



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS PUEBLA**

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

### **EVALUACIÓN DE BIOFERTILIZANTES Y FACTORES PARA SU INNOVACIÓN CON PRODUCTORES DE MAÍZ EN SAN FELIPE TEOTLALCINGO, PUEBLA**

**JOAQUÍN ZAGOYA MARTÍNEZ**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS**

PUEBLA, PUEBLA  
2013



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

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

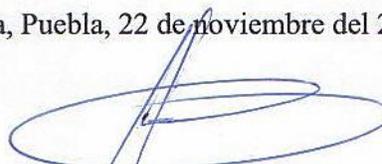
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN

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, el que suscribe **Joaquín Zagoya Martínez**, alumno 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. Juventino Ocampo Mendoza**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Evaluación de biofertilizantes y factores para su innovación con productores de maíz en San Felipe Teotlalcingo, Puebla**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el 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, 22 de noviembre del 2013.



Joaquín Zagoya Martínez

Firma



Dr. Juventino Ocampo Mendoza

La presente tesis, titulada: **Evaluación de biofertilizantes y factores para su innovación con productores de maíz en San Felipe Teotlalcingo, Puebla**, realizada por el alumno: **Joaquín Zagoya Martínez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. JUVENTINO OCAMPO MENDOZA

ASESOR:



DR. IGNACIO OCAMPO FLETES

ASESOR:



DR. ANTONIO MACÍAS LÓPEZ

ASESOR:



DRA. PATRICIA DE LA ROSA PEÑALOZA

Puebla, Puebla, México, 6 de diciembre de 2013

# EVALUACIÓN DE BIOFERTILIZANTES Y FACTORES PARA SU INNOVACIÓN CON PRODUCTORES DE MAÍZ EN SAN FELIPE TEOTLALCINGO, PUEBLA

Joaquín Zagoya Martínez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

El abuso de tecnologías en la agricultura convencional (fertilizantes químicos, herbicidas, insecticidas, fungicidas), ha provocado daños en el medio ambiente y los recursos naturales, generando crisis ecológica y social, afectando en mayor medida a los pequeños agricultores. El uso de fertilizantes sintéticos en la agricultura ha sido la fuente principal de nutrientes para las plantas, sin embargo es importante buscar alternativas más sustentables en la nutrición de cultivos. Una opción viable son los biofertilizantes. El presente trabajo se realizó en el municipio de San Felipe Teotlalcingo, estado de Puebla, donde se evaluó los rendimientos y costos de producción de los biofertilizantes de preparación local, aplicados al cultivo de maíz, así como los factores socioeconómicos y ambientales que determinan su innovación. Los resultados muestran que los biofertilizantes contienen cantidades aceptables de potasio ( $1787 \text{ mg L}^{-1}$ ), calcio ( $1275.5 \text{ mg L}^{-1}$ ) y magnesio ( $565 \text{ mg L}^{-1}$ ). El mayor efecto productivo fue con biofertilizante anaeróbico enriquecido (leguminosa) en concentraciones de 15, 30 y 45%. La variedad utilizada influyó en la respuesta a los biofertilizantes, encontrándose un efecto superior en maíz de grano azul ( $4782.40 \text{ kg ha}^{-1}$ ). La mayoría de productores encuestados (94.12%) indican una disminución en la fertilidad de sus suelos, atribuyéndolo principalmente al uso excesivo de agroquímicos (62.35%). El conocimiento sobre elaboración, aplicación y efecto de biofertilizantes en cultivos es bajo. Los resultados reflejan, que el uso de biofertilizantes es una opción, para disminuir o sustituir el uso de fertilizantes químicos, lo que contribuirá a un manejo más sostenible del recurso suelo; aunado a un ahorro económico en la producción de maíz. Sin embargo es notoria la falta de información científica y especializada, por lo que se recomienda generar más investigaciones referentes al tema.

Palabras clave: abono líquido fermentado, agricultura alternativa, percepción, *Zea mays*.

# BIOFERTILIZERS ASSESSMENT AND FACTORS FOR INNOVATION WITH MAIZE PRODUCERS IN SAN FELIPE TEOTLALCINGO, PUEBLA

Joaquín Zagoya Martínez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

The abuse of conventional farming technologies (chemical fertilizers, herbicides, insecticides, fungicides), has damaged the environment and natural resources, creating a social and ecological crisis, affecting more to small farmers. The use of synthetic fertilizers in agriculture has been the main source of nutrients for plants, but it is important to seek more sustainable alternatives in crop nutrition. A viable option is biofertilizers. This work was done in the municipality of San Felipe Teotlalcingo, state of Puebla, which evaluated the performance and production costs of local preparation biofertilizers, applied to corn and socioeconomic and environmental factors that determine innovation. The results show that biofertilizers contain acceptable amounts of potassium ( $1787 \text{ mg L}^{-1}$ ), calcium ( $1275.5 \text{ mg L}^{-1}$ ) and magnesium ( $565 \text{ mg L}^{-1}$ ). The greatest effect was with biofertilizer production enriched anaerobic (legume) in concentrations of 15, 30 and 45%. The used variety influenced the response to biofertilizers, having a superior effect in blue corn grain ( $4782.40 \text{ kg ha}^{-1}$ ). The most respondent farmers (94.12%) indicated a decrease in soil fertility, attributing it mainly to excessive use of agrochemicals (62.35%). Knowledge of design, implementation and effect of biofertilizers on crops is low. The results show that the use of biofertilizers is an option to reduce or replace the use of chemical fertilizers, which contribute to a more sustainable management of soil resources, coupled with cost savings in corn production. However it is notorious the lack of scientific and specialized information, so it is recommended to generate more research regarding the topic.

Keywords: alternative agriculture, fermented liquid manure, perception, *Zea mays*.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento brindado para la realización de mis estudios de Maestría.

Al Colegio de Postgraduados Campus Puebla, por otorgarme la oportunidad de realizar mis estudios.

A la Línea Prioritaria de Investigación (11) Sistemas de producción agrícola, pecuaria, forestal, acuícola y pesquera del Colegio de Postgraduados por su apoyo para efectuar la presente investigación.

A la Microregión de Atención Prioritaria Huejotzingo por las facilidades y apoyo otorgado para llevar a cabo esta investigación.

Agradezco a la familia Contreras Perea de San Felipe Teotlalcingo, por su apoyo incondicional en la realización de esta investigación.

Al Dr. Juventino Ocampo Mendoza, por su invaluable amistad, conocimiento y experiencia aportada en mi formación.

Al Dr. Ignacio Ocampo Fletes, por brindarme de manera incondicional su amistad, consejos y conocimientos.

Al Dr. Antonio Macías López, por su amistad, apoyo y sugerencias para el desarrollo de la presente investigación.

A la Dr. Patricia de la Rosa Peñaloza, por su amistad, apoyo y aportaciones brindadas.

A los profesores del Campus Puebla, en especial al Dr. Ramón Díaz Ruiz, Dr. Engelberto Sandoval Castro, Dr. Daniel Martínez Carrera, Dr. Néstor Estrella Chulim, Dr. Pedro Juárez Sánchez, Dr. Mario Tornero Campante, Dr. Filemón Parra Inzunza, Dr. Enrique Ortiz Torres,

Dr. Mario Valadez Ramírez, Dr. Miguel Sánchez Hernández y Dr. Luis Alberto Villareal Manzo, por su amistad, conocimiento y apoyo brindado para mi formación.

Al personal administrativo por las facilidades otorgadas.

A la MC. Liliana Serrano Ojeda por su amistad, consejos y apoyo para realizar mis estudios de posgrado.

A la MC. Griselda Tomé Hernández por su amistad, consejos, regaños y enseñanzas.

A la MC. Yunin Aguilar Vásquez por su amistad, consejos, regaños y conocimientos brindados.

Al grupo de Ciencia y tecnología para el desarrollo agrícola de los cuatrimestres Primavera 2012 y 2013, por su apoyo en la realización de esta investigación.

A mis amigos y compañeros Joel Herrera, Dulce García, Luis Alberto Nava, Mariano Meza, Josset Sánchez, Luis Daniel Ortega, Bladimir Jordán, Gisela Salamanca y Humberto Piñon, por su ayuda en la realización de esta investigación.

## **DEDICATORIA**

A mi hija Regina por ser parte importante en mi vida.

A mis padres Estela y Joaquín por otorgarme su cariño y esfuerzo incondicional.

A mis hermanas por su apoyo en todo momento que lo he necesitado.

A mi tía Bety y mi primo Isaías por estar siempre cuando los he necesitado.

A cada una de las personas que me estiman y creyeron en mí.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	xiii
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	xv
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	2
<b>II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b>	6
2.1 Objetivo general	6
2.2 Objetivos específicos	6
2.3 Hipótesis general	6
2.4 Hipótesis específicas	6
<b>III. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL</b>	8
3.1 Desarrollo sostenible	8
3.2 Agricultura	10
3.3 Agricultura convencional	10
3.4 Agroecología	12
3.5 Agroecosistema	13
3.6 Innovación tecnológica	14
3.7 Agricultura sostenible	16
3.8 Seguridad alimentaria	18
3.9 Agricultura tradicional	19
3.10 Conocimiento tradicional	20
3.11 Cosmovisión	21
3.12 El manejo sostenible del recurso suelo	22
3.13 Degradación de suelos	23
3.14 Abonos orgánicos	24
3.15 Abonos líquidos fermentados	25
<b>IV. MARCO CONTEXTUAL</b>	26
4.1 Localización	26

4.2 Medio Físico	26
4.2.1 Clima	26
4.2.2 Orografía	27
4.2.3 Suelo	28
4.2.4 Hidrografía	28
4.2.5 Flora	29
4.2.6 Fauna	29
4.3 Perfil sociodemográfico	30
4.3.1 Demografía	30
4.3.2 Marginación y pobreza	30
4.4 Actividad económica	30
4.4.1 Sector primario	31
4.4.1.1 Agricultura	31
4.4.1.2 Ganadería	31
4.4.2 Sector secundario	31
4.4.3 Sector terciario	31
<b>V. METODOLOGÍA</b>	<b>35</b>
5.1 Parcela experimental	35
5.1.1 Ubicación	35
5.1.2 Material genético	35
5.1.3 Biofertilizantes	35
5.1.4 Tratamientos	36
5.1.5 Establecimiento	36
5.1.6 Diseño experimental	38
5.1.7 Preparación de terreno	38
5.1.8 Manejo de cultivo	38
5.1.9 Variables agronómicas	38
5.1.9.1 Caracteres vegetativos de la planta	39
5.1.9.2 Caracteres agronómicos	39
5.1.10 Análisis de datos	40

5.2	Análisis económico	40
5.3	Percepción sobre biofertilizantes	40
5.3.1	Observación de campo	40
5.3.2	Entrevista	41
5.3.3	Instrumento empleado	41
5.3.4	VARIABLES ESTUDIADAS	41
5.3.5	Selección de la muestra	41
5.3.6	Análisis de la información	43
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	44
6.1	Factores climáticos	44
6.2	Caracterización fisicoquímica de biofertilizantes	45
6.2.1	Factores ambientales en la fermentación	45
6.2.2	pH	47
6.2.3	Conductividad eléctrica	49
6.2.4	Nitrógeno total	50
6.2.5	Fosforo total	50
6.2.6	Potasio total	50
6.2.7	Calcio total	51
6.2.8	Magnesio total	51
6.2.9	Fierro total	52
6.3	Efecto de biofertilizantes artesanales en maíz	52
6.3.1	Número total de hojas planta <sup>-1</sup>	52
6.3.2	Altura de planta	55
6.3.3	Altura de mazorca	56
6.3.4	Índice de prolificidad	60
6.3.5	Rendimiento de grano ha <sup>-1</sup>	61
6.3.6	Rendimiento de rastrojo ha <sup>-1</sup>	63
6.4	Análisis económico	64
6.5	Percepción sobre biofertilizantes	67
6.5.1	Características de los productores	67

6.5.2	Percepción sobre la fertilidad de los suelos	68
6.5.3	Conocimiento general y utilización de biofertilizantes	68
6.5.4	Percepción sobre el efecto de biofertilizantes en cultivos	70
6.5.5	Percepción sobre elaboración de biofertilizantes.	71
6.5.6	Percepción sobre la situación en la comunidad	72
<b>VII.</b>	<b>ESTRATEGIA DE DIVULGACIÓN</b>	74
<b>VIII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	76
<b>IX.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	77

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Cultivos, superficie sembrada, producción y valor de la producción	32
<b>Cuadro 2.</b> Superficie fertilizada, sembrada con semilla mejorada, asistencia técnica, con servicio de sanidad vegetal y mecanizada	33
<b>Cuadro 3.</b> Población ganadera, avícola y existencia de colmenas	33
<b>Cuadro 4.</b> Volumen de producción en el municipio	34
<b>Cuadro 5.</b> Componentes y cantidades utilizados para la preparación de los biofertilizantes	36
<b>Cuadro 6.</b> Tratamientos utilizados para ambos maíces	37
<b>Cuadro 7.</b> Análisis de suelo experimental	37
<b>Cuadro 8.</b> Definición y operacionalización de hipótesis	42
<b>Cuadro 9.</b> Temperatura media mensual y precipitación años 2011 y 2012	44
<b>Cuadro 10.</b> Temperatura máxima, mínima y promedio diaria durante el periodo de fermentación (45 días) de biofertilizantes	46
<b>Cuadro 11.</b> Características fisicoquímicas de biofertilizantes	48
<b>Cuadro 12.</b> Análisis de varianza en características fisicoquímicas de biofertilizantes	49
<b>Cuadro 13.</b> Efecto promedio en maíz amarillo y azul de fertilizante químico y biofertilizantes en número total de hojas planta <sup>-1</sup>	57
<b>Cuadro 14.</b> Efecto promedio en maíz amarillo y azul de fertilizante químico y biofertilizantes en altura de planta	58
<b>Cuadro 15.</b> Efecto promedio en maíz amarillo y azul de fertilizante químico y biofertilizantes en la altura promedio de mazorca	59
<b>Cuadro 16.</b> Efecto promedio en maíz amarillo y azul de fertilizante químico y biofertilizantes en índice de prolificidad	60
<b>Cuadro 17.</b> Efecto promedio en maíz amarillo y azul de fertilizante químico y biofertilizantes en rendimiento de grano ha <sup>-1</sup>	62
<b>Cuadro 18.</b> Efecto promedio en maíz amarillo y azul de fertilizante químico y biofertilizantes en rendimiento de rastrojo ha <sup>-1</sup>	63
<b>Cuadro 19.</b> Análisis económico en maíz amarillo	65

<b>Cuadro 20.</b>	Análisis económico en maíz azul	66
<b>Cuadro 21.</b>	Análisis económico en ambos maíces	66
<b>Cuadro 22.</b>	Características generales de agricultores encuestados	67
<b>Cuadro 23.</b>	Percepción sobre la fertilidad de los suelos	68
<b>Cuadro 24.</b>	Conocimiento sobre abonos orgánicos y utilización de biofertilizantes	69
<b>Cuadro 25.</b>	Percepción sobre efecto de biofertilizantes en cultivos	71
<b>Cuadro 26.</b>	Percepción sobre la elaboración de biofertilizantes	72

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Localización del municipio de San Felipe Teotlalcingo en el Estado de Puebla.	27
<b>Figura 2.</b> Temperatura promedio mensual y precipitación durante 2012.	43
<b>Figura 3.</b> Temperatura máxima, mínima y promedio diaria durante el periodo de fermentación.	47
<b>Figura 4.</b> Comportamiento de pH, conductividad eléctrica y nitrógeno total en biofertilizantes entre los 15 y 45 días de fermentación	53
<b>Figura 5.</b> Comportamiento en el contenido de fosforo, potasio y calcio total en biofertilizantes entre los 15 y días 45 de fermentación	54
<b>Figura 6.</b> Comportamiento en el contenido de magnesio y fierro total en biofertilizantes entre los 15 y días 45 de fermentación.	55
<b>Figura 7.</b> Número promedio de hojas planta <sup>-1</sup> en maíz amarillo y azul	57
<b>Figura 8.</b> Altura promedio en maíz en amarillo y azul.	58
<b>Figura 9.</b> Altura promedio de mazorca en maíz amarillo y azul	59
<b>Figura 10.</b> Número promedio de mazorcas planta <sup>-1</sup> en maíz amarillo y azul	61
<b>Figura 11.</b> Rendimiento promedio de grano ha <sup>-1</sup> en maíz amarillo y azul	62
<b>Figura 12.</b> Rendimiento promedio de rastrojo ha <sup>-1</sup> en maíz amarillo y azul.	64
<b>Figura 13.</b> Relación beneficio/costo de maíz amarillo y azul	67

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el municipio de San Felipe Teotlalcingo, estado de Puebla; y constituye la “Evaluación de biofertilizantes y factores para su innovación con productores de maíz en San Felipe Teotlalcingo, Puebla”. El estudio consistió en demostrar el efecto económico y productivo que tienen los biofertilizantes de preparación local (abono líquido fermentado, bioles, biofermentados) en el cultivo de maíz, así como, verificar si existen las condiciones sociales, económicas y ecológicas para que sean una innovación tecnológica.

La investigación se desarrolló con una base teórica, conceptual y metodológica del enfoque agroecológico, el cual permite una visión holística de la agricultura, ya que la analiza desde una perspectiva ambiental, social y económica. De igual forma se consideró el concepto de innovación tecnológica. Con el propósito de organizar la información, el documento se estructuró en ocho capítulos, además de la bibliografía.

En el Capítulo I, se presentan los elementos teóricos y empíricos que permitieron plantear el problema de investigación, así como la justificación del mismo. En el Capítulo II, considerando los elementos del problema de investigación, se plantearon la hipótesis general y las específicas, así como los objetivos. En el Capítulo III, se proporcionan los soportes teóricos, relacionados con el desarrollo sostenible y el enfoque agroecológico. El Capítulo IV, se refiere al marco contextual, el cual se enfoca a caracterizar el municipio de San Felipe Teotlalcingo. Abordando aspectos biofísicos, sociales y económicos. En el Capítulo V, se explica el enfoque de la investigación y los métodos y técnicas utilizados. El Capítulo VI, analiza los resultados a partir de los elementos teóricos. El capítulo VII, presenta la estrategia de divulgación, considerando como base los resultados obtenidos. Finalmente en el Capítulo VIII, se presentan las conclusiones de la investigación.

