20 a	77.67 a
20 V 10 40-20-40	31.00 a	71.50 a	17 a	81.03 a
30 O 15 40-20-40	31.00 a	70.50 a	16 a	78.30 a
31 S 5 120-60-120	31.00 a	75.50 a	17 a	74.13 a
32 S 10 120-60-120	31.00 a	76.50 a	17 a	80.71 a
15 V 15 120-60-120	30.50 a	71.00 a	16 a	79.14 a
33 S 15 120-60-120	30.00 a	75.50 a	20 a	72.51
24 O 15 120-60-120	28.50 a	69.50 a	22 a	72.28
25 O 5 80-40-80	28.00 a	70.50 a	16	72.05
38 S 10 40-20-40	27.50 a	71.00 a	16	76.63 a

19	V 5 40-20-40	27.00	a 65.50	15	75.84	a
3	V 15	26.50	a 72.00	a 16	73.11	
8	S 10	26.00	a 72.00	a 13	82.94	a
29	O 10 40-20-40	25.50	a 62.50	14	78.45	a
39	S 15 40-20-40	25.50	a 69.00	a 13	83.43	a
6	O 15	25.00	a 68.50	a 15	74.02	a
10	120-60-120	24.50	a 70.00	a 15	66.76	
23	O 10 120-60-120	24.00	a 68.00	a 17	a 69.58	
12	40-20-40	23.50	69.00	a 15	77.91	a
14	V 10 120-60-120	23.50	69.00	a 14	71.45	
18	V 15 80-40-80	22.00	70.50	a 13	69.56	
21	V 15 40-20-40	22.00	62.50	15	70.05	
28	O 5 40-20-40	21.50	60.50	16	73.77	a
1	V 5	20.50	70.00	a 14	70.05	
22	O 5 120-60-120	20.50	63.50	14	66.44	
11	80-40-80	20.00	70.50	a 12	75.70	a
36	S 15 80-40-80	20.00	69.50	a 13	72.16	
7	S 5	19.50	55.50	13	75.57	a
9	S 15	19.00	68.00	a 14	65.66	
13	V 5 120-60-120	19.00	64.00	13	73.25	
35	S 10 80-40-80	19.00	66.00	13	69.96	
5	O 10	18.00	62.00	11	66.30	
37	S 5 40-20-40	18.00	66.00	12	63.30	
2	V 10	17.50	63.50	11	70.49	
17	V10 80-40-80	17.50	65.50	13	61.72	
4	O 5	14.50	60.00	9	67.95	
34	S 5 80-40-80	14.00	59.00	9	65.13	

Ren: rendimiento por ha, AIP: altura de planta: NFr: número de frutos y PFr: peso de fruto V: Estiércol vacuno, S: Solep, O: Estiércol ovino. Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes.

En un estudio realizado por Mata y Simosa (2002) en tres cultivares de pimiento encontraron que existen diferencias en rendimientos con promedio superior a  $13 \text{ t ha}^{-1}$ , altura de plantas que van de 44 a 64 cm y un máximo de 20 frutos por planta. Los resultados de esta investigación demuestran que es posible aumentar el rendimiento de fruto a  $35.5 \text{ t ha}^{-1}$ , lo que sería muy significativo si tomamos en cuenta que en el rendimiento promedio en la región del estudio en el 2007 fue  $10.3 \text{ t ha}^{-1}$  de fruto verde, y de  $8.4 \text{ t ha}^{-1}$  en el 2015 (SIAP, 2016). Adicionalmente,

altura de planta, número y peso de fruto también presentaron incrementos significativos. Esto puede ser atribuido al efecto que tiene la aplicación de abonos orgánicos en combinación con fertilizantes químicos, ya que el nitrógeno estará disponible durante la etapa de crecimiento y el fósforo aumentará la biomasa. Como resultado del análisis de contrastes se obtuvo que el estiércol vacuno por sí solo presentó un rendimiento promedio de 21.5 t ha<sup>-1</sup>, mientras que el estiércol ovino presentó un rendimiento ligeramente inferior de 19.2 t ha<sup>-1</sup>. La aplicación de los fertilizantes químicos por separado produjo un rendimiento promedio de 22.7 t ha<sup>-1</sup>. Como se observa, cuando ambas fuentes de elementos nutritivos se analizan por separado presentan rendimientos promedio de fruto ligeramente bajos; sin embargo, al combinar el estiércol con los fertilizantes químicos aumenta el rendimiento (Sileshi *et al.*, 2011). Cabe resaltar que el mejor tratamiento produjo un rendimiento experimental promedio de 35.5 t ha<sup>-1</sup>, el cual fue observado en la aplicación de estiércol ovino a 15 t ha<sup>-1</sup> en combinación con la fórmula química N, P, K 80-40-80. Con respecto al rendimiento, Pandey *et al.* (2015) demostraron que la integración de estiércol con fertilizantes químicos representa una estrategia de manejo de nutrientes al contar con alta productividad y rendimiento. Esto ocurre porque el estiércol, al contener materia orgánica de lenta liberación de nutrientes que estarán disponibles por un periodo más largo, se puede complementar con la aplicación de fórmulas químicas, ya que estos son de liberación más rápida al contacto con el suelo y brindarán de inmediato los nutrientes que serán absorbidos por la raíz de la planta (Olowokere y Tijani-Eniola, 2013; Ribeiro *et al.*, 2000). El nitrógeno, que está presente en mayores cantidades en el estiércol ovino, es necesario para la formación de proteína y otras moléculas celulares, dando como resultado un incremento en el rendimiento de fruto al mejorar la nutrición en las plantas. El fósforo, principalmente aportado por la fertilización química, mejora el desarrollo de la raíz de la planta, así como la formación de