## I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La capacidad de cultivar alimentos cambió el modo de vida del ser humano, los continuos avances que se han dado en el campo de la agronomía (agricultura convencional), contribuyeron a la obtención de mayores rendimientos. Sin embargo, este progreso ha experimentado en las últimas décadas el abuso de tecnologías derivadas de la revolución verde, originando daños en el medio ambiente y los recursos naturales, provocando crisis ecológica y social (Massieu, 2009).

El suelo es el recurso con mayores problemas de degradación física, química y biológica, generada como consecuencia de las diversas actividades que realizan los grupos humanos (Gomero y Velázquez, 1999). A nivel mundial se estima que la degradación de suelos afecta a cerca de dos mil millones de hectáreas, de las cuales 28% está relacionada a las actividades agrícolas (FAO, 1992).

En México el territorio nacional comprende 198 millones de hectáreas, donde 15% son tierras agrícolas y 58% terrenos de agostadero y apacentamiento, lo que significa que la actividad agropecuaria se realiza en aproximadamente 145 millones de hectáreas, distribuidas en diversos ecosistemas del país permitiendo una diversidad de la producción. Sin embargo, 67.7% de los suelos agropecuarios con potencial productivo presenta algún grado de degradación (SAGARPA, 2007).

En el país se estima que existe una pérdida de suelo cercana al 16% por el uso y aplicación inadecuada de agroquímicos, siendo los productos más utilizados, fertilizantes, pesticidas y herbicidas (Cortes, 2012); lo cual trae como consecuencia la pérdida de fertilidad y bajos rendimientos (Francisco *et al.*, 2006). Esta situación aunada a que 80% de los productores agrícolas del país poseen predios menores a cinco hectáreas, y cuya producción la destinan en mayor parte a satisfacer parcialmente sus necesidades alimenticias, genera inseguridad alimentaria, pobreza, emigración y abandono de las tierras de cultivo en zonas rurales (SAGARPA, 2007).

México es un país megadiverso, biológica y culturalmente, esta fusión de elementos ha dado origen a muchas especies domesticadas de relevancia mundial, tal es el caso del maíz

(CONABIO, 2009). Este cultivo es una de las herencias culturales más ricas y antiguas de México. Las prácticas agrícolas y el conocimiento que giran en torno a él, coexisten en nuestros días con los avances que desarrollan la ciencia y la tecnología; y logran muchas veces imponerse a ellos debido a la fuerza de la tradición socio - cultural que los respalda (Aguilar *et al.*, 2003).

La población en México asciende a más de 122 millones (INEGI, 2012), donde 22% equivale a población rural (BM, 2012), la cual tiene como base de su alimentación al maíz (SRA, 2007). Durante el año 2011 se registraron casi ocho millones de hectáreas sembradas de este cultivo en todo el territorio nacional, donde se produjo alrededor de 18 millones de toneladas de maíz en grano, con un rendimiento promedio de 2.9 ton ha<sup>-1</sup>. Los estados con mayor producción son Sinaloa (16.61%), Jalisco (14.28%), Chiapas (8.81%), Michoacán (7.86%) y Guerrero (7.42%), representando más de la mitad del grano producido. Para el caso del estado de Puebla, en el mismo año se sembraron cerca de 590 mil hectáreas que produjeron 612 mil toneladas, con un rendimiento promedio de 1.32 tonha<sup>-1</sup>. Durante el periodo 2001-2011 el rendimiento promedio en el estado fue de 2.03 tonha<sup>-1</sup>. (SAGARPA, 2011).

No obstante esta relevancia del maíz para la población mexicana, existe un déficit promedio (periodo 2009-2011) de 3.7 y 80% en maíz blanco y amarillo respectivamente (FAO, 2013), generando desabasto no solo en zonas urbanas, sino también para la población rural. Otro de los problemas es el alto costo de producción, provocado en cierta medida por la aplicación de altas dosis de fertilización, que a la vez provoca deterioro en el suelo. Lo que demanda nuevas prácticas orientadas a buscar la sustentabilidad del manejo de suelo agrícola, siendo una alternativa efectiva los abonos orgánicos (López *et al.*, 2010).

En San Felipe Teotlalcingo, se identifica un excesivo uso de fertilizantes sintéticos principalmente del tipo nitrogenado (urea), que sumado al tipo de riego (rodado) prevaleciente, da como resultado una degradación paulatina del suelo. Caso contrario son los biofertilizantes en donde se encuentran pocos productores que los utilizan, debido principalmente al desconocimiento y la falta de difusión de estas tecnologías.

En la agricultura indígena y en la campesina (agricultura tradicional), es común el uso de abonos orgánicos sólidos (Magaña, 2008), destacando los abonos crudos (estiércoles y restos de cultivos); y en menor medida los abonos procesados (compost y vermicompost). Las principales limitantes para el uso de abonos sólidos pueden ser su costo, disponibilidad, dificultades de preparación, transporte y de aplicación.

Los biofertilizantes líquidos de preparación local, podrían ser una opción, ya que son producto de un proceso de fermentación de materiales orgánicos; el cual se origina a partir de la actividad microbiológica, donde los materiales orgánicos utilizados son transformados en minerales, vitaminas, aminoácidos, antibióticos y en algunos casos en reguladores de crecimiento. Se elaboran de manera sencilla, con materiales existentes en la región y pueden utilizarse en diversas actividades agronómicas que necesitan un mínimo costo (Capulín *et al.*, 2010). Los biofertilizantes líquidos más allá de nutrir eficientemente los cultivos a través de los nutrientes de origen mineral quelatados, se convierten en un inóculo microbiano que permite restaurar el equilibrio del agroecosistema (Pacheco, 2006).

Se les atribuyen a los biofertilizantes líquidos preparados adecuadamente beneficios en los cultivos, ya que nutren, recuperan y reactivan la fertilidad natural del suelo; así como generan un fortalecimiento de las plantas, lo cual se ve reflejado en una menor incidencia en el ataque de insectos y enfermedades (Restrepo, 2001). De igual modo se ha demostrado que favorecen el enraizamiento, mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, resultando en un incremento significativo de las cosechas (Gomero, 2005).

En el contexto planteado anteriormente, es notoria la necesidad de mitigar los efectos negativos sobre el recurso suelo provocado por el uso y aplicación inadecuada de agroquímicos principalmente por pequeños productores. Es fundamental generar investigaciones que proporcionen opciones de manejo con el uso de productos naturales y accesibles, y que a la vez satisfagan las necesidades nutricionales de los cultivos, es por esto que la idea central de la presente investigación constituye la evaluación productiva y económica de los biofertilizantes de preparación local en el cultivo de maíz; así como la preocupación por la pérdida de fertilidad de los suelos; para proponer alternativas en el manejo de producción más eficientes y sostenibles

que tengan como resultado una mejora en la autosuficiencia de este grano en los productores minifundistas

Para realizar este estudio se tomaron como referencia a los productores del municipio de San Felipe Teotlalcingo, en el estado de Puebla, donde en 2011, se sembró una superficie de 1,615 hectáreas de maíz, con una producción de 1,125 toneladas con un rendimiento promedio de 1.55 ton ha<sup>-1</sup> representado el principal cultivo (SAGARPA, 2011). En este municipio existen experiencias en el uso de biofertilizantes pero se desconoce el impacto de estos.

Por lo anterior surgen los siguientes interrogantes:

¿Al utilizar biofertilizantes de preparación local en el cultivo de maíz, mejora el sistema productivo como para lograr un incremento en la producción de este grano básico en la zona de estudio?

¿Los biofertilizantes de preparación local son mejores que la tecnología utilizada por los productores en la fertilización química de maíz?

¿Existen las condiciones sociales, económicas y ecológicas para que los biofertilizantes de preparación local sean la innovación tecnológica para hacer fértil y sostenible el manejo del suelo?

¿Los productores están convencidos y aceptan el manejo del maíz utilizando biofertilizantes de preparación local que logren disminuir el uso de fertilizantes químicos?

## **II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar los rendimientos y los costos de producción de los biofertilizantes de preparación local, aplicados al cultivo de maíz, así como los factores socioeconómicos y ambientales que determinan su innovación en San Felipe Teotlalcingo, Puebla.

### **2.2. Objetivos específicos**

Evaluar el rendimiento y el costo económico de los biofertilizantes de preparación local en sus diferentes usos y aplicaciones en maíz de temporal.

Identificar factores sociales, económicos y ambientales para la adopción de biofertilizantes de preparación local como una innovación tecnológica en el cultivo de maíz.

Conocer la percepción de los productores sobre la efectividad de los biofertilizantes de preparación local aplicados al sistema agrícola maíz.

### **2.3. Hipótesis general**

El uso de biofertilizantes de preparación local mejora la producción de maíz de los agricultores de San Felipe Teotlalcingo, debido a que las condiciones sociales, económicas y ambientales son favorables para la aceptación de la innovación.

### **2.4. Hipótesis específicas**

Los biofertilizantes de preparación local son mejores que la tecnología utilizada por los productores en la fertilización de maíz de temporal.

Existen las condiciones sociales, económicas, y ecológicas para que los biofertilizantes de preparación local sean una innovación tecnológica.

Los productores de maíz, están convencidos de las bondades de los biofertilizantes de preparación local y, manifiestan su aceptación para su uso.

### **III. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL**

El estudio de biofertilizantes se abordó con las teorías del desarrollo sostenible, de la agricultura sustentable, la agricultura tradicional y del enfoque agroecológico para analizar el manejo sustentable del recurso suelo. Además se revisó el concepto de innovación tecnológica para conocer la aceptación por parte de los productores. Inicialmente se estudia la teoría de la agricultura industrial o convencional paradigma al cual se le atribuye la degradación de los recursos naturales utilizados en la agricultura.

El enfoque agroecológico, es una forma de comprensión de la realidad, el cual surge como una manera de reflexionar y replantear las formas actuales en la relación entre el ser humano y la naturaleza, buscando un desarrollo sostenible que expongan la lógica destructora del modelo productivo agroindustrial, para sustituirlo por otro que se base en una agricultura socialmente más justa, económicamente viable y ecológicamente adecuada. Por lo anterior, el estudio parte del análisis del agroecosistema y del conocimiento campesino.

#### **3.1. Desarrollo sostenible**

El concepto de desarrollo sostenible es de actualidad y ampliamente estudiado. Sin embargo, en ocasiones no se conoce la amplitud del término. Se puede considerar primeramente como punto de inicio el vocablo “desarrollo”, el cual muchas veces se relaciona con sociedades humanas como sinónimo de “avance” o de “crecimiento económico”; que implica una mayor o menor capacidad económica y de aparente bienestar (Ramírez, 2010).

En este sentido Meadows *et al.* (1992) mencionan que existe una diferencia entre crecimiento y desarrollo. El primero está dado por la acumulación o asimilación de materiales, es decir es más cuantitativo ya que se puede medir, mientras que el segundo se refiere a expandir o lograr la realización de potenciales lo que implica alcanzar un estado de mejoría total, por lo que es más factible considerarlo en lo cualitativo, en el sentido de una mejora relevante. Por lo que, se puede decir, que el crecimiento tiene límites, pero el desarrollo no tiene por qué tenerlos.

Gago (1993) citado por Muñoz *et al.* (2012), menciona que el desarrollo se considera un proceso de cambio estructural (económico, político, social, cultural y del medio ambiente), tendiente a incrementar la calidad de vida de todos los miembros integrantes de la sociedad; que es una forma de alcanzar un más completo bienestar de las necesidades colectivas básicas.

Por su parte, el desarrollo sostenible surge como una necesidad ante los retos ambientales que se evidenciaron al irse acumulando el deterioro del medio ambiente, conjugándose en él los conceptos económico-sociales del desarrollo con la sostenibilidad ecológica (Ramírez, 2010).

El término desarrollo sostenible fue formalizado por primera vez en el documento conocido como Informe Brundtland (1987), fruto de los trabajos de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en la Asamblea de ésta en 1983 (Harlem *et al.*, 1988; UN, 1987). En donde lo definen como:

*“Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades”*

El informe fue el resultado de dos décadas de trabajo, donde se identificó que no se pueden considerar sostenibles sociedades y economías saludables en un mundo con tanta pobreza y degradación del medio ambiente. En este sentido el desarrollo económico de las naciones no se puede detener, por lo que es necesario que sea menos desigual desde el punto de vista socioeconómico y menos destructivo en el sentido ecológico. La Comisión estableció que la economía global, con el hecho de satisfacer las necesidades y deseos de la sociedad, tiene como prioridad los límites ecológicos del planeta y las necesidades de las generaciones futuras (Santoyo, 2006).

Por lo que se puede decir que el objetivo principal del desarrollo sostenible es el reconciliar los aspectos económico, social y ambiental implicados en las actividades humanas, además de que muestra el compromiso que debe tener la humanidad para generar una relación entre la naturaleza y la sociedad donde se utilicen los recursos renovables y no renovables apropiadamente, se ocasione el menor o hasta ningún daño a los ecosistemas y se distribuyan

justa, racional y equitativamente los beneficios de la economía (Casadidio, 2011; Brenner, 2010; Ramírez, 2010).

### **3.2. Agricultura**

Smith (2005; 1998) citado por Zimzumbo y Colunga (2008), menciona que uno de los acontecimientos más relevantes de la historia humana ha sido el cambio de una economía sustentada en la caza y recolección de plantas a una basada en la agricultura.

El origen de la agricultura se inició aproximadamente alrededor del 10 000 a. C, sin embargo tres milenios después se convirtió en el principal medio para obtener alimentos en diversas sociedades del mundo. En este sentido la agricultura agrupa a todas las actividades que el ser humano realiza sobre la naturaleza para poder alimentarse. Incluye todo el conjunto de técnicas y conocimientos para cultivar la tierra (CIBIOGEM, S/A).

La agricultura ha sido definida como una creación del ser humano, con la que comenzó a rehacer al mundo, convirtiendo el medio natural en cultural con la finalidad de hacerlo más apto para el crecimiento de diversos cultivos domesticados y lograr una transformación de la naturaleza, resultando en una simplificación de la estructura del medio ambiente sobre extensas áreas, supliendo la diversidad natural por un número reducido de plantas cultivadas. En la actualidad la agricultura conlleva un proceso de transformación del paisaje, cambios en el flujo energético, homogeneización de especies y desplazamiento o pérdida de la biodiversidad por lo que el hombre depende totalmente de ella para su supervivencia, ya que la mayoría de los alimentos que se consumen proceden de la producción agrícola (Altieri, 1999; Palerm, 1972).

### **3.3. Agricultura convencional (tipo revolución verde)**

El modelo de agricultura basado en un elevado consumo de energía y altos niveles de producción que ha predominado hasta ahora se ve cuestionado, dando pie al replanteamiento de la política productivista y de la función social del agricultor como gestor del medio ambiente más que solo

productor de alimentos (Gerritsen y González, 2008; González *et al.*, 2007; Fernández y Leiva, 2002).

Los sistemas de agricultura convencional se consolidaron con la revolución verde; paradigma surgido a mitad del siglo pasado que ha definido la política agrícola nacional desde entonces. Estos sistemas son congruentes con la producción intensiva, en función de las políticas cuyo énfasis es el crecimiento económico sin tomar en cuenta la distribución de recursos (Damián, *et al.*, 2011; Garcés, 2010; González *et al.*, 2007; Pérez, 2004).

La agricultura convencional, se basa en la industrialización de la naturaleza y la mercantilización de las sociedades rurales, dicho proceso se ha intensificado de forma progresiva a partir de estilos tecnológicos basados en el monocultivo, en semillas híbridas y transgénicas, uso intensivo de fertilizantes sintéticos, plaguicidas y combustibles fósiles. Esta manera de utilizar los recursos naturales implica la simplificación de los ecosistemas reduciendo su diversidad y propiciando su fragilidad (Gerritsen y González, 2008; Caporal y Morales, 2000).

Este paradigma ha traído modificaciones a los sistemas de producción tradicionales, en particular en las zonas rurales. Mientras algunos espacios han sido completamente convertidos a la agricultura convencional, con consecuencias como contaminación ambiental, pérdida de biodiversidad e inestabilidad en la seguridad alimentaria de los productores; otros han logrado un sincretismo entre el sistema tradicional y el convencional (Paco, 2012).

Actualmente la agricultura convencional es insostenible a largo plazo, dado a que no tiene el potencial para producir suficiente alimento como demanda la población, debido a que está deteriora las condiciones que la hacen posible, forzando y degradando los recursos naturales de los que depende como son: el suelo, agua y la diversidad genética; su dependencia al uso de recursos no renovables como el petróleo, así como el fomento de un sistema que elimina la responsabilidad de los agricultores y trabajadores del campo. Ante esta situación, la agricultura enfrenta retos para mantener y recuperar los recursos naturales y producir alimentos sanos y seguros para una población en continuo crecimiento (González *et al.*, 2007; Gliessman, 2002).

### 3.4. Agroecología

Sevilla y Woodgate(1997) citados por Fragoso (2009), mencionan que la intención de transformar y reconstruir la sociedad viene como respuesta a la actual crisis ambiental, de los sistemas alimentarios, del modelo económico y de producción. De esta manera, la agroecología surge como una respuesta al reto de buscar un desarrollo sustentable, integrando saberes, conocimientos y experiencias de distintos actores sociales en busca de un modelo de desarrollo rural que vislumbre un manejo sostenible de los recursos naturales y el acceso equitativo a ellos.

Gliessman *et al.* (2007), señalan que la agroecología es una perspectiva científica destinada a apoyar la transición de los actuales modelos de desarrollo rural y de agricultura convencional por estilos más sostenibles, utilizando el manejo ecológico del ecosistema, y siendo una alternativa a la crisis actual.

La agroecología se puede definir como la ciencia que aplica los principios y conceptos ecológicos para el manejo de los agroecosistemas sostenibles, siendo también posible utilizarla como una herramienta y un instrumento en el diseño de paisajes agrarios funcionales, brindando fundamentos para evaluar su complejidad (Ruiz, 2006; Gliessman, 1998). Además, de que plantea un nuevo modelo científico para el desarrollo de la agricultura (Altieri y Nicholls, 2000). En este sentido García (2000) citado por Martínez (2002), menciona que la agroecológica consiste en el desarrollo de lo local, para así recrear la heterogeneidad del medio rural, mediante formas de acción social colectivas.

La finalidad de la agroecología es ir más allá del uso de prácticas alternativas, del desarrollo de agroecosistemas con una dependencia mínima de agroquímicos y subsidios de energía, sino que busca sistemas agrícolas complejos en los cuales las interacciones ecológicas y los sinergismos entre sus componentes biológicos proporcionen los mecanismos para que los sistemas subsidien la fertilidad de su propio suelo, la productividad y la protección de los cultivos (Altieri, 1995).

La agroecología parte de técnicas y posibilidades existentes en el medio local, que de acuerdo con las características agroclimáticas, la situación económica y social de cada lugar, adopta

técnicas y formas de manejo diferentes, pero siempre procurando una agricultura rentable y en armonía con el medio ambiente (Altieri y Nicholls, 2000).

### **3.5. Agroecosistema**

Los agroecosistemas se puede definir como comunidades de plantas y animales interactuando con su ambiente físico y químico que ha sido modificado para producir alimentos, fibra, combustible y otros productos para el consumo y procesamiento humano (Altieri, 2001).

Gliessman (2001) citado por Yakima *et al.* (2012), indica que un agroecosistema se crea cuando la manipulación humana y la alteración de un ecosistema tienen lugar con el propósito de establecer la producción agrícola. Para Hernández *et al.* (1985), el agroecosistema es un sistema resultante de la integración de factores ambientales vivientes y no vivientes, por lo que no se puede concebir, partiendo exclusivamente del aspecto biológico que lo compone, sino que debe complementarse con los componentes socioeconómicos.

El concepto de agroecosistema como unidad de análisis de la agroecología, se refiere a la articulación que en ellos presentan los seres humanos con el ecosistema: agua, suelo, energía solar, especies vegetales y animales (Martínez, 2002;Hecht, 1999).

El óptimo comportamiento de los agroecosistemas depende del nivel de interacción entre los componentes bióticos y abióticos. Al ensamblar una biodiversidad funcional es posible iniciar la sinergia que subsidia los procesos del agroecosistema, al proveer servicios ecológicos tales como la activación de la biología del suelo y el reciclaje de nutrientes (Altieri y Nicholls 2000).

Altieri *et al.* (1999) citado por Sánchez (2012), indican que definir el límite de un agroecosistema, resulta complejo, pero se debe contemplar que son sistemas abiertos, que reciben insumos del exterior, dando como resultado, productos que pueden ingresar en sistemas externos.

Con lo anterior se afirma que cada región es única en sus agroecosistemas, a causa de las variaciones locales de clima, suelo, relaciones económicas y estructura social; lo que influirá y determinará el tipo de agricultura de cada lugar.

### **3.6. Innovación Tecnológica**

El concepto de innovación es variado, en este caso Jaramillo *et al.* (2000) citados por López (2006), mencionan que la innovación es, en el sentido amplio, solución de problemas. El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2006), señala que innovar radica en introducir algo nuevo y aún desconocido en un determinado contexto. Para la FAO (S/A), una innovación es la introducción de algo nuevo, como una idea, un método, un procedimiento o mecanismo, utilizado para resolver un problema. Por su parte la Comisión Económica Para América Latina (CEPAL, 2002), considera a la innovación como un proceso interactivo, vinculando a agentes que se desempeñan conforme a los incentivos provenientes del mercado, como las empresas, con otras instituciones que actúan de acuerdo con estrategias y reglas que no responden a los mecanismos de mercado.

En este sentido Ochoa *et al.* (2007), mencionan que la innovación es el proceso que se realiza con un enfoque sistémico, que necesita de asociaciones y vínculos entre las distintas áreas del conocimiento, para la implementación y el funcionamiento de mejoras en las formas de hacer las cosas sobre la base de ideas creativas y transformadoras, y que busca siempre extrapolar dichas mejoras con éxito, al mercado, los productos, los procesos y los servicios para obtener un impacto económico, social o ambiental.

Por otra parte la innovación inducida, se refiere a la circunstancia en la cual, la variación en los precios de los factores propician sesgos en la dirección del cambio técnico hacia un ahorro progresivo de los factores más caros. La escasez y abundancia de recursos, difiere entre países y en el tiempo. Resulta fundamental en el cambio técnico, permitir la sustitución de los recursos por conocimientos, o bien de los más costosos, eliminando las restricciones sobre el crecimiento impuestas por la carencia de oferta de los recursos (Ruttan, 1983 citado por Ocampo *et al.*, 2003; Villavicencio, 1998).

El concepto de innovación hace pensar en intervenciones de alta tecnología, con aplicación de complejos descubrimientos científicos en la solución de problemas a veces presentes desde varias generaciones. Sin embargo, las innovaciones a partir de enfoques que utilizan poca tecnología y nuevas formas de plantear los problemas, desempeñan una función tan importante como la ciencia más adelantada (FAO, S/A).

Beals *et al.* (1977) citado por Rigada y Cuanalo (2005), mencionan que la tecnología es cualquier elemento por medio del cual los grupos humanos alteran y transforman su entorno como parte de un proceso de adaptación, que transforma tanto el ambiente como la estructura y organización del grupo local. Por otra parte, la tecnología se puede considerar como un conjunto de conocimientos científicos y empíricos, habilidades, experiencias y organización requeridos para producir, distribuir, comercializar y utilizar bienes y servicios (Ochoa *et al.*, 2007).

La innovación tecnológica, por lo tanto se puede considerar como un tipo particular de innovación en que la tecnología juega un papel fundamental (IICA, 2006). Leeuwis (2000), citado por Orozco *et al.* (2008), señala que la adopción tecnológica es un proceso de apropiación que considera el cambio cognoscitivo como prerrequisito. En este sentido, se puede decir, que al incrementar el nivel de conocimientos, aumenta el índice de adopción. Además, la tecnología se adopta por su relevancia. Las variables que influyen en la adopción son: 1) cambio cognoscitivo, 2) nivel de cosmopolitismo, 3) contacto con instituciones, 4) participación en proyectos externos, 5) contacto con distribuidores de insumos, 6) edad, 7) escolaridad, 8) actitud hacia la innovación, 9) exposición a medios de comunicación, 10) ingreso extrafinca, 11) nivel de vida, 12) nivel de capacitación, 13) recursos económicos disponibles, 14) relación con agentes de cambio, 15) hectáreas cultivadas, 16) ambiente agroclimático, 17) años de vivir en la zona de residencia, y 18) relevancia de la tecnología (Galindo *et al.* 2002; Feder y Umali 1993; Kurwijila, 1981 citados por Orozco *et al.*, 2009).

Uno de los principales obstáculos del proceso de adopción de tecnologías es la poca importancia atribuida a las variables sociales. Diversos estudios han mostrado que rasgos culturales de los grupos locales, como su estructura, ocupación, redes de apoyo y sus formas de acceso a los

recursos resultan decisivos al momento de adoptar tecnología (Cernea, 1995; Kottak, 1995; Chambers, 1993 citados por Rigada y Cuanalo, 2005).

El proceso de adopción de tecnología involucra procesos de innovación y adaptación, en donde, si la adaptación resulta conveniente, la tecnología se adopta y el ciclo se cierra. La adaptación y adopción de tecnología tienen importantes implicaciones al modificar la estructura local, sus actividades productivas y la organización del grupo, así como en el modo de administrar los recursos, evidenciando su efecto en el medio y en la organización social y cultural de la comunidad (Arizpe, 2006).

### **3.7. Agricultura sostenible**

En la actualidad existen varias definiciones de agricultura sostenible como grupos que se han reunido a discutir sobre el tema. En consecuencia, hay una gran variedad de interpretaciones de la sustentabilidad: “de lo más profundo a lo más superficial”, “de lo social a lo ambiental”, “de la agricultura campesina a la agricultura de precisión”, y “del productivismo a lo multifuncional” (Féret y Vorley, 2001).

Una agricultura sostenible se rige más por principios que por fórmulas. La agricultura de estas características debe integrar elementos ambientales, sociales y económicos en un estado de equilibrio entre ellos, con repercusiones positivas hacia el sector productivo, y hacia los consumidores (Sánchez y Castro, 2011; García, 2009).

La FAO (1992) citada por Von der Weid (1994), define a la agricultura sustentable como el manejo y conservación de los recursos naturales y la orientación de cambios tecnológicos e institucionales a manera de asegurar la satisfacción de las necesidades humanas en forma continua para las generaciones presentes y futuras. Tal desarrollo sustentable conserva el suelo, el agua, y recursos genéticos animales y vegetales; no degrada al medio ambiente; es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable.

Por otra parte Allen *et al.* (1991) mencionan que la agricultura sustentable es aquella que equilibra equitativamente intereses relacionados con la calidad ambiental, la viabilidad económica, y la justicia social entre todos los sectores de la sociedad.

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) citada por Ehlers (1994), menciona que la sustentabilidad de la agricultura y de los recursos naturales se refiere al uso de recursos biofísicos, económicos y sociales según su capacidad, en un espacio geográfico, para, mediante tecnologías biofísicas, económicas, sociales e institucionales, obtener bienes y servicios directos o indirectos de la agricultura y de los recursos naturales para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras. El valor presente de bienes y servicios debe representar más que un valor de las externalidades y los insumos incorporados, mejorando o por lo menos manteniendo de forma indefinida, la productividad futura del ambiente físico y social. Además de eso, el valor presente debe estar equitativamente distribuido entre los participantes del proceso.

Lo anterior conduce a reconocer que la necesidad para el análisis del impacto de la agricultura en la sustentabilidad del sector agrícola debe retomar un enfoque amplio e integral, considerando aspectos ecológicos, políticos, sociales y económicos, tal como lo plantea Rosset (1998), al mencionar que:

*“Cualquier paradigma alternativo que ofrezca alguna esperanza de sacar a la agricultura de la crisis debe considerar las fuerzas ecológicas, sociales y económicas. Un enfoque dirigido exclusivamente a aminorar los impactos medioambientales, sin dirigirse a las difíciles condiciones sociales de austeridad que enfrentan los agricultores o las fuerzas económicas que perpetúan la crisis, está condenado al fracaso”.*

El soporte de la anterior propuesta es la agroecología, ya que brinda un modelo base para una agricultura sustentable (Gliessman, 2002; Altieri y Nicholls, 2000; Altieri, 1987). Desde este enfoque, se plantea como ejes fundamentales para lograrla, las prácticas sociales, agroecológicas, y finalmente las económicas. Donde cada una de ellas contempla actividades que a la vez tienen relación con los demás ejes.

### 3.8. Seguridad alimentaria

La seguridad alimentaria adquirió presencia a nivel mundial hace cuatro décadas como consecuencia del alza pronunciada de los precios del trigo y el maíz y de problemas de disponibilidad agregada, principalmente de cereales. Cuando se estabilizaron los precios y la oferta, el número creciente de personas con hambre evidenciaron también que una disponibilidad agregada suficiente o más que suficiente, no fue garantía del acceso universal a los mínimos nutricionales (FAO, 2013).

Los factores que incide en la alza actual de precios de los alimentos, son en una parte los altos precios internacionales del petróleo, el cambio climático y los biocombustibles (FAO, 2008; James *et al.*, 2008).

En este sentido la FAO (2013; 2002) revisó el concepto de seguridad alimentaria en la Cumbre Mundial de la Alimentación de 1996, para resaltar los problemas de inseguridad a nivel de los hogares y las personas, definiéndola como:

*“Una situación que existe cuando toda la población, en todo momento, tiene acceso físico, social y económico a alimento suficiente, seguro y nutritivo que satisface sus necesidades dietéticas y preferencias alimentarias para una vida activa y saludable”*

Esta definición, aceptada globalmente, permite identificar cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria:

- 1.- La disponibilidad de alimentos se refiere a la suficiencia del abasto en cantidad y calidad apropiada, sea de producción nacional o adquirida en el exterior.
- 2.- El acceso denota la capacidad de obtener recursos adecuados ya sea por empleo, o mediante el aprovechamiento de bienes para la producción, así como derechos para adquirir los alimentos apropiados para una dieta saludable.

3.- Una buena utilización de los alimentos por el organismo requiere no sólo de una dieta diversa y saludable en alimentos nutritivos e inoocuos, sino también de condiciones adecuadas de vida, vivienda, sanitarias, agua potable y cuidados de salud.

4.- La estabilidad se vincula tanto con la oferta como con el acceso a los alimentos, a lo largo del tiempo; es decir, que los hogares y las personas no carezcan de alimentos por efecto de impactos económicos o de oferta, problemas comerciales o de mercado, fenómenos climatológicos adversos o problemas laborales.

La situación de la seguridad alimentaria en México presenta un panorama complejo y de contrastes. La suficiencia de la oferta se obtiene complementando la producción nacional con importaciones crecientes en productos estratégicos. Esa suficiencia coexiste con una alta concentración de recursos, producción, ventas y gasto público, al igual que con la vulnerabilidad de la población de bajos ingresos. Por tal motivo la seguridad alimentaria ha recibido gran atención, tanto en el marco de las políticas públicas como en propuestas de organizaciones de la sociedad civil. Un ejemplo claro es La Cruzada Nacional contra el Hambre, impulsada por el actual Gobierno, la cual es una iniciativa que pretende posicionar el tema de la Seguridad Alimentaria al frente de las prioridades políticas nacionales (FAO, 2013).

### **3.9. Agricultura Tradicional**

La agricultura como actividad que sostiene buena parte de la vida humana ha pasado por diversos paradigmas de producción a los largo de la historia (Zagoya *et al.*, 2013; Martínez y Dibut, 2009). En México aún subsisten las formas de cultivar ancestrales, y constituyen lo que conocemos como agricultura tradicional (González, 2004).

La agricultura tradicional es el conjunto de sistemas de uso de tierra que se han desarrollado de manera local durante muchos años y que engloba conocimientos, creencias y prácticas empíricas transmitidas a través de la educación no formal, y su objetivo es lograr estabilidad en la producción y la satisfacción de las necesidades alimenticias de la unidad familiar, y no la acumulación de capital (Ávila, 2010; Giordano-Sánchez, 2010; Altieri, 1991).

Sin embargo la agricultura tradicional ha sido considerada como una agricultura ineficiente, poco productiva y causante del deterioro de los recursos naturales al hacerla sinónima de sistemas existentes dentro de la misma como es la roza-tumba-quema, que bien ejecutada es un sistema perfectamente armónico con los procesos de sucesión ecológica (Chacón, 2011).

La agricultura tradicional, se puede considerar como una de las más cercanas a la sostenibilidad, ya que permite la creación y evolución de sistemas productivos, sin dependencia de insumos externos, baja inversión de capital, aprovechamiento de recursos genéticos locales y de la diversidad biológica como estrategia para enfocar la producción a satisfacer las necesidades familiares y locales. (Ernesto y Martínez, 2007; Alarcón-Cháires, 2004).

### **3.10. Conocimiento tradicional**

Los términos conocimiento tradicional, conocimiento indígena técnico, conocimiento rural (campesino) y etnociencia (ciencia de la gente rural) describen la herencia de los antepasados en forma de experiencias sobre el ambiente natural, que puede tener siglos o incluso milenios de acumularse y perfeccionarse bajo el método de prueba y error, por lo que no es un conocimiento fragmentado, sino asociado a un fenómeno, o práctica más bien compleja, de esta manera el campesino funciona bajo este sistema cognitivo en donde también se incluye la lengua, el apego a un lugar, la espiritualidad y su cosmovisión (UNESCO, 2003).

En este sentido, se puede, decir que, el conocimiento tradicional extrae su información de la naturaleza a través de sistemas especiales de cognición y percepción que seleccionan la información más útil y adaptable para ser transmitida cotidianamente de generación en generación de manera oral y empírica, recordada por medio de la memoria individual y colectiva, y validada social y comunitariamente (Damián *et al.*, 2007; Castro, 2006; Altieri, 1991).

Sin embargo, con el arribo de la agricultura convencional (tipo revolución verde), el conocimiento tradicional se vio en riesgo de perderse, pues en substitución se introdujo el conocimiento científico, que ofreció el uso de tecnologías dirigidas al aumento de la productividad sin considerar el costo ambiental y social. Contribuyendo a que los campesinos,

eliminaran parcial o totalmente sus conocimientos acumulados y adaptados a su ecosistema. Esto fue reflejado en las políticas públicas implementadas, entre las cuales se reforzaba la transferencia del conocimiento científico por medio del extensionismo (Pengue, 2005; López y López, 2003).

### **3.11. Cosmovisión**

Brockhaus (1984) citado por Zuckerhut (2007), menciona que el concepto cosmovisión, en el sentido de la palabra alemana *Weltanschauung*, se refiere a una orientación básica cultural de individuos, grupos y culturas que se expresa en sus normas y valores; sin embargo no solo es un concepto filosófico o antropológico, sino también es un término alemán muy común para designar la interpretación del mundo en su diversidad, relacionado con el concepto de vida individual.

Broda (2001; 1991) citado por Lorente (2006), señala que la cosmovisión es el complejo de representaciones, ideas y creencias que orienta el comportamiento social del hombre, y que ha sido definida en Mesoamérica como “la visión estructurada en la cual los miembros de una comunidad combinan de manera coherente sus nociones sobre el medio ambiente en que viven y sobre el cosmos en que sitúan la vida del hombre”. Desde el punto de vista etnológico la cosmovisión es el conjunto de nociones, estimaciones y representaciones, resultado del reflejo y comprensión espontánea del mundo y la vida (Espinoza, 2003).

Existe una interacción entre la cosmovisión y la práctica social, la cosmovisión y la sociedad. En este sentido se puede decir que la cosmovisión es determinada por las estructuras socioeconómicas, es por esto que una sociedad pueden existir distintas cosmovisiones, con funciones y contenidos diversos que incluso pueden ser antagónicos (López, 1973).

Dentro de la agricultura tradicional, la cosmovisión se fundamenta en una concepción no materialista de la naturaleza, heredada de una tradición preindustrial. Este rasgo aparece en sectores rurales, que pertenecen a una cultura “autóctona” y tiende a desvanecerse en los grupos aculturizados por la modernidad. En esta visión, la naturaleza aparece como una unidad

respetada y viviente, donde los seres humanos interactúan, siendo necesario dialogar y negociar con ella durante el proceso productivo (Martínez, 2002).

### **3.12. El manejo sostenible del recurso suelo**

García *et al.* (2012), mencionan que el suelo constituye uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta, ya que es la base fundamental para las actividades agropecuarias y forestales. En este sentido, el mismo autor indica que la fertilidad del suelo es un concepto amplio, que debe integrar los atributos físicos, químicos y biológicos, lo que significa que existe una estrecha relación entre sí y participan de manera activa en la producción y la estabilidad de los agroecosistemas.

Karlen *et al.* (1997) citado por Bautista *et al.* (2004), señalan que las definiciones más recientes de calidad del suelo o salud del suelo, se basan en la multifuncionalidad del mismo y no sólo en un uso específico, por lo cual fueron sintetizadas por Soil Science Society of America, como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat.