frutos. El potasio es útil en las plantas en crecimiento ya que activa enzimas y desempeña un papel en el equilibrio del agua en la planta, lo que contribuye a mejorar los rendimientos y la calidad de los frutos (Chalkoo *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2014; Houdusse *et al.*, 2007; Kuangfei *et al.*, 1999; Vos y Frinking, 1997).

El vigor de una planta es el reflejo de su nutrición e incrementa las posibilidades de obtener frutos sanos y de calidad. Es sabido que los nutrientes de los estiércoles son de liberación lenta, sobre todo en el primer año, lo que se compensa con la acción rápida de los fertilizantes químicos, lo que favorece que estos nutrientes actúen en conjunto con los microorganismos del suelo para el desarrollo de la planta (Calvo *et al.*, 2009).

Esta investigación contribuye a complementar el conjunto de información científica sobre el uso y aplicación de fertilizantes químicos y abonos orgánicos para promover el incremento del rendimiento de fruto de chile Poblano en la región de la Sierra Nevada del estado de Puebla. Es necesario resaltar que al realizar la combinación de estiércoles con fertilizantes químicos se observó el aumento en el rendimiento a diferencia de que si se aplicaran separados.

## **2.6. Conclusión**

La combinación de estiércol ovino en sus niveles altos con la fertilización química en sus niveles medios permitió obtener los mayores rendimientos, a pesar de que sólo la altura de planta, el número de frutos y peso de fruto por planta fueron influenciadas positivamente por ambos.



## **Agradecimiento**

La primera autora agradece al agricultor Fernando Cuenca, por la facilitación del terreno para llevar a cabo la investigación, a los trabajadores de la MAP unidad Huejotzingo y al Dr. Nicolás Pérez Ramírez por la elaboración de la Figura 2.1.

## **2.7. Literatura citada**

- Aliyu, L. 2000. Effect of organic and mineral fertilizers on growth, yield and composition of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Biological Agriculture & Horticulture*. 1(18):29–36.
- Álvarez, J.C., Venegas, S., Soto, C., Chávez, A., y Zavala, L. 2011. Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) en Apatzingán, Michoacán, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 2(15):29–43.
- Araujo, E.A.R., Benavides, M.M.B., y Flores, J.C.M. 2010. Efecto de la fertilización en la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum* spp.) en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*. 1(59):55–64.
- Arcos, M.L., Matu, J.E.P., y Cortez, M.A.M. 2012. Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* L. Jacq) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. *Revista Científica UDO Agrícola*. 1(12):307–312.
- Azofeifa, Á., y Moreira, M.A. 2005. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* CV. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 1(29):77–84.
- Bindra, A.D., Chopra, P. y Lal, H. 2014. Yield sustainability and chemical fertilizer economy through IPNS in capsicum (*Capsicum annum* L. Var. grossum) under dry temperate

- condition of Himachal Pradesh. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*. 1(8):183-188.
- Bvenura, C. y Afolayan, A.J. 2013. Growth and physiological response to organic and/or inorganic fertilizers of wild *Solanum nigrum* L. cultivated under field conditions in Eastern Cape Province, South Africa. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 8(63):683–693.
- Calvo, E., Calvo, I., Jimenez, A., Porcuna, J.L. y Sanz, M.J. 2009. Using manure to compensate ozone-induced yield loss in potato plants cultivated in the east of Spain. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 131:185–192.
- Chalkoo, S., Sahay, S., Inam, A. e Iqbal, S. 2014. Application of wastewater Irrigation on growth and yield of chilli under nitrogen and phosphorus fertilization. *Journal of Plant Nutrition*. 7(37):1139–1147.
- Chami, Z. Al, Cavoski, I., Mondelli, D. y Miano, T. 2013. Effect of compost and manure amendments on zinc soil speciation, plant content, and translocation in an artificially contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research*. 20:4766–4776.
- Chen, J.H. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. *In: International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use*. Citeseer, 20 p.
- Duarte, R.M., Contreras, R.L.G. y Contreras, F.R. 2012. Respuesta de la aplicación de estiércol y fertilizantes sobre el rendimiento y calidad del chile jalapeño. *BIOTecnia*. 3(14):32–38.
- FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. 2013. Rendimientos de chiles verdes y secos a nivel mundial año 2013. <http://faostat.fao.org/beta/es/#data/QC> (Octubre 2016).

- Gupta, S., Kaushal, R., Spehia, R.S., Pathania, S.S. y Sharma, V. 2015. Productivity of Capsicum as influenced by conjoint application of isolated indigenous PGPR and chemical fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*. 20:1-19.
- Hänsch, R. y Mendel, R.R. 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*. 3(12):259–266.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I.S. y White, P. 2012. Functions of Macronutrients. In: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Elsevier. 135–189 pp.
- Heidak, M.O., Glasmacher, U.A. y Schöler, H.F. 2014. A comparison of micronutrients (Mn, Zn, Cu, Mo, Ni, Na) within rocks, soils, and leaves from fallow agricultural lands and natural laurel forest areas. *Journal of Geochemical Exploration*. 136:55–64.
- Houdusse, F., Garnica, M. y Garcia, J.M. 2007. Nitrogen fertilizer source effects on the growth and mineral nutrition of pepper (*Capsicum annuum* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 11(87):2099–2105.
- Kuangfei, L., Yaling, X., Xuefeng, L. y Pastore, G. 1999. Loss of nitrogen, phosphorus, and potassium through crop harvests in agroecosystems of Qianjiang, Hubei Province, PR China. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 3(18):393–401.
- Liu, R., Kang, Y., Zhang, C., Pei, L., Wan, S., Jiang, S., Liu, S., Ren, Z. y Yang, Y. 2014. Chemical fertilizer pollution control using drip fertigation for conservation of water quality in Danjiangkou Reservoir. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 3(98):295–307.
- Mata, N.M. y Simosa, J. 2002. Efecto de combinaciones de humus de lombriz roja (*Eisenia fetida* L.) y fertilizante químico en el rendimiento de tres cultivares de pimentón (*Capsicum annuum* L.). *Revista Científica UDO Agrícola*. 1(2):79–83.

- Montaño, N.J., Mallé, J.A. y Gallardo, A.J. 2009. Respuesta de tres cultivares de berenjena (*Solanum melogena* L.) a diferentes combinaciones de fertilizante orgánico y fertilizante químico Response of three eggplant (*Solanum melogena* L) cultivars to different organic fertilizer combinations and chemical fertilizer. Revista Científica UDO Agrícola. 4(9):807–815.
- Okazaki, K., Shinano, T., Oka, N. y Takebe, M. 2010. Metabolite profiling of *Raphanus sativus* L. to evaluate the effects of manure amendment. Soil Science and Plant Nutrition. 4(56):591–600.
- Olowokere, F.A. y Tijani, H. 2013. Pepper response to inorganic and organomineral fertilizers in Southwestern Nigeria. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 6(44):1127–1139.
- Pandey, V., Patel, A. y Patra, D.D. 2015. Amelioration of mineral nutrition, productivity, antioxidant activity and aroma profile in marigold (*Tagetes minuta* L.) with organic and chemical fertilization. Industrial Crops and Products 76:378–385.
- Ribeiro, L.G., Lopes, J.C., Martins, S. y Ramalho, S.S. 2000. Adubação orgânica na produção de pimentão. Horticultura Brasileira. 2(18):134–137.
- Santos, J.R. y Portillo, O.R. 2009. Evaluación de la fertilización orgánica como alternativa suplementaria a la fertilización química en el cultivo del chile dulce (*Capsicum annuum*). FHIA. Programa de Hortalizas. 84–95 pp.
- SAS Institute Inc. 2013. SAS Version 9.4. Statistical Analysis System Institute. Cary, NC, USA.
- Shtangeeva, I., Steinnes, E. y Lierhagen, S. 2011. Macronutrients and trace elements in rye and wheat: Similarities and differences in uptake and relationships between elements. Environmental and Experimental Botany. 70:259–265.

- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015. Anuario estadístico de la producción agrícola. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp). (Septiembre 2016).
- Sileshi, G.W., Akinnifesi, F.K., Gondwe, F.M., Ajayi, O.C., Mngomba, S. y Mwafongo, K. 2011. Effect of organic fertilizer on the growth and fruit yield of six paprika (*Capsicum annum* L.) cultivars in Malawi. *Agroforestry Systems*. 3(83):361–372.
- Tripathi, D.K., Singh, S., Singh, S., Mishra, S., Chauhan, D.K. y Dubey, N.K. 2015. Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: advances and future prospective. *Acta Physiologiae Plantarum*. 7(37):139-152.
- Tripathi, D.K., Singh, V.P., Chauhan, D.K., Prasad, S.M. y Dubey, N.K. 2014. Role of macronutrients in plant growth and acclimation: Recent advances and future prospective. In: Ahmad, P., Wani, M.R., Azooz, M.M., Phan Tran, L.-S. (Eds.), *Improvement of Crops in the Era of Climatic Changes*. Springe NY. 197–216 pp.
- Vos, J.G.M. y Frinking, H.D. 1997. Nitrogen fertilization as a component of integrated crop management of hot pepper (*Capsicum* spp.) under tropical lowland conditions. *International Journal of Pest Management*. 1(43):1–10.
- Zeidan, M. S. 2007. Effect of organic manure and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of lentil plants in sandy soil. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 3:748–752.