En este sentido, la agroecología se perfila hoy como la ciencia fundamental para orientar la conversión de sistemas convencionales de producción (monocultivos dependientes de insumos agroquímicos) a sistemas más diversificados y autosuficientes (Altieri y Nicholls, 2007). El proceso de conversión de sistemas convencionales caracterizados por monocultivos con alta dependencia de insumos externos a sistemas diversificados de baja intensidad de manejo es de carácter transicional y se compone de tres fases (Gliessman, 1998):

1. Eliminación progresiva de insumos agroquímicos mediante la racionalización y mejoramiento de la eficiencia de los insumos externos a través de estrategias de manejo integrado de plagas, malezas, suelos, etc.
2. Sustitución de insumos sintéticos por otros alternativos u orgánicos.

3. Rediseño de los agroecosistemas con una infraestructura diversificada y funcional que subsidia el funcionamiento del sistema sin necesidad de insumos externos sintéticos u orgánicos.

Altieri y Nicholls (2007), mencionan que la conversión de un sistema de producción convencional a un sistema agroecológico se centra sobre dos pilares fundamentales:

1. El mejoramiento de la calidad del suelo, incluyendo una biota edáfica más diversa.
2. El manejo del hábitat mediante la diversificación temporal y espacial de la vegetación, que fomenta una entomofauna benéfica así como otros componentes de la biodiversidad.

Considerando lo anterior, la integridad del agroecosistema depende de las sinergias entre la diversidad de plantas y el funcionamiento continuo de la comunidad microbiana del suelo sustentada por un suelo rico en materia orgánica (Altieri y Nicholls, 1999).

### **3.13. Degradación de suelos**

Los suelos son cuerpos naturales producto del ambiente y son parte del ecosistema que la sociedad utiliza para satisfacer sus necesidades, en especial, alimentos y fibras (Martínez *et al.*, 2006). Pla (1990), citado por este mismo autor señala que la degradación es un descenso en la calidad del suelo debido a causas naturales o inducidas por el hombre. Entendiendo por calidad del suelo, como la habilidad para cumplir con tres funciones básicas: medio para el crecimiento de las plantas, regulador del régimen hídrico a nivel de unidades hidrológicas y filtro ambiental.

Se considera como degradación del suelo a toda modificación que conduzca a su deterioro. Según la FAO-UNESCO (1980; 1976) citado por Dorransoro (2010), señala que la degradación, es el proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir, cuantitativa y cualitativamente, bienes y servicios. Así mismo la degradación del suelo es la consecuencia directa de la utilización del suelo por el hombre.

Oldeman (1989) citado por Espinosa *et al.* (2011), menciona que la degradación de los suelos, entendida como los procesos inducidos por el hombre que disminuyen la capacidad actual y/o futura del suelo para sostener la vida humana, está relacionada con el régimen climático, las condiciones geomorfológicas y las características intrínsecas de los suelos, pero sobre todo con la deforestación, el establecimiento de sistemas agrarios inapropiados y el impacto que causan las políticas públicas en el medio ambiente.

En cuanto a la degradación causada por el ser humano, resulta de especial importancia la química, ya que está genera modificación del equilibrio mineral, reducción en la capacidad de intercambio catiónico, salinización, alcalinización y acidez del suelo, toxicidad de aluminio y manganeso, deficiencia de nutrientes y acumulación de compuestos tóxicos. Esta degradación se produce debido al inapropiado uso y manejo del agua de riego, a la acumulación de desechos mineros, a la aplicación indiscriminada de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas) y a la sobreexplotación del recurso suelo (Gomero y Velázquez, 1999).

### **3.14. Abonos orgánicos**

Un abono orgánico es cualquier material de origen animal o vegetal, capaz de proporcionar uno o más de los elementos que son esenciales para las plantas cultivadas (Salgado y Núñez, 2010). Los abonos orgánicos fueron la base de la fertilización durante muchos siglos, hasta la aparición de los fertilizantes químicos. En México la aplicación de abonos orgánicos se remota a la época prehispánica donde jugaron un papel importante en el sustento de la agricultura (Salaya, 2010).

En los sistemas agrícolas tradicionales, los pequeños agricultores mantenían la fertilidad de sus tierras y producción de cosechas cerrando los ciclos de energía, agua y nutrimentos (Zamora *et al.*, 2008). En la actualidad, los abonos orgánicos más utilizados son el lombricompost, compost, bokashi, bioles y extractos vegetales; los cuales requieren un proceso de elaboración y tienen en común su aporte de nutrientes, mejora en la sanidad del cultivo y la mejoría en las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Romano *et al.*, 2012; López, 1994).

La importancia que han merecido los abonos orgánicos, se debe entre otros motivos, al valor que tienen como mejoradores de suelos especialmente con bajo contenido de materia orgánica, pobres en contenido de nutrientes y bajos en población microbiana (Salaya, 2010), esta situación es común en los suelos agrícolas sometidos a la aplicación continua de fertilizantes químicos, en suelos erosionados y compactos. Los resultados obtenidos a lo largo del tiempo muestra que la aplicación prolongada de abonos orgánicos, mejora la estructura del suelo, incrementa la cantidad y diversidad de microorganismos relacionado con la fertilidad, favorece la aireación, la infiltración y retención de humedad, mejorando la fertilidad en general y favoreciendo directamente el desarrollo y rendimiento de los cultivos (Kolmans y Vásquez, 1990; Dick y MaCoy, 1993).

### **3.15. Abonos líquidos fermentados**

Se define como abonos líquidos fermentados a los efluentes que se generan del proceso de la fermentación de materiales orgánicos como el estiércol, plantas verdes y frutos. Comúnmente se les llaman biofermentos y en algunos lugares se les conoce con el nombre de bioles o biofertilizantes (Restrepo, 2001).

Los abonos líquidos fermentados, en su mayoría, son elaborados a partir de estiércol, melaza, microorganismos y agua, para después ser sometidos a un proceso de fermentación aeróbica y/o anaeróbica antes de aplicarlos. Por lo general, al preparar los abonos líquidos fermentados, se mezcla con agua, alguna fuente de nitrógeno como estiércol o leguminosas y una fuente energética como la melaza. Dicha mezcla puede ser enriquecida con harina de rocas molidas y sales minerales. Finalmente es necesario agregar alguna fuente de microorganismos (levaduras, suero de leche, leche) que se encargaran de la transformación de los materiales orgánicos (Restrepo, 1996, 2001 y 2002).

El uso de abonos líquidos fermentados puede llegar a sustituir a los fertilizantes químicos, ya que fortalece el equilibrio nutricional a través de los ácidos orgánicos, los reguladores de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas y coenzimas (Restrepo, 2005).

## **IV. MARCO CONTEXTUAL**

En este apartado se describe la ubicación geográfica y los factores ambientales, sociales y económicos, que se presentan en la región de estudio, destacando las características biofísicas que permiten a la agricultura ser la principal actividad económica. Así como algunos indicadores sociales de la población. Lo cual permite, ubicar los hechos técnicos y la relación entre los elementos socioculturales y económicos de los sistemas de producción.

### **4.1. Localización**

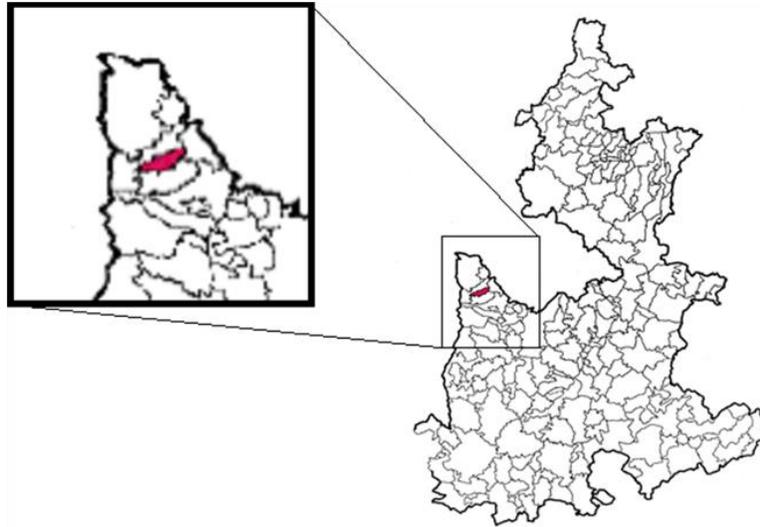
El municipio de San Felipe Teotlalcingo se localiza en la parte centro del estado de Puebla. La cabecera municipal está situada a una altitud de 2,500 metros sobre el nivel del mar (msnm), su posición geográfica, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) se encuentra entre los paralelos 19°11'24" y 19°15'36" de longitud norte y los meridianos 98°28'06" y 98°33'18" de longitud occidental. Colinda al Norte con el municipio de San Salvador el Verde, al Sur con Chiautzingo, al Este con el municipio de San Martín Texmelucan y al Oeste con el parque nacional Iztaccihuatl y el estado de México. En la Figura 1 se presenta la ubicación del municipio de San Felipe Teotlalcingo, Pue. (Aguirre, 2011).

La superficie territorial del municipio es 54.85 Km<sup>2</sup>, que representa 0.16% del territorio estatal. De acuerdo con el INEGI (2009), 60% de la superficie es agrícola, 31% es bosque y la zona urbana representa 9%.

### **4.2. Medio biofísico**

#### **4.2.1. Clima**

García (1998), menciona que el tipo de clima prevaleciente en San Felipe Teotlalcingo, respecto a la clasificación climática de Koeppen corresponde al tipo C(w2), el cual es un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano; precipitación media anual de 1092 mm y temperatura media anual de 13.2 °C.



**Figura 1.** Localización del municipio de San Felipe Teotlalcingo en el Estado de Puebla.

#### **4.2.2. Orografía**

El relieve del municipio está determinado por su ubicación con respecto a la Sierra Nevada; convencionalmente se considera que la cota 2,500 que cruza por la mitad del municipio hacia el oriente, forma parte del valle de Puebla; y de la misma cota hacia el poniente, a las faldas inferiores de la Sierra Nevada. La Sierra Nevada forma parte del sistema volcánico transversal, recorre de Norte a Sur el occidente del valle de Puebla, y tiene una extensión de más de 100 Km<sup>2</sup> en un gran alineamiento de relieve continuo; en tanto que el valle de Puebla constituye el sector principal de la altiplanicie poblana y limita con la depresión de Valsequillo, el valle de Tepeaca y la Sierra Nevada. Por lo anterior, el relieve del municipio presenta las siguientes características: Al oriente, dentro de lo que es el Altiplano de San Martín Texmelucan, la topografía es más bien plana, con un ligero ascenso en dirección Este - Oeste, únicamente interrumpido al sureste por el cerro Mendocinas. Conforme se avanza al poniente, el relieve se vuelve más pronunciado pero siempre uniforme, arribando al ancho pie de monte del Iztaccihuatl. Al extremo poniente llega a su mayor altura, 2,900 msnm (Aguirre, 2011).

### **4.2.3. Suelo**

La carta del INIFAP-CONABIO (1995), de edafología indica que, en el municipio de San Felipe Teotlalcingo se encuentran los siguientes tipos de suelos: 1) regosol, los cuales se encuentran sobre materiales originales sueltos o con roca dura a más de 30 cm, con muy baja evolución pedogenética, estos se localizan en las últimas estribaciones de la Sierra Nevada; 2) cambisol, que se caracteriza por tener un horizonte cambico, con cierto desarrollo pedogenético; 3) fluvisol, originados a partir de materiales fluviales recientes, una característica de ellos es que la materia orgánica decrece irregularmente o es abundante en zonas muy profundas y tienen muy baja evolución, ocupa una extensa área al oriente de municipio; 4) litosol, estos suelos se distinguen por tener una profundidad menor a 10 cm, tienen características muy variables, pueden ser fértiles o infértiles, arenoso o arcillosos, y su susceptibilidad a la erosión depende de donde se encuentren, de la topografía y del mismo suelo; se localizan en un área reducida al extremo oriente del municipio.

### **4.2.4. Hidrografía**

El municipio pertenece a la cuenca del río Atoyac, una de las más importantes del estado, y que tiene su nacimiento cerca de los límites del estado de México y Puebla en la vertiente oriente de la Sierra Nevada. Por su ubicación, el municipio pertenece a la parte occidental de la cuenca alta del Atoyac. Los Ríos que lo atraviesan de Oeste a Este, provienen de la Sierra Nevada y son tributarios del Atoyac; destacan los siguientes: Arroyo Seco, Tenango, Cotzala, Ixotitla, Tepetzintla, Iztapalapa, Xochiac, Chiconquiac y Santa Clara, que en su recorrido forman la cañada Tlapanquitétl y las barrancas La Ventana y Texoloc. Aunando a lo anterior, los ventisqueros del Iztaccíhuatl pueden almacenar agua y alimentar los poblados y terrenos de sus faldas en la época de sequía; las rocas y suelos dejan infiltrar el agua hasta grandes profundidades, por lo que al pie de los volcanes puede obtenerse agua de pozos durante todo el año (Aguirre, 2011).

#### **4.2.5. Flora**

El suelo como producto de la disgregación de rocas y la incorporación de materia orgánica, producto de restos vegetales y animales, así como de arcillas, aunadas al tipo de clima, ha permitido hacer de este municipio una región privilegiada en la que se encuentran y cultivan las siguientes plantas: frutales (pera, manzana, chabacano, tejocote, ciruela, nuez, capulín, zapote blanco, higo, mora, piñón, membrillo y durazno); flores (rosas, gladiolas, alhelí, nube, cempaxúchitl, perrito, marcadela, geranio, clavel, alcatraz, margarita y aretillo); forestales (ocote, pino, oyamel, encino, madroño, ayacahuite, ailote, fresno, tepozán y alcanfor); verduras (cebolla, cilantro, col, coliflor, calabaza, rábano, acelga, espinaca, nopal y ajo); leguminosas (chícharo, haba, lenteja, frijol, ayocote); gramíneas (maíz y trigo); forrajes (alfalfa, avena, cebada, ebo y cañuela); plantas silvestres (acahual, trébol, mozoquelite, maguey, zacamite, chicalote y chichicaxtle); hongos comestibles (xoleyes, panzas, yema de huevo, ladrillo, azules, matalitos y san juanitos); medicinales (ruda, romero, santa maría, ajenjo, hinojo, mostranzo, hítamo, árnica, pirúl, carricillo, borraja, clavo, pata de león, espinosilla, eucalipto, alcanfor, plumajillo, epazote de zorrillo, ámbar, manzanilla, col de china, pimpinela, toronjil, cedrón, toloache, simonille, azomiate, rosa de castilla, encino, capulín, ocote, golondrina, muiltle, olivo, cabello de elote, hierbabuena, lengua de vaca, estafiate, diente de león, orégano y tomillo) (Aguirre, 2011).

#### **4.2.6. Fauna**

Se encuentran en el municipio animales domésticos (ganado bovino, ovino, equino, porcino, conejos, patos, guajolotes, pollos); animales silvestres (conejo, liebre, tejón, cacomixtle, onza, tuza, lechuza, cuijes, chintetes, ranas, sapos, serpientes (cencuate, palanca, chirrionera y de agua), aves (gorriones, primavera, canarios, tigrillos, ilamas, carpinteros, calandria, golondrinas, aguadores y huitlacoques) (Aguirre, 2011).

### **4.3. Perfil sociodemográfico**

#### **4.3.1. Demografía**

El municipio cuenta con una población de 9,426 habitantes, de los cuales 4,566 son hombres y 4,860 mujeres. En la zona urbana se encuentran 6,166 habitantes y en la rural de 3,260. La población infantil asciende a 2,920 personas, la joven y adulta a 5,708 y la de tercera edad a 725 individuos. Cuenta con 8 localidades: San Felipe Teotlalcingo, San Matías Atzala, San Juan Tlale, Mihuacca (San Isidro Labrador), Cozala, Tlapixhuacan (Hueytlale), Santa María la Unión (Rancho la Unión) y El Carril del Fresno. La densidad de población es de 239 habitantes por km<sup>2</sup>. Su tasa de crecimiento anual es de 2.1% (Secretaría de Finanzas, 2011).

#### **4.3.2. Marginación y pobreza**

Dentro de los indicadores sociales, el municipio se encuentra en grado medio de marginación (educación, servicios básicos, vivienda e ingreso), al igual que en desarrollo humano (educación Salud e Ingreso *per cápita*). En rezago social e intensidad migratoria (migración y remesas) en grado bajo. En cuanto al grado de pobreza, 77% de la población se encuentra en esta condición, de lo anterior 20% se encuentra en pobreza extrema y 57% en pobreza moderada. Dentro de los indicadores de carencia social, el rezago educativo se encuentra alrededor del 18.5%, en acceso a los servicios de salud 57.7% y en acceso a la alimentación 21.1%. En cuanto al bienestar económico 41.8% de la población tiene un ingreso inferior a la línea de bienestar (Secretaría de Finanzas, 2011).

### **4.4. Actividad económica**

La población económicamente activa del municipio se ocupa principalmente en el sector primario, cuyos miembros se dedican en su mayoría a la agricultura (72%), seguido por el sector terciario (18%) y por último el secundario (10%) (Aguirre, 2011).

#### **4.4.1. Sector primario**

##### **4.4.1.1. Agricultura**

La superficie sembrada en el municipio corresponde a 2,502 ha, presentando una gran diversidad de producción; sin embargo en su mayoría los cultivos predominantes son los básicos como se observa en el Cuadro 1. De la superficie sembrada en el municipio, 99.9% es fertilizada, menos del 50% es atendida con personal técnico y 76% es mecanizada (Cuadro 2).

##### **4.4.1.2. Ganadería**

La actividad ganadera del municipio es diversificada como se detalla en el Cuadro 3, la cual en su mayoría es de traspatio (Aguirre, 2011). La mayor población es la de aves, seguida por la de porcinos y bovinos. A pesar que la actividad avícola es importante, la mayor derrama económica es por la venta de carne de cerdo. Con relación al volumen de producción de otros productos, la leche de bovino representa la derrama económica más significativa (Cuadro 4).

#### **4.4.2. Sector secundario**

En este sector corresponden actividades de minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad. Donde laboran 372 personas, las cuales representan 10% de la población económicamente activa ocupada (Aguirre, 2011).

#### **4.4.3. Sector terciario**

El sector terciario, corresponde a las actividades de comercio, turismo y otros. Siendo el segundo en importancia economía para San Felipe Teotlalcingo, ya que ofrece empleo a 1,205 personas, quienes representan 18% de la población económicamente activa ocupada (*Idem*).