## DISCUSIÓN GENERAL

La base para mejorar el nivel de fertilización de un cultivo determinado es el conocimiento que han generado y mantienen los agricultores al respecto, complementado con las innovaciones científicas para llevar a cabo una recomendación a nivel nutricional (Ren *et al.*, 2011). El conocimiento de los agricultores en el caso del cultivo de chile Poblano es variado, pero a nivel nutricional es escaso, teniendo como consecuencia niveles productivos reducidos de fruto, ya sea en verde o seco.

Los agricultores de la Sierra Nevada de Puebla se clasificaron en tres grupos, que se formaron de acuerdo a la manera en que complementan el uso de los fertilizantes químicos con la aplicación de abonos orgánicos. Se encontraron productores que usan estiércol, composta y fertilizantes químicos, los que fertilizan con estiércol y fertilizantes químicos y aquellos que solo se basan en la fertilización química. Esta información nos ayuda a mejorar los niveles de fertilización generándoles información sobre las cantidades requeridas por el cultivo de chile Poblano. Si se considera que actualmente la nutrición de las plantas no se puede basar solo en el uso de fertilizantes químicos, en este estudio se demostró que, en términos productivos, es más conveniente combinar fertilizantes químicos con abonos orgánicos o estiércoles, que estén, preferentemente, disponibles en la localidad (Dopico *et al.*, 2009). Esto es conveniente porque, de manera simultánea, se aprovechan las experiencias y aprendizajes con que cuentan los productores en cuanto al uso de fertilizantes químicos y abonos orgánicos en el cultivo de chile Poblano que han acumulado durante su actividad agrícola.

Los agricultores buscan incrementar su productividad experimentando con diferentes fuentes de fertilización, pero por lo regular están limitados en cuanto a la aplicación de las cantidades apropiadas para el buen desarrollo de la planta (Zhu *et al.*, 2007). Al contar con una perspectiva sobre el uso de fertilizantes químicos y estiércol en el cultivo de chile Poblano se presentan evidencias con el estudio realizado de que a través del uso combinado de ambas fuentes de elementos nutritivos es posible incrementar el rendimiento de fruto, ya que el precisar ciertas dosis de estiércol y fórmulas de fertilización, en términos de N, P, K, es esencial para que se cumpla el ciclo de la planta y esta pueda presentar mayores niveles productivos (Duarte *et al.*, 2012; Maathuis, 2009; Álvarez *et al.*, 2011).

El estiércol contiene materia orgánica, misma que al adicionarse al cultivo y ser de liberación lenta permite que las plantas cuenten con los nutrientes requeridos. Sin embargo, la estrategia de complementar esta nutrición con fertilizantes químicos permitió demostrar que existe un incremento en el rendimiento de fruto a ciertos niveles en la aplicación de estiércol ovino y una fórmula de N, P, K media. Pandey *et al.*, (2015) demostraron que la integración de estiércol con fertilizantes químicos representa una estrategia de manejo de nutrientes para contar con alta productividad y rendimiento. Una nutrición adecuada de la planta se ve reflejada en la producción de frutos sanos y de calidad.

Los resultados de esta investigación sugieren que es necesario enfocarnos en estrategias sobre una adecuada fertilización en el cultivo de chile Poblano. En esta estrategia es recomendable valorar el conocimiento tradicional de los agricultores, en relación a diferentes fuentes de fertilización, para con ello mejorar la producción del cultivo al combinar el uso de estiércol que

les genera su ganado, y que por lo tanto tienen disponible localmente, con la aplicación de fórmulas de fertilización química. Si los productores de Chile Poblano obtienen beneficios respecto al incremento del rendimiento de fruto, lo cual es un reto que enfrentan cotidianamente, será posible mantener al cultivo de Chile Poblano como uno de los más representativos del estado, pues aún cuenta con gran arraigo entre los agricultores de la zona de estudio. Al mismo tiempo, se contribuye a dar respuesta a uno de los mayores desafíos que enfrenta nuestro país y la población mundial: el aumento en la producción de alimentos, lo cual tiene beneficios no solo en el ámbito agrícola, sino también en el aspecto social de cualquier región rural en México.

## **1. Literatura citada**

- Álvarez, J.C., Venegas, S., Soto, C., Chávez, A. y Zavala, L. 2011. Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) en Apatzingán, Michoacán, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 2(15):29–43.
- Dopico, E., Linde, A.R. y Garcia-Vazquez, E. 2009. Traditional and modern practices of soil fertilization: effects on Cadmium pollution of river ecosystems in Spain. *Hum Ecol*. 2(37):235–240.
- Duarte, R.M., Contreras, R.L.G., y Contreras, F.R. 2012. Respuesta de la aplicación de estiércol y fertilizantes sobre el rendimiento y calidad del Chile Jalapeño. *BIOtecnica*. 3(14):32–38.
- Maathuis, F.J. 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*. 3(12):250–258
- Pandey, V., Patel, A. y Patra, D.D. 2015. Amelioration of mineral nutrition, productivity, antioxidant activity and aroma profile in marigold (*Tagetes minuta* L.) with organic and chemical fertilization. *Industrial Crops and Products*. 76:378–385.



Ren, Z., Chen, J., Cheng, J., Ma, W. y Lü, X. 2011. Knowledge-based fertilization recommendation system and application. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 12(27):126–131.

Zhu, Y., Cao, W.-X., Dai, T.-B., Tian, Y.-C. y Yao, X. 2007. A Knowledge Model System for Wheat Production Management. Pedosphere. 17:172–181.

## CONCLUSIONES GENERALES

El aporte a la ciencia está fundamentado en la teoría del conocimiento tradicional y relacionado directamente con la teoría de la seguridad alimentaria y la necesidad de fertilizar los cultivos. El uso de estiércol y fertilizantes químicos es un conocimiento que posee el agricultor, pero no conoce con precisión el cómo realizar una combinación de ambas fuentes de nutrientes. Los agricultores usan diferentes fuentes de fertilización dependiendo de lo que está a su alcance. Al contar con ganado, el cual les genera estiércol, tienen la posibilidad de aplicarlo a su cultivo. Este conocimiento es una pauta para acoplar su forma de fertilización con la integración de un buen uso de la fertilización, la cual les beneficiará directamente en forma de aumentos de producción de fruto.

Lo anterior se conjunta con el conocimiento existente sobre la aplicación combinada de abonos orgánicos y fertilizantes químicos, ya que, al usar estiércol, principalmente de ovino, más una fórmula de fertilización química se tiende a incrementar los rendimientos de fruto del cultivo de chile Poblano. Este tipo de investigación favorece la difusión y generación de tecnología en relación a dosis de fertilización química en combinación con fertilizantes orgánicos y contribuye a mejorar el rendimiento del cultivo de chile Poblano. Sin embargo, resulta necesario sistematizar y aprovechar el conocimiento que posee el agricultor, para poder considerarlo como parte de la generación de esta tecnología. Esto favorece la producción de alimentos para la sociedad y la permanencia de un cultivo que en México es sinónimo de riqueza cultural y gastronómica; ambos aspectos benefician directamente a los agricultores, que día a día buscan mejorar su manera de producir, para contribuir a hacer crecer la agricultura mexicana en general y la producción de chile poblano en particular, en la región de la Sierra Nevada de Puebla.

## LITERATURA GENERAL

- Aliyu, L. 2000. Effect of organic and mineral fertilizers on growth, yield and composition of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Biological Agriculture & Horticulture*. 1(18):29–36.
- 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. 14 p.
- Altieri, M.A., y Nicholls, C.I. 2010. *Agroecología: potenciando la agricultura campesina para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria en el mundo*. Universidad de California, Berkeley y Sociedad Científica Latino Americana de Agroecología (SOCLA). *Revista de Economía Crítica*. Número 10. 74 p.
- Álvarez, J.C., Venegas, S., Soto, C., Chávez, A. y Zavala, L. 2011. Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) en Apatzingán, Michoacán, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 2(15):29–43.
- Aparicio-del-Moral, J.O., Tornero-Campante, M.A., Sandoval-Castro, E., Villarreal-Manzo, L.A., de los Ángeles y Rodríguez-Mendoza, M. 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*. 1(9):17–24.
- Araujo, E.A.R., Benavides, M.M.B., y Flores, J.C.M. 2010. Efecto de la fertilización en la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum* spp.) en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*. 1(59):55–64.
- Arcos, M.L., Matu, J.E.P., y Cortez, M.A.M. 2012. Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* L. Jacq) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. *Revista Científica UDO Agrícola*. 1(12):307–312.

- Azofeifa, Á., y Moreira, M.A. 2005. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* CV. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 1(29):77–84.
- Barra, J. D. E. 1999. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. *Terra Latinoamericana*. 3(17):209–219.
- Bindra, A.D., Chopra, P. y Lal, H. 2014. Yield sustainability and chemical fertilizer economy through IPNS in capsicum (*Capsicum annuum* L. Var. *grossum*) under dry temperate condition of Himachal Pradesh. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*. 1(8):183-188.
- Blanco, R. J. L. 2006. Erosión de la agrobiodiversidad en la milpa de los Zoques Popoluca de Soteapan: Xutuchincon y Aktevet. Tesis Doctoral. Universidad Iberoamericana. 490 p.
- Bunch, R. 2012. Restoring the soil: a guide for using green manure/cover crops to improve the food security for smallholder farmers. *Canadian Foodgrains Bank, Winnipeg*. 94 p.
- Bvenura, C. y Afolayan, A.J. 2013. Growth and physiological response to organic and/or inorganic fertilizers of wild *Solanum nigrum* L. cultivated under field conditions in Eastern Cape Province, South Africa. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 8(63):683–693.
- Calatayud-Giner, S. y Mateu-Tortosa, E. 1995. Tecnología y conocimientos prácticos en la agricultura valenciana. *Noticiario de Historia Agraria*. 9:43-67 pp.
- Calvo, E., Calvo, I., Jimenez, A., Porcuna, J.L. y Sanz, M.J. 2009. Using manure to compensate ozone-induced yield loss in potato plants cultivated in the east of Spain. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 131:185–192.
- Caporal, F. y Hernández, J.M. 2004. La Agroecología desde Latinoamérica: avances y perspectivas. [http://agroeco.org/brasil/material/La\\_Agroecologia\\_LA](http://agroeco.org/brasil/material/La_Agroecologia_LA). (Abril 2016).