**Cuadro 1.** Cultivos, superficie sembrada, producción y valor de la producción.

Cultivo	Sup. Sembrada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton Ha <sup>-1</sup> )	PMR (\$ Ton <sup>-1</sup> )	Valor Producción (Miles de Pesos)
Alfalfa verde	70	4,200.00	60	500	2,100.00
Amaranto	6	15	2.5	3,650.00	54.75
Arvejón	5	10	2	5,350.00	53.5
Avena Forrajera	20	280	14	650	182
Calabacita	5	55	11	8,500.00	467.5
Cebada forrajera en verde	20	280	14	600	168
Cebolla	10	140	14	12,500.00	1,750.00
Chícharo	29	237	8.17	5,293.25	1,254.50
Chile Verde	12	96	8	9,000.00	864
Cilantro	4	40	10	1,900.00	76
Ciruela	52	342	6.58	3,924.56	1,342.20
Col (Rapollo)	5	100	20	1,680.00	168
Coliflor	28	612	21.86	4,500.00	2,754.00
Durazno	29.4	185.4	6.31	6,129.13	1,136.34
Ebo (Janamargo O. veza)	22	264	12	1,100.00	290.4
Ejote	10	130	13	8,200.00	1,066.00
Flores (Gruesa)	33	59,400.00	1,800.00	420	24,948.00
Frijol	297.8	140	1	14,000.00	196
Gladiola (Gruesa)	42	50,000.00	1,190.48	231.12	11,556.00
Haba verde	61	674	11.05	4,420.18	2,979.20
Hierbabuena	8	68	8.5	1,100.00	74.8
Lechuga	5	45	9	2,500.00	112.5
Maíz forrajero	5	150	30	501.6	75.24
Maíz grano	1,615.00	1,125.00	1.55	4,086.67	4,597.50
Manzana	28.8	219	7.6	2,469.59	540.84
Nabo forrajero	5	75	15	1,350.00	101.25
Nube	10	90	9	3,800.00	342
Pera	29	291	10.03	1,501.03	436.8
Tejocote	29	149	5.14	1,200.00	178.8
Trigo grano	6	6	1	1,600.00	9.6
<b>Total</b>	<b>2,502</b>				<b>59,875.72</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del SAGARPA, 2011.

**Cuadro 2.** Superficie fertilizada, sembrada con semilla mejorada, asistencia técnica, con servicio de sanidad vegetal y mecanizada.

Superficie	Ha
Fertilizada	2,500
Sembrada con semilla mejorada	708
Asistencia técnica	1,112
Atendida con servicio de sanidad vegetal	300
Mecanizada	1,895

Fuente: Elaboración propia con datos de anuario estadístico. INEGI, 2007.

**Cuadro 3.** Población ganadera, avícola y existencia de colmenas.

Especie	Cabezas	Valor de la población ganadera y avícola (miles de pesos)	Volumen de la producción (Toneladas)	Valor de la producción (miles de pesos)
Bovino	2,809	15168	84.7	2053.8
Porcino	4,923	5612	93.8	2833.5
Ovino	813	683	8.6	363.9
Caprino	1,579	1311	0.6	16.8
Équido	1,283	4361	0	0
Gallinas	36,942	1101	26.8	858
Guajolotes	5,432	587	3	222.0
Colmenas	564 *	705**	3.7***	68.6***

\* Numero colmenas \*\* Valor de las colmenas \*\*\*Miel

Fuente: Elaboración propia con datos de anuario estadístico. INEGI, 2007.

**Cuadro 4.** Volumen de producción en el municipio.

Concepto	Volumen	Valor de la producción (miles de pesos)
Leche de bovino	1,754 miles de litros	7,643.00
Leche de cabra	4.7 miles de litros	16.90
Lana sucia	0.4 Ton	0.80
Huevo plato	110 Ton	1,223.50

Fuente: Elaboración propia con datos de anuario estadístico. INEGI, 2007.

## **V. METODOLOGIA**

Para lograr los objetivos de la investigación se consideraron las siguientes etapas: revisión de información secundaria, observaciones de campo, establecimiento de parcela experimental, entrevistas, levantamiento de cuestionarios y finalmente análisis de datos.

### **5.1. Parcela experimental**

#### **5.1.1. Ubicación**

La parcela experimental se estableció en el predio conocido como “el Fraile”, propiedad de un productor cooperante, ubicado en el antiguo camino a San Juan Tlale. La finalidad de establecer la parcela en este sitio fue por presentar las condiciones edafoclimáticas prevalecientes en el municipio.

#### **5.1.2. Material Genético**

Se utilizó semilla criolla de maíz amarillo y azul de la misma comunidad.

#### **5.1.3. Biofertilizantes**

Para la preparación de los biofertilizantes, se manejaron dos biodigestores tipo Batch (fermentación anaeróbica) y uno aeróbico estacionario, utilizando recipientes de plástico, con capacidad de 200 litros. Los biofertilizantes se elaboraron el dos de marzo de 2012, con los siguientes componentes de acuerdo con el Cuadro 5, agregándolos y mezclándolos en cada uno de los recipientes hasta obtener una homogenización de los mismos. Para el caso del biofertilizante aeróbico, se mezcló diariamente por un tiempo de tres minutos durante 45 días. Para disminuir alteraciones causadas por lluvia o sol durante el proceso de fermentación, los biodigestores se colocaron bajo un área techada. Se muestrearon a los 15 y 45 días después de elaborarlos, recolectando 500 ml por muestra.

Los análisis se realizaron en el laboratorio de química de suelos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo; para determinar: pH, conductividad eléctrica (CE) y el contenido total de: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y hierro (Fe).

**Cuadro 5.** Componentes y cantidades utilizados para la preparación de los biofertilizantes.

Componentes	Biofertilizante aeróbico	Biofertilizante anaeróbico	Biofertilizante anaeróbico con leguminosa
Estiércol fresco de bovino	50 kg	50 kg	50 kg
Levadura fresca	400 g	400 g	400 g
Ceniza	4 kg	4 kg	4 kg
Melaza	2 kg	2 kg	2 kg
Leche	2 L	2 L	2 L
Agua	144 L	144 L	144 L
Leguminosa ( <i>Medicago spp.</i> )	-	-	5 kg

#### 5.1.4. Tratamientos

Se probaron los tres tipos de biofertilizantes elaborados localmente en aplicación foliar, a tres concentraciones (15%, 30% y 45%), así como un tratamiento químico (133-46-00), que corresponde a la tecnología utilizada por los productores (CIMMYT, 1974), y finalmente un testigo (cero fertilización) (Cuadro 6). Los tratamientos con biofertilizantes consistieron en aplicaciones foliares, iniciando quince días después de emergidas las plantas, posteriormente se repitió la aplicación cada quince días hasta completar un total de cinco. Para el caso del tratamiento químico se realizó en dos aplicaciones, durante la primera y segunda labor.

#### 5.1.5. Establecimiento

Antes de instalar el experimento se procedió a tomar una muestra de suelo compuesta (estrato 0-30 cm de profundidad). La caracterización fisicoquímica del suelo fue realizada en el Laboratorio de Suelos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo de acuerdo a la norma NOM-021- SEMARNAT-2000 (Cuadro 7).

**Cuadro 6.** Tratamientos utilizados para ambos maíces.

Tratamientos	
1	Bio estiércol bovino anaeróbico (Bioban) 15%
2	Bio estiércol bovino anaeróbico (Bioban) 30 %
3	Bio estiércol bovino anaeróbico (Bioban) 45 %
4	Bio estiércol bovino anaeróbico leguminosa (Biobal) 15%
5	Bio estiércol bovino anaeróbico leguminosa (Biobal) 30%
6	Bio estiércol bovino anaeróbico leguminosa (Biobal) 45%
7	Bio estiércol bovino aeróbico (Bioba) 15%
8	Bio estiércol bovino aeróbico (Bioba) 30%
9	Bio estiércol bovino aeróbico (Bioba) 45%
10	Fertilización Química 133-46-00 (FQ)
11	Testigo Cero (T0)

**Cuadro 7.** Análisis de suelo experimental.

Determinación	Valor	Interpretación	Determinación	Valor	Interpretación
pH	6.90	Neutro	Calcio (meq 100 g <sup>-1</sup> )	5.00	Media
CE (mmhos cm <sup>-1</sup> )	8.00	Suelo salino	Magnesio (meq 100 g <sup>-1</sup> )	4.10	Alto
Materia orgánica (%)	0.80	Bajo	N-NO <sub>3</sub> (ppm)	83.00	Muy alto
Nitrógeno (%)	0.04	Muy bajo	N-NH <sub>4</sub> (ppm)	16.00	Bajo
Fosforo (ppm)	89.00	Alto	Fierro (ppm)	22.00	Adecuado
Potasio (meq 100 g <sup>-1</sup> )	1.30	Alto	Zinc (ppm)	1.90	Adecuado
Cobre (ppm)	1.00	Adecuado	Textura	Franco arcillo arenosa	
Manganeso (ppm)	8.00	Adecuado			

### **5.1.6. Diseño experimental**

Los tratamientos se distribuyeron en el campo bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los surcos centrales fueron utilizados para la evaluación de variables.

### **5.1.7. Preparación del terreno**

La preparación del terreno se realizó utilizando maquinaria agrícola para las labores de barbecho, rastra y surcado.

### **5.1.8. Manejo de cultivo**

El experimento se condujo en condiciones de temporal durante todo el período del cultivo. La siembra se efectuó a tapa pie, el 18 de abril de 2012, colocando tres semillas por mata, teniendo una separación de 0.85 m entre surcos y 0.60 m entre matas, equivalente a una densidad aproximada de  $50 \cdot 10^3$  plantas  $\text{ha}^{-1}$ , cada unidad experimental constó de 4 surcos, con una longitud de 5 m. Las labores de cultivo se efectuaron con tracción animal (yunta). El manejo se realizó de acuerdo a las prácticas tradicionales que efectúan los productores en este municipio. Se realizaron dos labores al cultivo, mismas que sirvieron para el manejo de arvenses.

No se aplicaron productos agroquímicos para el control de plagas o enfermedades. La cosecha se realizó el día 13 de noviembre de 2012.

### **5.1.9. Variables agronómicas**

Las variables evaluadas fueron divididas en dos grupos: a) caracteres vegetativos (3 variables) y b) caracteres agronómicos (3 variables) (IBPGR, 1991).

### 5.1.9.1. Caracteres vegetativos de la planta

1. Altura de planta: se midió en metros desde el suelo hasta la base de la espiga, después del estado lechoso, en todas las plantas con competencia completa de la parcela útil.
2. Altura de mazorca: se midió en metros desde el suelo hasta el nudo de la mazorca más alta, después del estado lechoso, en todas las plantas con competencia completa por parcela útil.
3. Número total de hojas: se tomaron todas las plantas con competencia completa de la parcela útil y se cuantificó el número total de hojas, contadas desde la base de la misma hasta la última hoja en el tallo.

### 5.1.9.2. Caracteres agronómicos

1. Rendimiento por hectárea: al final del ciclo se pesó el maíz cosechado de la parcela útil y el rendimiento fue calculado mediante la siguiente fórmula que estima el rendimiento de grano ajustado al 14% de humedad (Ángeles *et al.*, 2010). Además se ajustó al rendimiento comercial, multiplicando el resultado por el factor de corrección de 0.80.

$$\text{Ren} = \left[ \frac{\text{PM} (1-\text{H})}{0.86} \right] * [\text{PG} * (\text{PG} + \text{PO})] \cdot 1250$$

Dónde:

Ren = Rendimiento de grano por hectárea.

PM = Peso de mazorcas en la muestra.

H = Porcentaje de humedad expresado en decimales.

0.86 = Valor ajustado al 14% de humedad.

1250 = Unidades por hectárea.

PG = Peso de grano.

PO = Peso de olote.

2. Índice de prolificidad: se dividió el número total de mazorcas de la parcela útil por el número total de plantas.

3. Peso de rastrojo: fue el peso total del rastrojo de toda la parcela útil.

#### **5.1.10. Análisis de datos**

Al finalizar la medición de variables en la parte experimental, se procedió a la ordenación de datos. Consecutivamente se realizó análisis de varianza y separación de medias con prueba de Tukey al 5% por cada variable estudiada; para lo cual se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System Inst., 2004).

#### **5.2. Análisis económico**

Se realizó una evaluación económica de todos los insumos empleados por los productores para la siembra de maíz, así como de cada uno de los tratamientos utilizados, con precios de acuerdo al año 2012. Se determinaron los costos variables y se les relacionó con el beneficio neto y la tasa marginal de retorno (CIMMYT, 1988).

#### **5.3. Percepción sobre biofertilizantes**

##### **5.3.1. Observación de campo**

Se realizaron recorridos de campo para contrastar los datos obtenidos en la aplicación de encuestas (Rojas, 2003), respecto al uso, aplicación y efecto de biofertilizantes, así como el manejo del sistema agrícola. Los recorridos se realizaron a diferentes parcelas, acompañados por productores que emplean biofertilizantes en sus cultivos; donde expresaron su percepción, sobre las ventajas y desventajas en la aplicación de los mismos.

### **5.3.2. Entrevista**

Se elaboró una guía de entrevista estructurada (Rojas, 2003), para obtener información relevante, aplicándola a 26 agricultores, donde se obtuvo información respecto a la percepción sobre los biofertilizantes de preparación local dentro de la comunidad; así como su opinión para generar una mayor difusión de esta tecnología.

### **5.3.3. Instrumento empleado**

Para conocer la percepción de los productores sobre el manejo, uso, aplicación y efecto de biofertilizantes artesanales, se realizó una encuesta dirigida a una muestra representativa (Rojas, 2003), de productores de maíz, mediante la aplicación de un cuestionario, el cual estuvo conformado por preguntas abiertas y cerradas, con la finalidad de obtener información de tipo cualitativo y cuantitativo. La aplicación de la encuesta se realizó entre los meses de mayo y julio de 2013

### **5.3.4. Variables estudiadas**

Las variables consideradas fueron distribuidas en tres apartados, el primero fue acerca de aspectos socioeconómicos que permitieron caracterizar al productor en este rubro; el siguiente estuvo relacionado con el conocimiento, experiencia y percepción personal con la que cuentan sobre los biofertilizantes; finalmente se consideró los aspectos referentes a las condiciones sociales, económicas y ecológicas dentro de la comunidad(Cuadro 8).

### **5.3.5. Selección de la muestra**

La población estudiada fueron los productores de maíz del municipio de San Felipe Teotlalcingo, Pue., y se basó en el padrón de beneficiarios de PROCAMPO del ciclo primavera-verano de 2012 (SAGARPA, 2012), con un total de 588 agricultores registrados. Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la fórmula estadística de la varianza máxima.

$$n = (N * Z_{\alpha/2}^2 p * q) / [(N d^2) + (Z_{\alpha/2}^2 p * q)]$$

Dónde:

n= tamaño de muestra.

N= tamaño de la población total.

$Z_{\alpha/2}$ = Confiabilidad, se utilizó  $\alpha= 0.05$ .

(p\*q)= Para éste caso se utilizó el método de la varianza máxima, donde p=0.5 y q=0.5

d= error estándar, se utilizó 10% (0.10)

Sustituyendo valores, tenemos:

$$n = (588 * 1.96^2 * 0.25) / [(588 * 0.10^2) + (1.96^2 * 0.25)]$$

Por lo cual: n= 83

Los productores fueron seleccionados a través de un muestreo aleatorio.

### **Cuadro 8.** Definición y operacionalización de hipótesis.

Hipótesis	Tipo de variable	Variable	Código	Escala de medición
Existen las condiciones sociales (X1), económicas (X1), y ecológicas (X1) para que los biofertilizantes de preparación local sean una innovación tecnológica (Y1).	Independiente	Innovación tecnológica	X1	Intervalo
	Dependiente	Condiciones sociales	Y1	Ordinal
	Dependiente	Condiciones económicas	Y1	Ordinal
	Dependiente	Condiciones ecológicas	Y1	Ordinal
Los productores de maíz, están convencidos de las bondades de los biofertilizantes de preparación local (X1) y, manifiestan su aceptación para su uso (Y1).	Independiente	Percepción	X1	Intervalo
	Dependiente	Adopción de tecnología	Y1	Ordinal

### **5.3.6. Análisis de la información**

Obtenida la información se procesó a través del programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 15 (Development Core Team, 2006), empleando herramientas de estadística descriptiva.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

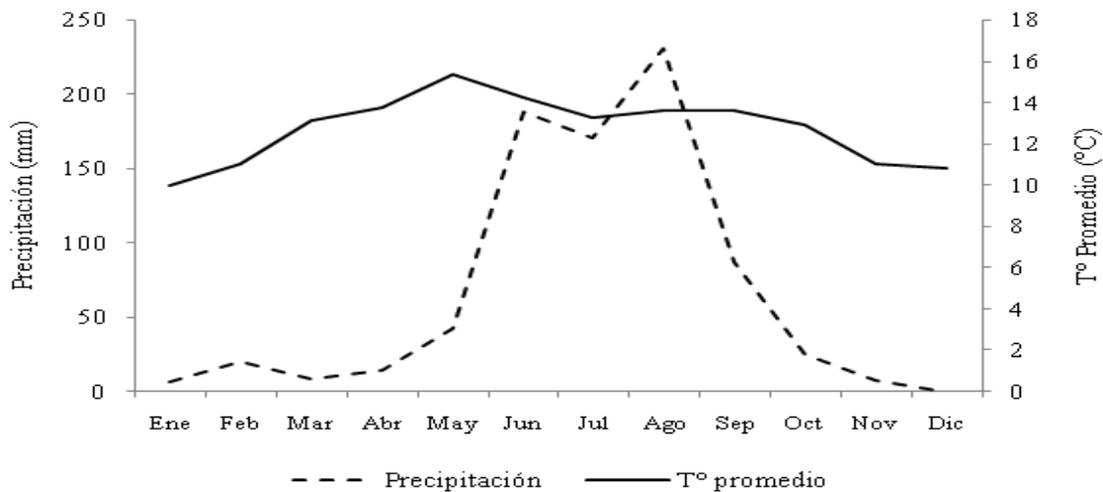
### 6.1. Factores climáticos

Durante el ciclo de cultivo primavera/verano 2012 (abril/octubre), la precipitación promedio mensual fue de 108.51 mm, registrándose la mayor en el mes de agosto con 231.00 mm y la menor en abril (15.00 mm). En cuanto a la temperatura media mensual el mayor registro fue en el mes de mayo con 15.70 °C; en tanto que a partir de octubre las temperaturas bajaron hasta los 12.94 °C. Las condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo fueron aceptables, para un buen desarrollo de las plantas (Cuadro 9 y Figura 2).