- Chalkoo, S., Sahay, S., Inam, A. e Iqbal, S. 2014. Application of wastewater Irrigation on growth and yield of chilli under nitrogen and phosphorus fertilization. *Journal of Plant Nutrition*. 7(37):1139–1147.
- Chami, Z. Al, Cavoski, I., Mondelli, D. y Miano, T. 2013. Effect of compost and manure amendments on zinc soil speciation, plant content, and translocation in an artificially contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research*. 20:4766–4776.
- Chen, J.H. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. *In: International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use*. Citeseer. 20 p.
- Cole, J.C., Smith, M.W., Penn, C.J., Cheary, B.S. y Conaghan, K.J. 2016. Nitrogen, phosphorus, calcium, and magnesium applied individually or as a slow release or controlled release fertilizer increase growth and yield and affect macronutrient and micronutrient concentration and content of field-grown tomato plants. *Scientia Horticulturae*. 211:420–430.
- Dopico, E., Linde, A.R. y Garcia-Vazquez, E. 2009. Traditional and modern practices of soil fertilization: effects on Cadmium pollution of river ecosystems in Spain. *Hum Ecol*. 2(37):235–240.
- Duarte, R.M., Contreras, R.L.G. y Contreras, F.R. 2012. Respuesta de la aplicación de estiércol y fertilizantes sobre el rendimiento y calidad del chile jalapeño. *BIOtecnia*. 3(14):32–38.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2002. *Fertilizantes: una guía de bolsillo para los oficiales de extensión*. Roma. 77 pp.

- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. 2002. Manual integrado de plagas y enfermedades en cultivos hidropónicos e invernadero. Roma. 2 p.
- FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. 2013. Rendimientos de chiles verdes y secos a nivel mundial año 2013. <http://faostat.fao.org/beta/es/#data/QC> (Octubre 2016).
- FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. 2013. Estadísticos de la producción mundial de chile. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (Noviembre 2016).
- 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> (Diciembre 2016).
- Finck, A. 1988. Fertilizantes y fertilización: fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Reverte. Barcelona. 420 pp.
- Florentín, M.A., y McDonald, M.J. 2011. Green manure, cover crops and crop rotation in conservation agriculture on small farms, Integrated Crop Management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 95 p.
- Flores, P., Navarro, J.M., Garrido, C., Rubio, J.S. y Martínez, V. 2004. Influence of Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> fertilization on nutritional quality of pepper. J. Sci. Food Agric. 6(84):569–574.
- 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](http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf). (Abril 2016).

- Galindo, G. 2007. El servicio de asistencia técnica a los productores de chile seco en Zacatecas. *Convergencia*. 43(14):137-165.
- Glinsk, J., Horabik, J. y Lipiec, J. 2011. Encyclopedia Aprophysics. Fertilizers (mineral, organic), effect on soil physical properties. Edited by Springer Science. 296 p.
- Guo, M., Jia, X., Huang, J., Kumar, K.B., y Burger, N.E. 2015. Farmer field school and farmer knowledge acquisition in rice production: Experimental evaluation in China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. (209):100–107.
- Gupta, S., Kaushal, R., Spehia, R.S., Pathania, S.S. y Sharma, V. 2015. Productivity of Capsicum as influenced by conjoint application of isolated indigenous PGPR and chemical fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*. 20:1-19.
- Hänsch, R. y Mendel, R.R. 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*. 3(12):259–266.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I.S. y White, P. 2012. Functions of Macronutrients. In: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Elsevier. 135–189 pp.
- Heidak, M.O., Glasmacher, U.A. y Schöler, H.F. 2014. A comparison of micronutrients (Mn, Zn, Cu, Mo, Ni, Na) within rocks, soils, and leaves from fallow agricultural lands and natural laurel forest areas. *Journal of Geochemical Exploration*. 136:55–64.
- Hernández-Xolocotzi, E. 1988. La agricultura tradicional en México. *Comercio Exterior*. 38:673-678.
- Herrera, F.E. 2016. El Sistema de Producción de Chile “Poblano”: Características y Fitomejoramiento de Germoplasma Local Sobresaliente. Tesis de Maestría. Postgrado en

- Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. 73 p.
- Houdusse, F., Garnica, M. y Garcia, J.M. 2007. Nitrogen fertilizer source effects on the growth and mineral nutrition of pepper (*Capsicum annuum* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 11(87):2099–2105.
- Howes, M. y Chambers, R. 1979. Indigenous Technical Knowledge analysis, implications and issues. *IDS Bulletin*. 10:5-11
- 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. 61 p.
- Huerta, A., Fernández, S. y, Ocampo I. 2007. Manual de chile poblano. Importancia económica y sociocultural. 1ª ed. Noviembre. Impreso en México. 20-33 pp.
- Kuangfei, L., Yaling, X., Xuefeng, L. y Pastore, G. 1999. Loss of nitrogen, phosphorus, and potassium through crop harvests in agroecosystems of Qianjiang, Hubei Province, PR China. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 3(18):393–401.
- Kumar, A., Pathak, A.K., y Guria, C. 2015. NPK-10:26:26 complex fertilizer assisted optimal cultivation of *Dunaliella tertiolecta* using response surface methodology and genetic algorithm. *Bioresource Technology*. 194:117–129.
- Labrador, M. 1996. La Materia Orgánica en los Agrosistemas. Primera Edición. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación & Mundi–Prensa. Madrid, España. 193 p.
- Landini, F. 2011. La dinámica de los saberes locales y el proceso de localización del saber científico. Aportes desde un estudio de caso. *Cuadernos de Desarrollo Rural*. 65(7):21-43.



- Latournerie, L., Chávez, J.L., Pérez, M., Castañón, G., Rodríguez, S.A., Arias, L.M., y Ramírez, P. 2002. Valoración *In situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. Revista Fitotecnia Mexicana. 25:25-33.
- Liu, R., Kang, Y., Zhang, C., Pei, L., Wan, S., Jiang, S., Liu, S., Ren, Z. y Yang, Y. 2014. Chemical fertilizer pollution control using drip fertigation for conservation of water quality in Danjiangkou Reservoir. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 3(98):295–307.
- Maathuis, F.J.2009. Physiological functions of mineral macronutrients. Current Opinion in Plant Biology. 3(12):250–258
- Magrama. 2016. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. La nutrición de las plantas. www.magrama.es. (Abril 2016).
- Martínez, C. R. 2008. Agricultura tradicional campesina: características ecológicas. Tecnología en marcha. 21:3-13
- Martínez, F. J. I. 2008. La agrobiodiversidad del sistema de producción milpero de Ocotil Chico, San Pedro Soteapan, Ver. Tesis profesional. Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Universidad Veracruzana. 74p.
- Mata, N.M. y Simosa, J. 2002. Efecto de combinaciones de humus de lombriz roja (*Eisenia fetida* L.) y fertilizante químico en el rendimiento de tres cultivares de pimentón (*Capsicum annuum* L.). Revista Científica UDO Agrícola. 1(2):79–83.
- Montaño, N.J., Mallé, J.A. y Gallardo, A.J. 2009. Respuesta de tres cultivares de berenjena (*Solanum melogena* L.) a diferentes combinaciones de fertilizante orgánico y fertilizante químico Response of three eggplant (*Solanum melogena* L) cultivars to different organic

- fertilizer combinations and chemical fertilizer. *Revista Científica UDO Agrícola*. 4(9):807–815.
- Morán, F. E. 1993. *La ecología humana de los pueblos de la Amazonia*. Trad. Mastrangelo S. Fondo de Cultura Económica de España. México. 325 p.
- Navarro, G., García., y Navarro, S.G. 2014. *Fertilizantes químicos y acción*. 3<sup>er</sup> ed. Mundi-prensa. Madrid España. 46-48 p.
- Nesme, T., Bellon, S., Lescourret, F., Senoussi, R., y Habib, R. 2005. Are agronomic models useful for studying farmers' fertilization practices?. *Agricultural Systems*. 3(83):297–314.
- Nkoa, R. 2014. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 2(34):473–492.
- Okazaki, K., Shinano, T., Oka, N. y Takebe, M. 2010. Metabolite profiling of *Raphanus sativus* L. to evaluate the effects of manure amendment. *Soil Science and Plant Nutrition*. 4(56):591–600.
- 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): 40–50.
- Olowokere, F.A. y Tijani, H. 2013. Pepper response to inorganic and organomineral fertilizers in Southwestern Nigeria. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 6(44):1127–1139.
- 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.* 1076:59–164.

- Pandey, V., Patel, A. y Patra, D.D. 2015. Amelioration of mineral nutrition, productivity, antioxidant activity and aroma profile in marigold (*Tagetes minuta* L.) with organic and chemical fertilization. *Industrial Crops and Products*. 76:378–385.
- Pretty, J.N., Morison, J.I.L. y Hine, R.E. 2003. Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in developing countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1(95):217–234.
- Remmers, G. G. 1993. Agricultura tradicional y agricultura ecológica: vecinos distantes. Instituto de Sociología y Estudios Campesino, Universidad de Córdoba. *Agricultura y Sociedad*. 66:201-220.
- Ren, Z., Chen, J., Cheng, J., Ma, W. y Lü, X. 2011. Knowledge-based fertilization recommendation system and application. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 12(27):126–131.
- Ribeiro, L.G., Lopes, J.C., Martins Filho, S., y Ramalho, S.S. 2000. Adubação orgânica na produção de pimentão. 2(18):134–137.
- Rodríguez, J., Peña, B.V., Gil, A., Martínez, B., Manzano, F., y Salazar, L. 2007. Rescate in situ del chile poblano en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 30:30:27.
- Salazar-Jara, F.I. y Juárez-López, P. 2013. Requerimiento macronutricional en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.). *Revista Bio Ciencias* 2(2):24-34.
- Santa-María, G.E., Moriconi, J.I. y Olieruk, S. 2015. Internal efficiency of nutrient utilization: what is it and how to measure it during vegetative plant growth?. *J. Exp. Bot.* 11(66):3011–3018.
- Santiago, M.V.G. y Reynoso, D.S.F. 2009. Seguridad alimentaria, saberes campesinos y agroecología. *Revista Brasileira de Agroecología*. 2(4):3995-3998.