**Cuadro 9.** Temperatura media mensual y precipitación años 2011 y 2012.

Mes	2012		2011		Variación (2012-2011)	
	Temperatura media °C	Precipitación mm	Temperatura media °C	Precipitación mm	Temperatura media °C	Precipitación mm
Enero	10	6.4	9.85	0	0.15	6.4
Febrero	11.05	20.02	11.51	0	-0.46	20.02
Marzo	13.16	9.2	13.55	2.8	-0.39	6.4
Abril	13.8	15	15.34	25.6	-1.54	-10.6
Mayo	15.37	42.4	16.2	73.2	-0.83	-30.8
Junio	14.25	188.2	14.32	180.4	-0.07	7.8
Julio	13.31	171	13.79	141.4	-0.48	29.6
Agosto	13.65	231	14.54	141.4	-0.89	89.6
Septiembre	13.63	87.2	13.38	81	0.25	6.2
Octubre	12.94	24.8	11.72	64	1.22	-39.2
Noviembre	11.05	7.8	11.48	9.2	-0.43	-1.4
Diciembre	10.82	0	10.53	0	0.29	0
Anual	12.75	803.02	13.02	719.00	-0.27	84.02

Fuente: Elaboración propia con datos de UPAEP-FUPPUE-CNA ([www.climapuebla.org.mx](http://www.climapuebla.org.mx)).



Fuente: Elaboración propia con datos de UPAEP-FUPPUE-CNA ([www.climapuebla.org.mx](http://www.climapuebla.org.mx)).

**Figura 2.** Temperatura promedio mensual y precipitación durante 2012.

## 6.2. Caracterización de los biofertilizantes elaborados.

### 6.2.1. Factores ambientales en la fermentación

Durante el periodo de fermentación (02 de marzo al 17 de abril de 2012), la temperatura máxima diaria, se presentó estable. Destacan los días tres y 30 de marzo con el menor valor, al registrarse 19.2°C. En el caso de la temperatura mínima diaria, el menor registro fue el día 22 de marzo, siendo de 0.9°C. La temperatura promedio diaria mostró variaciones relacionadas a la temperatura máxima y mínima. (Cuadro 10 y Figura 3).

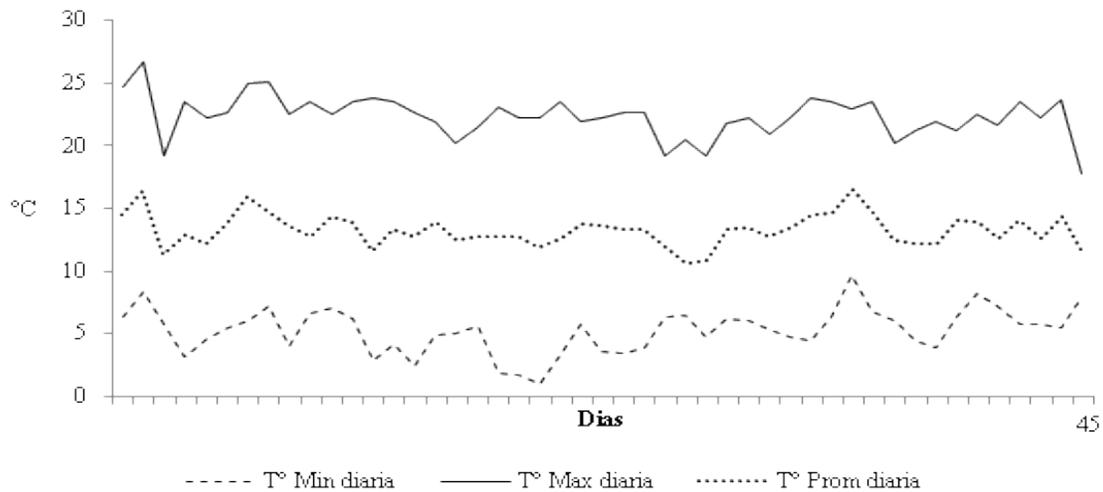
Soria *et al.* (2001), indican que el rango de temperatura para llevarse a cabo un proceso de fermentación adecuado está, entre 15 y 40°C para las bacterias mesófilas, con una óptima de 35 °C; y para las bacterias termofílicas de 35 a 60 °C, con una óptima de 55 °C. Bizzozero (2006), en este mismo sentido menciona que la temperatura de 10 a 35°C favorece la vida de los microorganismos y por consiguiente de una óptima elaboración de biofertilizantes.

Dadas las condiciones socioeconómicas de la comunidad donde se realizó el estudio, es poco probable la disposición del biodigestor en lugares donde se controle la fluctuación de la temperatura. Con lo anterior, se puede decir que, el comportamiento de la temperatura ambiental a lo largo del periodo de fermentación influye directamente en la calidad de los biofertilizantes.

**Cuadro 10.** Temperatura máxima, mínima y promedio diaria durante el periodo de fermentación (45 días) de biofertilizantes.

Temperaturas							
Fecha	Máxima °C	Mínima °C	Promedio °C	Fecha	Máxima °C	Mínima °C	Promedio °C
02/03/2012	24.7	6.4	14.43	26/03/2012	22.7	3.4	13.37
03/03/2012	26.7	8.4	16.36	27/03/2012	22.7	3.9	13.27
04/03/2012	19.2	5.8	11.25	28/03/2012	19.3	6.4	11.89
05/03/2012	23.5	3.1	12.94	29/03/2012	20.5	6.5	10.54
06/03/2012	22.3	4.6	12.09	30/03/2012	19.2	4.7	10.9
07/03/2012	22.7	5.4	13.71	31/03/2012	21.8	6.2	13.27
08/03/2012	25	6	15.94	01/04/2012	22.2	6	13.46
09/03/2012	25.1	7.2	14.7	02/04/2012	21	5.3	12.69
10/03/2012	22.5	4	13.62	03/04/2012	22.3	4.7	13.43
11/03/2012	23.5	6.6	12.76	04/04/2012	23.8	4.4	14.48
12/03/2012	22.5	7.1	14.26	05/04/2012	23.5	6.3	14.69
13/03/2012	23.6	6.2	13.87	06/04/2012	22.9	9.7	16.52
14/03/2012	23.8	2.8	11.54	07/04/2012	23.6	6.7	14.65
15/03/2012	23.5	4.1	13.32	08/04/2012	20.3	6	12.45
16/03/2012	22.7	2.3	12.77	09/04/2012	21.2	4.4	12.21
17/03/2012	22	4.8	13.92	10/04/2012	22	3.9	12.15
18/03/2012	20.3	5	12.46	11/04/2012	21.3	6.3	14.01
19/03/2012	21.6	5.6	12.7	12/04/2012	22.6	8.2	13.94
20/03/2012	23.1	1.8	12.78	13/04/2012	21.7	7.2	12.51
21/03/2012	22.2	1.6	12.73	14/04/2012	23.6	5.8	13.99
22/03/2012	22.2	0.9	11.8	15/04/2012	22.2	5.8	12.6
23/03/2012	23.5	3.3	12.56	16/04/2012	23.7	5.4	14.38
24/03/2012	22	5.8	13.68	17/04/2012	17.8	8	11.36
25/03/2012	22.3	3.6	13.59				

Fuente: Elaboración propia con datos de UPAEP-FUPPUE-CNA ([www.climapuebla.org.mx](http://www.climapuebla.org.mx))



Fuente: Elaboración propia con datos de UPAEP-FUPPUE-CNA ([www.climapuebla.org.mx](http://www.climapuebla.org.mx)).

**Figura 3.** Temperatura máxima, mínima y promedio diaria durante el periodo de fermentación.

### 6.2.2. pH

Los resultados del análisis fisicoquímico se muestran en el Cuadro 11. En pH los biofertilizantes estudiados estuvieron en un rango de 5.09 a 6.12 (Figura 4) en ambos muestreos, con variaciones entre -0.02 y -0.5. Esta tendencia a disminuir concuerda con lo reportado por otros autores (Salaya, 2010; Suárez, 2009; Ito 2006), al caracterizar compuestos orgánicos fermentados producidos en forma artesanal. La diferencia de pH promedio acorde al proceso de fermentación utilizada es significativa (Cuadro 12).

En este sentido Garcés (2010), menciona que en el proceso aeróbico se genera dióxido de carbono, nitratos y sulfatos, entre otros compuestos; y en el anaeróbico se forman ácidos orgánicos tales como butírico, propiónico, además de metano, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico generando un compuesto mayormente ácido.

En cuanto al pH final, en el caso del biofertilizante aeróbico difiere con Duque y Oña (2007), al analizar un biofermentado compuesto por estiércol y plantas bajo este mismo proceso, donde los valores encontrados fueron inferiores a cinco. Para los valores de los biofertilizantes anaeróbicos

coincide con lo encontrado por Suárez (2009) y Alejandro (2012), al caracterizar este tipo de compuestos en sus diferentes estudios.

Saña (1999) citado por Blanco (2011), indica que el rango óptimo de pH para la biodigestión aeróbica, se encuentra entre seis y ocho, esto para posibilitar el desarrollo amplio y variado de microorganismos, por lo que se puede decir que el biofertilizante aeróbico elaborado en este estudio se encuentra en un rango aceptable.

McCarty (1964) citado por Soria *et al.* (2001), menciona que el rango óptimo de pH para lograr una mayor eficiencia de la biodigestión en sistemas anaeróbicos, se encuentra entre 6.6 y 7.6, ya que al mantener este rango, es un indicador de que está operando correctamente. En este sentido Ito (2006), señala que el tipo de ingredientes utilizados y la cantidad de oxígeno presente influyen directamente en el comportamiento del pH.

**Cuadro 11.** Características fisicoquímicas de biofertilizantes

	Muestra 1			Muestra 2			Variación		
	(15 días de fermentación)			(45 días de fermentación)			(muestra 2 – muestra 1)		
	Aeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico + leguminosa	Aeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico + leguminosa	Aeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico + leguminosa
pH	6.12	5.46	5.29	6.07	5.41	5.09	-0.05	-0.05	-0.2
CE*	9.53	7.83	8.09	10.39	8.34	8.68	0.86	0.51	0.59
Nitrógeno**	0.63	0.64	0.56	0.43	0.48	0.34	-0.20	-0.16	-0.22
Fosforo***	127	48	60	69	28	32	-58	-20	-28
Potasio***	1816	1689	1816	1758	1651	1691	-58	-38	-125
Calcio***	1219	835	752	1332	978	931	113	143	179
Magnesio***	429	286	308	701	348	370	272	62	62
Fierro***	18.7	7.08	9.7	13.8	8.3	8.2	-4.9	1.22	-1.5

\* mmhos cm<sup>-1</sup> \*\* total en porcentaje (%) \*\*\* total en mg L<sup>-1</sup>

### 6.2.3. Conductividad eléctrica

En conductividad eléctrica (CE) los biofertilizantes se encontraron en un rango de 7.83 a 10.39 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  en ambos muestreos. No existieron diferencias significativas entre ellos. Presentaron una tendencia creciente durante el periodo estudiado, con variaciones entre 0.51 y 0.89 mmhos  $\text{cm}^{-1}$ . Este comportamiento coincide con lo reportado por Suárez (2009) e Ito (2006), donde evaluaron biofertilizantes artesanales hasta los 45 días de fermentación.

En el caso de los valores finales difiere con lo encontrado por otros autores (Robalino, 2011; Duque y Oña 2007; Soria *et al.* 2001), esto a consecuencia del tipo de ingredientes y proporciones utilizadas. Molina (2002) y Segura (2002) citados por Ito (2006), mencionan que la CE de una solución está directamente relacionada con el total de sólidos disueltos en forma de iones; y cuanto más alto es el valor de los mismos mayor es la CE de dicha solución.

Por otra parte, el pH influye en la solubilidad de los productos que se mezclan y en la disponibilidad de los nutrimentos para ser absorbidos por las hojas; las condiciones ideales de absorción de nutrimentos se dan cuando el valor del pH se mantiene en un rango ligeramente ácido (5,5 a 6,5), mientras que cuando se dan condiciones moderadas o altas de basicidad se forman precipitados. Con lo anterior, se puede decir, que existe cierta correlación entre el pH y la CE, ya que al disminuir el primero, el segundo se incrementa (Ito, 2006).

**Cuadro 12.** Análisis de varianza en características fisicoquímicas de biofertilizantes.

	Aeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico + leguminosa
pH	6.095a	5.435b	5.19b
CE (mmhos $\text{cm}^{-1}$ )	9.96a	8.085a	8.385a
Nitrógeno total (%)	0.53a	0.56a	0.45a
Fosforo total (mg $\text{L}^{-1}$ )	98a	38a	46a
Potasio total (mg $\text{L}^{-1}$ )	1787a	1670a	1753.5a
Calcio total (mg $\text{L}^{-1}$ )	1275.5a	906.5a	841.5a
Magnesio total (mg $\text{L}^{-1}$ )	565a	317a	339a
Fierro total (mg $\text{L}^{-1}$ )	16.25a	7.69a	8.95a

Valores con la misma letra dentro de filas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

#### **6.2.4. Nitrógeno total**

En el caso de nitrógeno total, los resultados se encontraron en un rango de 0.34 y 0.64% con una variación entre muestreos de -0.16 y -0.22%. En cuanto al porcentaje final obtenido no existió diferencia significativa entre los biofertilizantes elaborados. La tendencia fue decreciente, lo que coincide con lo reportado por otros autores (Salaya, 2010; Suárez, 2009; Ito 2006; Soria *et al* 2001), al caracterizar biofertilizantes artesanales en sus diferentes estudios.

El comportamiento a disminuir se debe a la conversión de una forma a otra de N, que es realizada por la actividad microbiana. El término de nitrógeno amoniacal, es utilizado para referirse a las especies de ión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y amoniaco ( $\text{NH}_3$ ). Ambas formas existen en equilibrio entre sí, preponderando una u otra según el pH del medio. La pérdida de nitrógeno se debe a su transformación en formas gaseosas (desnitrificación). Factores tales como la temperatura pueden acelerar o retardar estos procesos (Salaya, 2010; Vassallo, 2008).

#### **6.2.5. Fosforo total**

El fosforo total se encontró en el rango de 28 a 127  $\text{mg L}^{-1}$ , con una variación en muestreos de -20 y -58  $\text{mg L}^{-1}$  (Figura 5). En cuanto al contenido final no existió diferencia significativa entre los biofertilizantes en estudio. La tendencia fue a disminuir, lo que coincide con otros autores (Salaya, 2010; Suárez, 2009; Ito 2006; Soria *et al* 2001), donde mencionan que este comportamiento es causa principalmente de la actividad microbiana al utilizar este elemento dentro de su metabolismo. En este sentido Ito (2006), menciona que la cantidad de estiércol y melaza utilizada está directamente relacionada al contenido de fosforo presente en el biofermentado.

#### **6.2.6. Potasio total**

El potasio total se encontró en un rango de 1651 y 1816  $\text{mg L}^{-1}$  (Figura 6). En cuanto al contenido final no existió diferencia significativa entre los biofertilizantes. Se presentó una tendencia ligeramente descendente entre ambos muestreos, con variaciones de -38 y -125  $\text{mg L}^{-1}$ ,

dicho comportamiento concuerda con lo encontrado por Suárez (2009), donde menciona que la actividad microbiológica influye en este comportamiento.

Los resultados se encuentra en el rango reportado por otros autores (Duque y Oña 2007; Tarigo *et al.* 2004; Soria *et al.*, 2001). En este sentido Ito (2006), encontró una correlación directa entre el contenido de melaza utilizada y el contenido de potasio.

### **6.2.7. Calcio total**

El calcio total se encontró en el rango de 752 y 1332 mgL<sup>-1</sup>, con variaciones de 113 a 179 mgL<sup>-1</sup>. La tendencia fue ascendente entre ambos muestreos, este comportamiento coincide con lo reportado por Suárez (2009), donde menciona que a partir del día 20 de fermentación no existen diferencias significativas en los contenidos de este elemento. En cuanto al valor final, los biofertilizantes en estudio, no presentaron diferencia significativa entre ellos, Lo que concuerda con lo reportado por Suárez (2009) e Ito (2006), al obtener valores dentro de este rango, sin embargo difieren con lo reportado por lo Duque y Oña (2007), esto debido al tipo de ingredientes y cantidades utilizadas. En este sentido Ito (2006), señala que la cantidad de estiércol y melaza utilizada influyen directamente en el contenido de calcio.

### **6.2.8. Magnesio total**

En magnesio total, los biofertilizantes presentaron valores en el rango de 286 y 701 mg L<sup>-1</sup>, con una tendencia creciente entre ambos muestreos, y variaciones de 62 a 272 mg L<sup>-1</sup> (Figura 6). Este comportamiento concuerda con lo encontrado por Suárez (2009). No existieron diferencias significativas en cuanto al contenido de este elemento entre los biofertilizantes en estudio. En cuanto al contenido final se encuentra en el rango reportado por otros autores (Suárez, 2009; Ito, 2006; Tarigo *et al.* 2004), pero difieren con Duque y Oña (2007), posiblemente por los materiales y cantidades utilizados para su preparación. En este sentido Ito (2006), encontró que el contenido de magnesio depende directamente de la cantidad de estiércol y melaza utilizada.

### **6.2.9. Fierro total**

El Fierro total se encontró entre 7.08 y 18.7 mg L<sup>-1</sup>, con una tendencia a disminuir en los biofertilizantes aeróbico y anaeróbico más leguminosa en ambos muestreos, con variaciones de -1.50 a -4.90 mg L<sup>-1</sup>. Comportamiento similar a lo encontrado por Suárez (2009). Para el caso del biofertilizante anaeróbico su contenido se encontró entre 7.08 y 8.30 mg L<sup>-1</sup>, con una tendencia creciente y una variación de 1.22 mg L<sup>-1</sup>, lo que difiere con Suárez (2009). En cuanto a los contenidos finales no existieron diferencias significativas entre los biofertilizantes.