- Santos, J.R. y Portillo, O.R. 2009. Evaluación de la fertilización orgánica como alternativa suplementaria a la fertilización química en el cultivo del chile dulce (*Capsicum annuum*). FHIA. Programa de Hortalizas. 84–95 pp.
- SAS Institute Inc. 2013. SAS Version 9.4. Statistical Analysis System Institute. Cary, NC, USA.
- Schröder, J. 2005. Revisiting the agronomic benefits of manure: a correct assessment and exploitation of its fertilizer value spares the environment. *Bioresource Technology*. 2(96):253–261.
- Shtangeeva, I., Steinnes, E. y Lierhagen, S. 2011. Macronutrients and trace elements in rye and wheat: Similarities and differences in uptake and relationships between elements. *Environmental and Experimental Botany*. 70:259–265.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2015. Anuario estadístico de la producción agrícola. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp). (Septiembre 2016).
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2015. Atlas agroalimentario. Boletines. [http://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016](http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016). (Diciembre 2016).
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2015. Anuario estadístico de la producción agrícola. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp). (Diciembre 2016).
- Sileshi, G.W., Akinnifesi, F.K., Gondwe, F.M., Ajayi, O.C., Mngomba, S. y Mwafongo, K. 2011. Effect of organic fertilizer on the growth and fruit yield of six paprika (*Capsicum annum* L.) cultivars in Malawi. *Agroforestry Systems*. 3(83):361–372.
- Swift, J. 1979. Notes on traditional knowledge modern knowledge and rural development. *IDS Bulletin*. 2(10):41-43.

- Toledo, V.M. 1991. El juego de la supervivencia. En *Agroecología: Ciencia y Aplicación*. CLADES. Berkeley, CA, EEUU. 3-44 pp.
- Trinidad, A. 2016. Abonos Orgánicos. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de postgraduados. Sistema de Agronegocios Agrícolas. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>. (Abril 2016).
- Tripathi, D.K., Singh, S., Singh, S., Mishra, S., Chauhan, D.K. y Dubey, N.K. 2015. Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: advances and future prospective. *Acta Physiologiae Plantarum*. 7(37):139-152.
- Tripathi, D.K., Singh, V.P., Chauhan, D.K., Prasad, S.M. y Dubey, N.K. 2014. Role of macronutrients in plant growth and acclimation: Recent advances and future prospective. In: Ahmad, P., Wani, M.R., Azooz, M.M., Phan Tran, L.-S. (Eds.), *Improvement of Crops in the Era of Climatic Changes*. Springe NY. 197–216 pp.
- Ugarte, M.E.B., Belmar, C.A. y Holwerda, H.T. 2007. Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad pimiento. SQM the worldwide business formula. 100 p.
- 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.
- Vandermeer, J. y Perfecto, I. 2007. The agricultural matrix and a future paradigm for conservation. *Conservation Biology*. 1(21):274–277.
- Vian, A. 2006. Introducción a la química industrial. Capítulo 10 la roca fosfática como materia prima, fertilización y fertilizantes. Editorial Reverte, S. A. Barcelona, España. 263 p.

- Vos, J.G.M. y Frinking, H.D. 1997. Nitrogen fertilization as a component of integrated crop management of hot pepper (*Capsicum* spp.) under tropical lowland conditions. *International Journal of Pest Management*. 1(43):1–10.
- White, P.J. y Brown, P.H. 2010. Plant nutrition for sustainable development and global health. *Ann Bot*. 7(105):1073–1080.
- Williams D.R., Potts B.M. y Smethurst P.J. 2003. Promotion of flowering in *Eucalyptus nitens* by paclobutrazol was enhanced by nitrogen fertilizer. *Can J for res*. 1(33):74–81.
- Zapata, F. 2002. Contribución de las técnicas nucleares al desarrollo de prácticas de manejo integrado del suelo, agua y nutrimentos para el incremento de la producción agrícola. *Terra Latinoamericana*. 1(20):1–6.
- Zeidan, M. S. 2007. Effect of organic manure and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of lentil plants in sandy soil. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 3:748–752.
- Zhu, Y., Cao, W.-X., Dai, T.-B., Tian, Y.-C. y Yao, X. 2007. A Knowledge Model System for Wheat Production Management. *Pedosphere* 17:172–181.