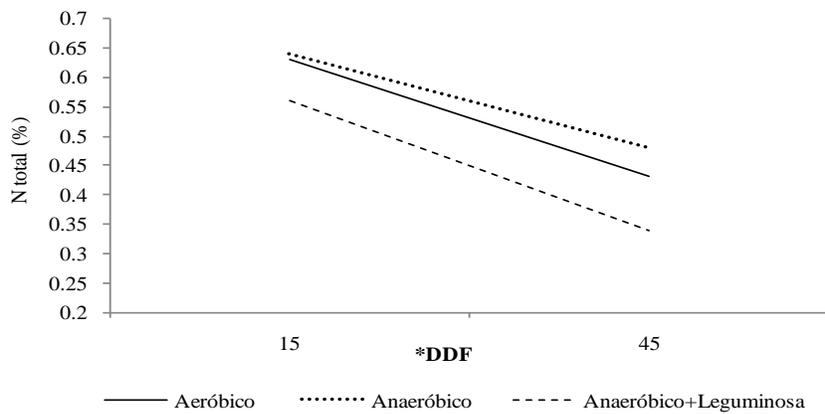
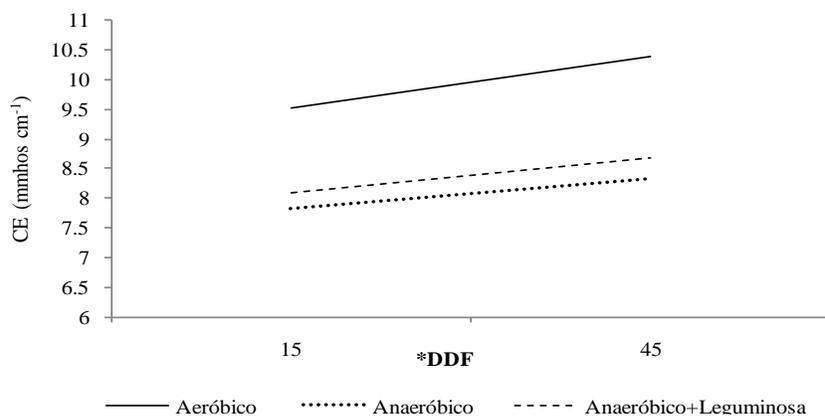
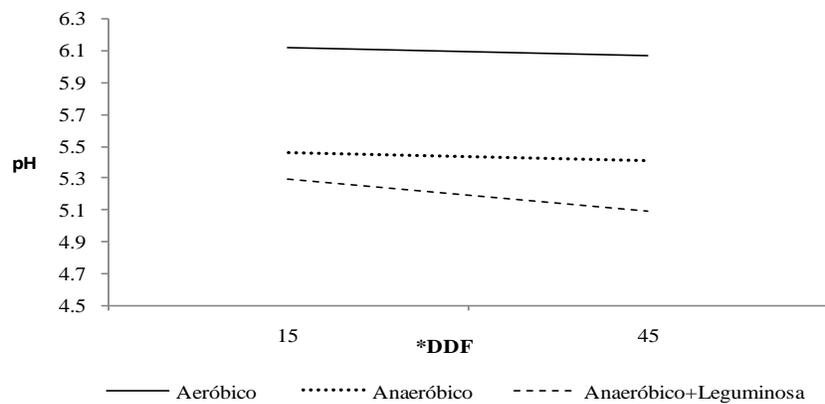
Los resultados encontrados difieren con lo reportado por otros autores (Suárez, 2009; Duque y Oña, 2007; Tarigo *et al.* 2004; Soria *et al.* 2001), señalando que el contenido de este elemento depende directamente del tipo y cantidad de ingredientes utilizado.

## **6.3.Efecto de biofertilizantes artesanales en maíz**

### **6.3.1. Número total de hojas planta<sup>-1</sup>**

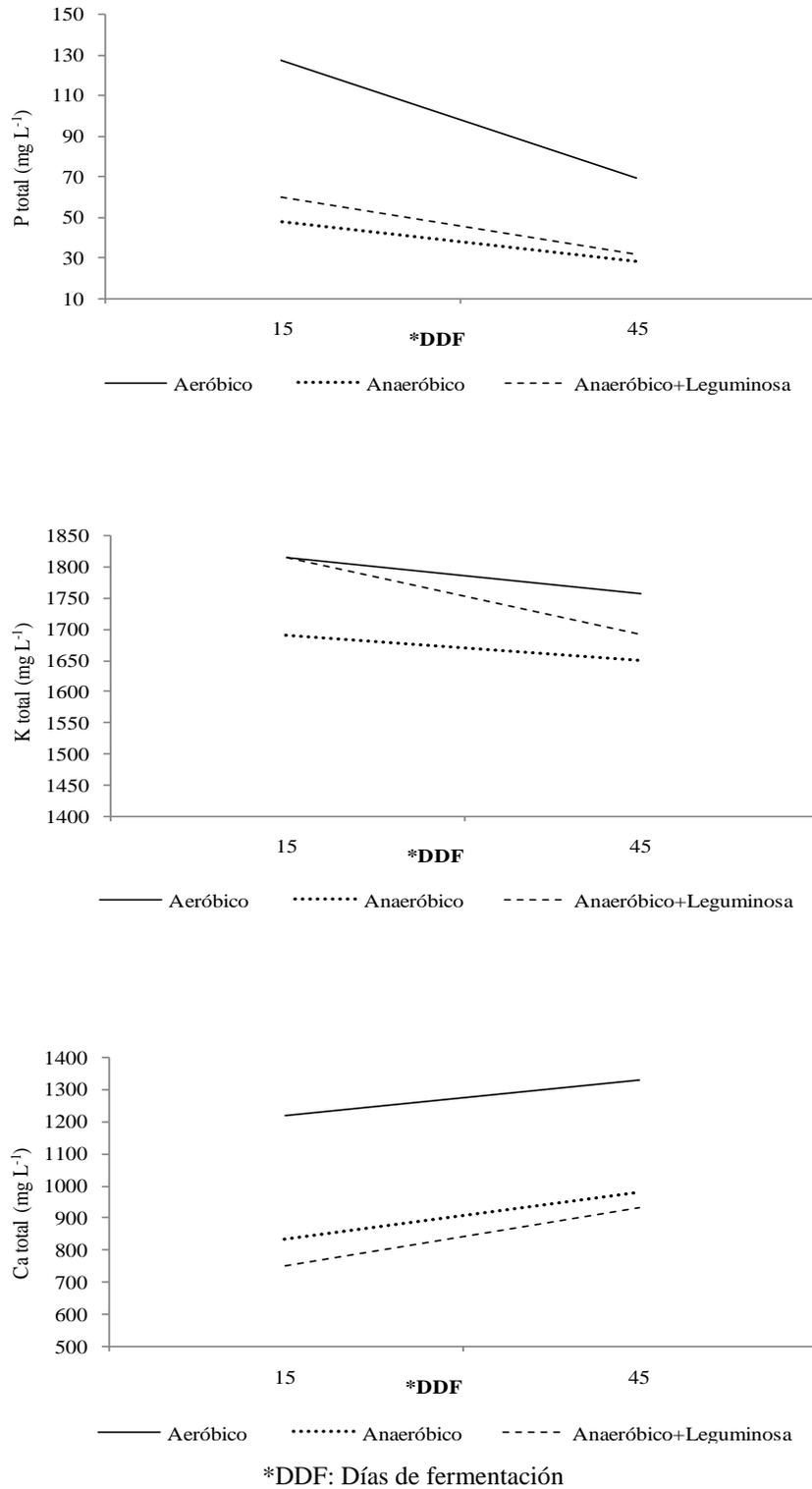
En el Cuadro 13 se muestra el promedio obtenido en número de hojas planta<sup>-1</sup>. En ambos maíces se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. En maíz amarillo fue superior biobal 30% (12.75 hojas planta<sup>-1</sup>), seguido por los tratamientos biobal y bioba al 45%, así como por el testigo. Los menores valores lo obtuvieron el resto de tratamientos. En maíz azul bio 45% fue superior con 12.50 hojas planta<sup>-1</sup>. Seguido por los demás tratamientos y el testigo (Figura 7).

Lo anterior coincide con los valores reportados por Alejandro (2012), en el uso de biofermentados en maíz bajo condiciones de trópico húmedo; Flores *et al.* (2012), con manejo orgánico de maíz utilizando biofermentados; y Zagoya *et al.* (2012) al evaluar el efecto de un biofermentado artesanal en maíz de grano blanco. Estos autores mencionan que el número total de hojas planta<sup>-1</sup>, depende en mayor medida de la variedad, del ciclo del cultivo y de la época de siembra, y no de la aplicación de biofermentados.

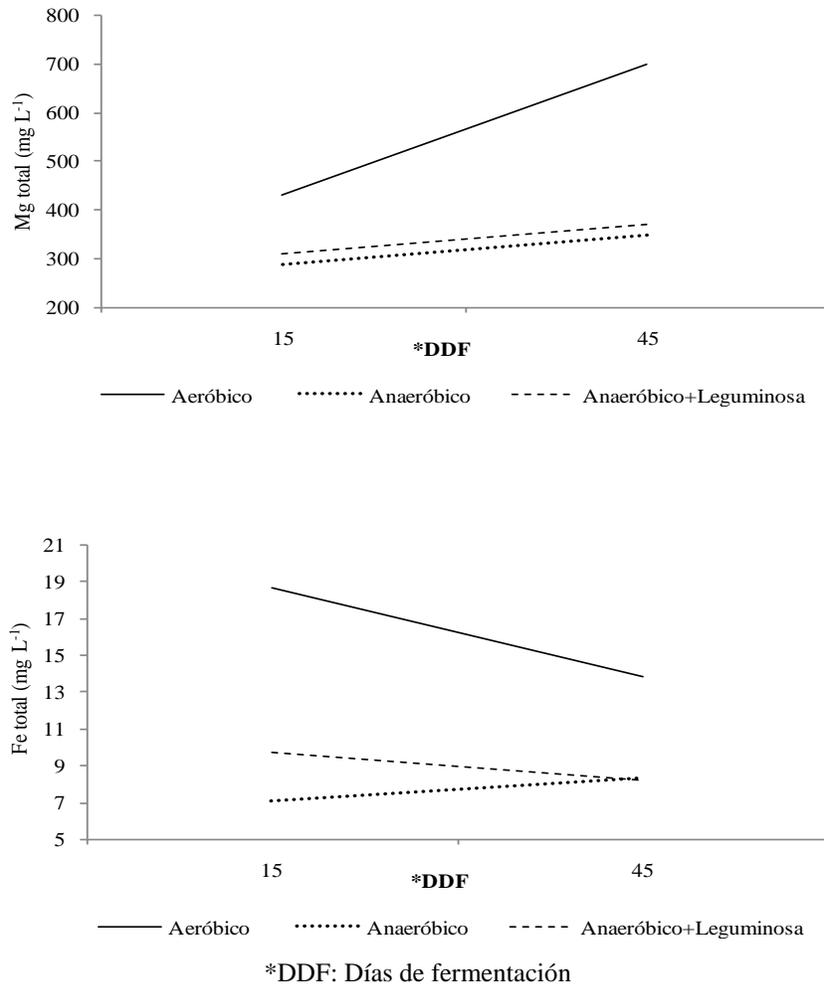


\*DDF: Días de fermentación

**Figura 4.** Comportamiento de pH, conductividad eléctrica y nitrógeno total en biofertilizantes entre los 15 y 45 días de fermentación.



**Figura 5.** Comportamiento en el contenido de fosforo, potasio y calcio total en biofertilizantes entre los 15 y días 45 de fermentación.



**Figura 6.** Comportamiento en el contenido de magnesio y fierro total en biofertilizantes entre los 15 y días 45 de fermentación.

### 6.3.2. Altura de planta

En el Cuadro 14 se muestra el promedio obtenido en altura de planta. Ambos maíces presentaron diferencias significativas. En maíz amarillo, los tratamientos biobal y bioban al 30 y 45% respectivamente, registraron la mayor altura (2.67 m), seguidos por la fertilización química (2.52 m). El resto de tratamientos registraron menores valores, así como el testigo. En el caso de maíz azul, fue superior bioba 30% (3.22 m), seguido de biobal 15% (3.13 m) y bioban 30% (3.00 m). Los demás tratamientos presentaron menores alturas, así como el testigo (Figura 8).

Los resultados se encuentran dentro del rango en altura de planta reportado por Hortelano *et al.* (2008), al estudiar la diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla, donde se incluyó el municipio de San Felipe Teotlalcingo, Puebla. Por otra parte difieren con lo reportado por otros autores (Flores *et al.*, 2012; Duche, 2011), a consecuencia de las diferentes condiciones edafoclimáticas y variedades de maíz utilizadas en sus ensayos. En este sentido Somarriba (1997), citado por Cantarero y Martínez (2002), menciona que la altura de planta puede verse afectada por condiciones climatológicas, tipo de suelo, manejo agronómico, disponibilidad de nutrientes (principalmente N) y el carácter genético de la variedad utilizada.

### **6.3.3. Altura de mazorca**

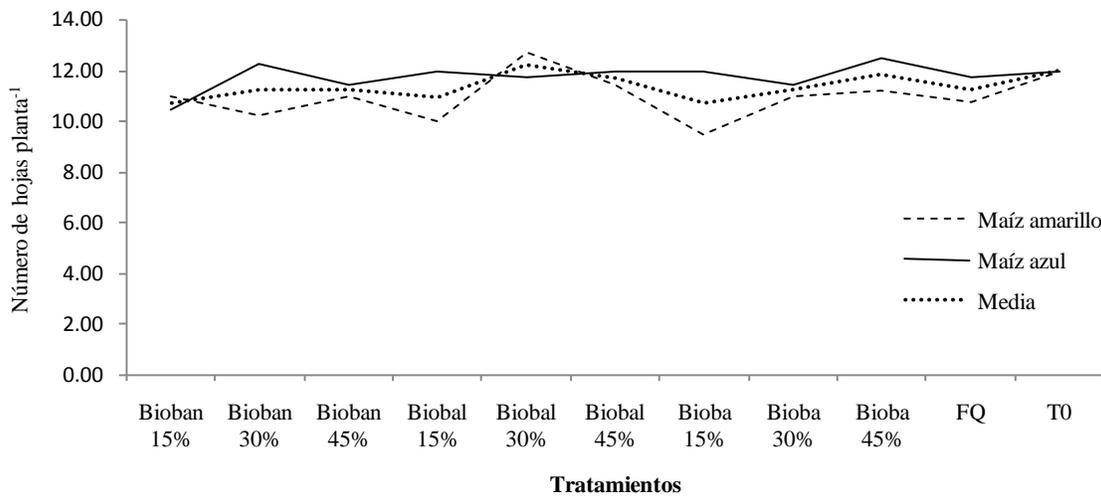
El Cuadro 15 muestra el promedio obtenido en altura de mazorca. Ambos maíces presentaron diferencias significativas entre tratamientos. En maíz amarillo, la mayor altura fue con bioba 45% (1.90 m), seguido por biobal 30% (1.79 m) y la fertilización química (1.71 m). Las menores alturas se presentaron en los demás tratamientos, así como en el testigo. En maíz azul fue superior biobal 15% (2.21 m), seguido por los tratamientos bioban y bioba al 30% que obtuvieron el mismo valor (2.11 m). Las menores alturas se presentaron con el resto de tratamientos y el testigo (Figura 9). Los resultados se encuentran dentro del rango en altura de mazorca reportado por Hortelano *et al.* (2008). Por otra parte difieren con lo encontrado por otros autores (Alejandro, 2012; Flores *et al.*, 2012), debido a las diferentes condiciones edafoclimáticas y variedades de maíz utilizadas en sus ensayos.

Maya (1995) y Robles (1990) citados por Cantarero y Martínez (2002), plantean que la altura de mazorca, es un elemento que contribuye notablemente al rendimiento, ya que las hojas superiores y medias, son las que proporcionan carbohidratos a la mazorca y por consiguiente al grano.

**Cuadro 13.** Efecto promedio en maíz amarillo y azul de fertilizante químico y biofertilizantes en número total de hojas planta<sup>-1</sup>.

Tratamiento	Maíz amarillo (Número)		Maíz azul (Número)		Ambo maíces (Número)	
	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E
Bioban 15%	11.00bcd	0.82	10.50b	0.58	10.75a	0.71
Bioban 30 %	10.25cd	0.50	12.25a	0.50	11.25a	1.16
Bioban 45 %	11.00bcd	0.82	11.50ab	0.58	11.25 a	0.71
Biobal 15%	10.00cd	0.00	12.00a	0.00	11.00 a	1.07
Biobal 30%	12.75a	0.50	11.75ab	0.50	12.25 a	0.71
Biobal 45%	11.50abc	0.58	12.00a	0.82	11.75 a	0.71
Bioba 15%	9.50d	0.58	12.00a	0.82	10.75 a	1.49
Bioba 30%	11.00bcd	0.82	11.50ab	0.58	11.25 a	0.71
Bioba 45%	11.25abc	0.96	12.50a	0.58	11.88 a	0.99
FQ.	10.75bcd	0.50	11.75ab	0.50	11.25 a	0.71
T0	12.00ab	0.82	12.00a	0.82	12.00 a	0.75

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

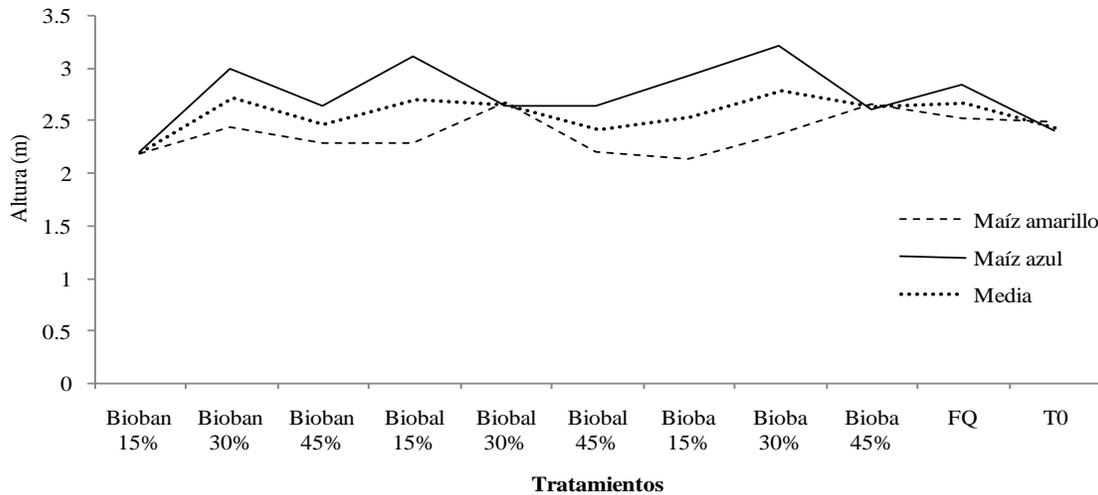


**Figura 7.** Número promedio de hojas planta<sup>-1</sup> en maíz amarillo y azul.

**Cuadro 14.** Efecto promedio en maíz amarillo y azul de fertilizante químico y biofertilizantes en altura de planta.

Tratamiento	Maíz amarillo (m)		Maíz azul (m)		Ambo maíces (m)	
	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E
Bioban 15%	2.19f	0.02	2.21g	0.02	2.20b	0.02
Bioban 30 %	2.44bc	0.03	3.00c	0.04	2.72a	0.30
Bioban 45 %	2.29de	0.02	2.64e	0.02	2.46ab	0.19
Biobal 15%	2.29de	0.02	3.13b	0.03	2.71a	0.45
Biobal 30%	2.67a	0.02	2.65e	0.04	2.66a	0.33
Biobal 45%	2.21ef	0.08	2.64e	0.02	2.42ab	0.24
Bioba 15%	2.14ef	0.04	2.94c	0.02	2.54ab	0.43
Bioba 30%	2.37cd	0.02	3.22a	0.03	2.79a	0.45
Bioba 45%	2.66a	0.02	2.61e	0.03	2.64ab	0.03
FQ.	2.52b	0.02	2.84d	0.02	2.68a	0.17
T0	2.49b	0.04	2.40f	0.04	2.44ab	0.06

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

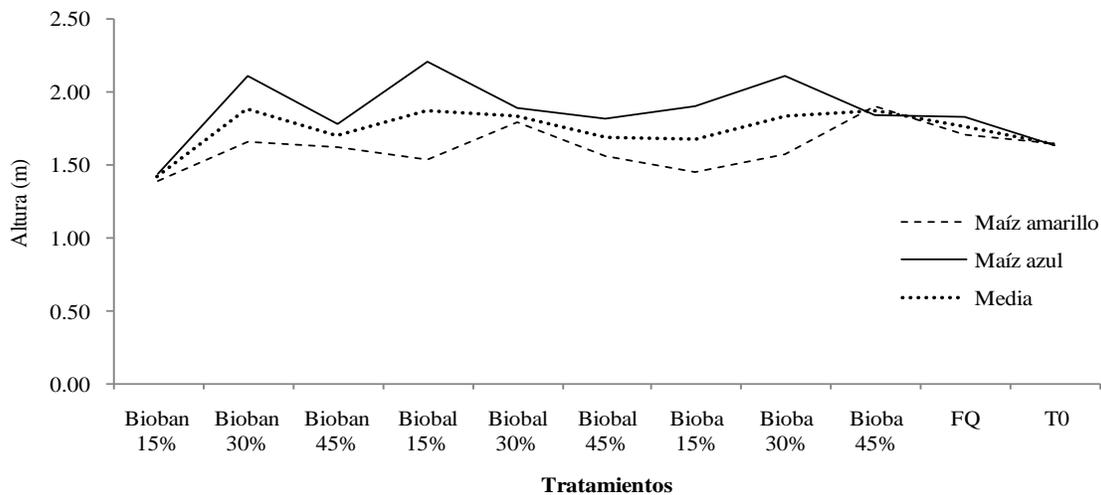


**Figura 8.** Altura promedio en maíz en amarillo y azul.

**Cuadro 15.** Efecto promedio en maíz amarillo y azul de fertilizante químico y biofertilizantes en la altura promedio de mazorca.

Tratamiento	Maíz amarillo (m)		Maíz azul (m)		Ambo maíces (m)	
	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E
Bioban 15%	1.39h	0.03	1.45g	0.03	1.42b	0.04
Bioban 30 %	1.66cd	0.02	2.11b	0.03	1.89a	0.24
Bioban 45 %	1.62de	0.02	1.79e	0.03	1.70ab	0.09
Biobal 15%	1.53g	0.02	2.21a	0.04	1.87a	0.36
Biobal 30%	1.79b	0.04	1.89cd	0.02	1.84a	0.06
Biobal 45%	1.56g	0.02	1.82e	0.02	1.69ab	0.14
Bioba 15%	1.45h	0.01	1.91c	0.02	1.68ab	0.25
Bioba 30%	1.58efg	0.03	2.11b	0.02	1.84a	0.29
Bioba 45%	1.90a	0.03	1.84de	0.02	1.87a	0.04
FQ.	1.71c	0.02	1.83de	0.02	1.77a	0.07
T0	1.64d	0.03	1.64fe	0.03	1.64ab	0.03

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).



**Figura 9.** Altura promedio de mazorca en maíz amarillo y azul.

### 6.3.4. Índice de prolificidad

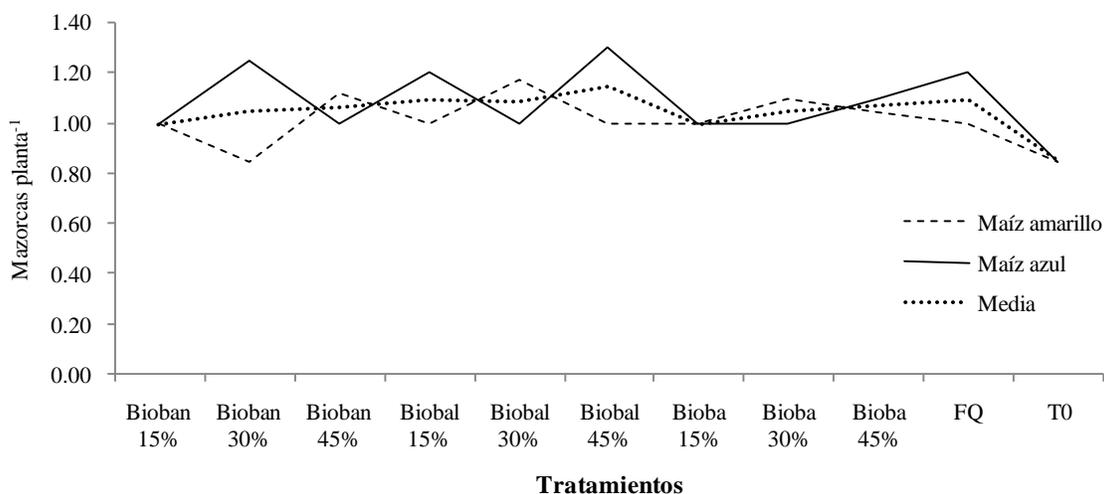
En el Cuadro 16 se muestra el promedio obtenido en índice de prolificidad. Ambos maíces presentaron diferencias significativas. En maíz amarillo biobal 30% fue superior con 1.18 mazorcas planta<sup>-1</sup>, seguido por bioban 45% (1.13 mazorcas planta<sup>-1</sup>). El resto de tratamientos y el testigo obtuvieron menores valores. En maíz azul destacó biobal 45% (1.30 mazorcas planta<sup>-1</sup>), seguido de Bioban 30% (1.25 mazorcasplanta<sup>-1</sup>). El resto de tratamientos y el testigo presentaron menores valores (Figura 10).

Resalta en cierta medida, el efecto de los biofertilizantes anaeróbicos (biobal y bioban), posiblemente por la presencia de reguladores de crecimiento en su composición (Restrepo, 2002, 2001, 1996). En este sentido Norato (1992), al aplicar reguladores de crecimiento en maíz, encontró un incremento en el índice de prolificidad. Por otro lado Espinoza *et al.* (2004), menciona que el índice de prolificidad, es mayormente afectado por cuestiones genéticas de la variedad utilizada y por la densidad de siembra.

**Cuadro 16.** Efecto promedio en maíz amarillo y azul de fertilizante químico y biofertilizantes en índice de prolificidad.

Tratamiento	Maíz amarillo (Mazorcas planta <sup>-1</sup> )		Maíz azul (Mazorcas planta <sup>-1</sup> )		Ambo maíces (Mazorcas planta <sup>-1</sup> )	
	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E
Bioban 15%	1.00ab	0.16	1.00bc	0.00	1.00ab	0.11
Bioban 30 %	0.85b	0.10	1.25a	0.10	1.05ab	0.23
Bioban 45 %	1.13 <sup>a</sup>	0.15	1.00bc	0.00	1.06ab	0.12
Biobal 15%	1.00ab	0.08	1.20ab	0.20	1.10a	0.17
Biobal 30%	1.18 <sup>a</sup>	0.17	1.00bc	0.08	1.09a	0.16
Biobal 45%	1.00ab	0.00	1.30a	0.08	1.15a	0.17
Bioba 15%	1.00ab	0.00	1.00bc	0.00	1.00ab	0.00
Bioba 30%	1.10ab	0.16	1.00bc	0.00	1.05ab	0.12
Bioba 45%	1.05ab	0.06	1.10ab	0.08	1.08ab	0.07
FQ.	1.00ab	0.00	1.20ab	0.11	1.10a	0.13
T0	0.85b	0.06	0.85b	0.13	0.85b	0.09

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).



**Figura 10.** Número promedio de mazorcas planta<sup>-1</sup> en maíz amarillo y azul.

### 6.3.5. Rendimiento de grano ha<sup>-1</sup>

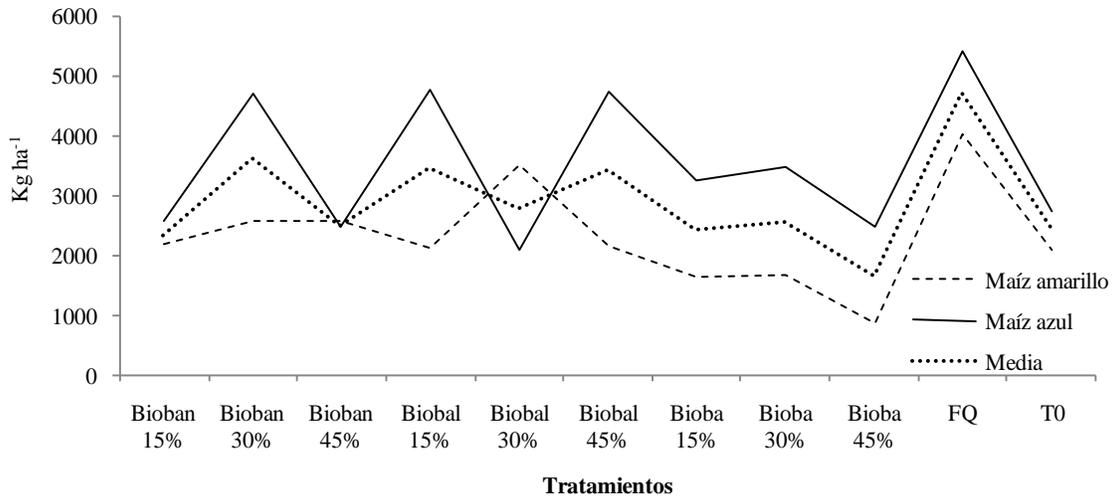
En el Cuadro 17 se muestra el promedio obtenido en rendimiento de grano ha<sup>-1</sup>. Ambos maíces presentaron diferencias significativas. En maíz amarillo FQ fue superior con 4037.60 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por biobal 30% (3513.30 kg ha<sup>-1</sup>). El resto de tratamientos y el testigo obtuvieron los menores rendimientos. En maíz azul el mejor tratamiento fue FQ (5409.60 kg ha<sup>-1</sup>), seguido por biobal al 15% (4782.40 kg ha<sup>-1</sup>) y 45% (4723.60 kg ha<sup>-1</sup>), así como por bioban 30% (4689.30 kg ha<sup>-1</sup>). El resto de tratamientos y el testigo presentaron menores valores (Figura 11).

Los resultados difieren con lo reportado por otros autores (Flores *et al.*, 2012; Duche, 2011; Robalino, 2011), debido a las diferentes condiciones edafoclimáticas y variedades de maíz utilizadas en sus ensayos. En este sentido Cantarero y Martínez (2002), mencionan que el peso de grano está determinado por la variedad utilizada, la biomasa sintetizada y las condiciones de traslocación de carbohidratos; lo que a su vez, está relacionado con la eficacia de los procesos desarrollados por las hojas y tallos; así mismo, como la disponibilidad de nutrientes y agua durante el llenado del grano (Zagoya *et al.* 2013.). Los rendimientos encontrados se encuentran en el rango reportado por otros autores (Flores, 2013; Osorio *et al.*, 2012; Viveros, 2010; Aceves *et al.*, 2002), al evaluar rendimientos de maíz en esta región

**Cuadro 17.** Efecto promedio en maíz amarillo y azul de fertilizante químico y biofertilizantes en rendimiento de grano  $\text{ha}^{-1}$ .

Tratamiento	Maíz amarillo (Kg)		Maíz azul (Kg)		Ambo maíces (Kg)	
	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E
Bioban 15%	2190.30d	64.76	2592.10de	178.47	2342.20bc	294.65
Bioban 30 %	2577.40c	198.92	4689.30b	307.57	3633.35a	1154.04
Bioban 45 %	2577.40c	99.30	2474.50e	171.15	2525.95bc	140.73
Biobal 15%	2131.50d	62.75	4782.40ab	211.70	3476.55a	1403.48
Biobal 30%	3513.30b	24.66	2097.20e	127.02	2805.25bc	761.66
Biobal 45%	2170.70d	37.10	4723.60b	307.41	3427.55a	1400.28
Bioba 15%	1641.50e	102.94	3253.60cd	381.07	2447.55bc	899.61
Bioba 30%	1675.80e	79.21	3469.20c	116.51	2572.50bc	963.04
Bioba 45%	867.30f	58.53	2484.30e	176.31	1675.80c	872.84
FQ.	4037.60a	84.68	5409.60a	475.81	4723.60a	798.70
T0	2092.30d	53.97	2753.80de	334.73	2472.05bc	374.15

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).



**Figura 11.** Rendimiento promedio de grano  $\text{ha}^{-1}$  en maíz amarillo y azul.

### 6.3.6. Rendimiento de rastrojo ha<sup>-1</sup>

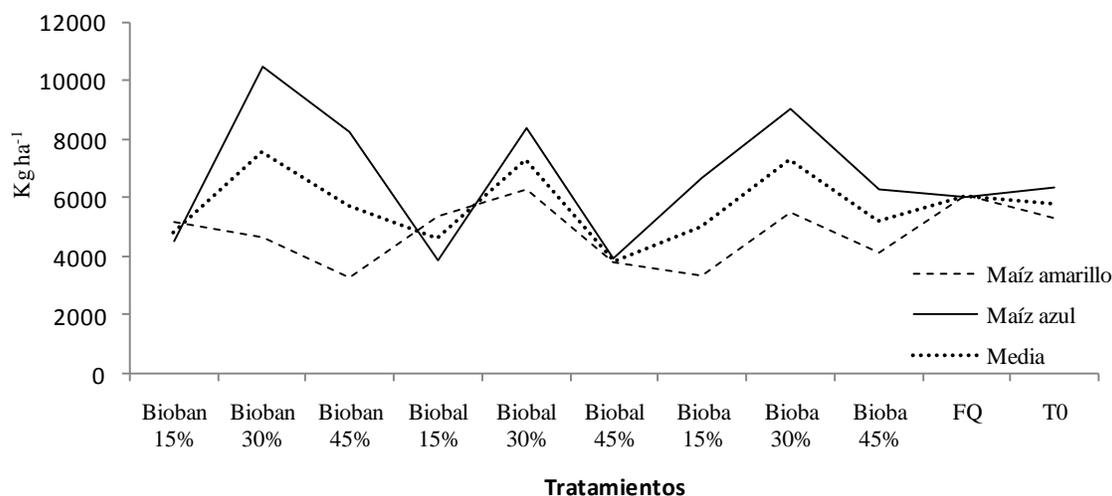
En el Cuadro 18 se muestra el promedio obtenido de rendimiento de rastrojo ha<sup>-1</sup>. Ambos maíces presentaron diferencias significativas. En maíz amarillo biobal 30% fue superior con 6325.20 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por FQ (6102.60kg ha<sup>-1</sup>). El resto de tratamientos y el testigo obtuvieron menores rendimientos. En maíz azul fue superior bioban 30% (10500.00 kg ha<sup>-1</sup>), seguido por bioba (9072.00 kg ha<sup>-1</sup>) y biobal al 30%(8400.00 kg ha<sup>-1</sup>), así como por bioban 45%(8286.60 kg ha<sup>-1</sup>). El resto de tratamientos y el testigo presentaron menores rendimientos (Figura 12).

**Cuadro 18.** Efecto promedio en maíz amarillo y azul de fertilizante químico y biofertilizantes en rendimiento de rastrojo ha<sup>-1</sup>.

Tratamiento	Maíz amarillo (Kg)		Maíz azul (Kg)		Ambo maíces (Kg)	
	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E
Bioban 15%	5208.00e	23.76	4536.00d	237.59	4872.00bcd	391.74
Bioban 30 %	4687.20f	45.49	10500.00a	349.72	7593.60a	3115.64
Bioban 45 %	3318.00i	21.69	8286.60b	158.42	5802.30abcd	2657.89
Biobal 15%	5439.00cd	90.34	3864.00d	193.99	4651.50cd	853.45
Biobal 30%	6325.20a	52.23	8400.00b	1371.71	7362.60ab	1427.41
Biobal 45%	3868.20h	28.69	3906.00d	792.45	3887.10d	519.52
Bioba 15%	3360.00i	59.79	6720.00c	685.86	5040.00abcd	1851.68
Bioba 30%	5535.60c	127.58	9072.00ab	306.72	7303.80abc	1902.75
Bioba 45%	4200.00g	62.86	6300.00c	621.07	5250.00abcd	1194.57
FQ.	6102.60b	63.42	6048.00c	237.59	6075.30abcd	163.61
T0	5313.00de	186.26	6363.00c	277.54	5838.00abcd	602.39

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Estos resultados difieren con lo reportado por Alejandro (2012), a causa de las diferentes condiciones edafoclimáticas y la variedad de maíz utilizada en su ensayo. En este sentido Bastías (2011), menciona que el rendimiento y la producción de biomasa es el resultado final de una serie de interacciones donde intervienen el genotipo, el clima, el suelo, disponibilidad de nutrientes y manejo del cultivo. Los rendimientos encontrados se encuentran en el rango reportado por otros autores (Viveros, 2010; Aceves *et al.*, 2002), al evaluar rendimientos de maíz en esta región.



**Figura 12.** Rendimiento promedio de rastrojo ha<sup>-1</sup> en maíz amarillo y azul.

#### 6.4. Análisis económico

El análisis marginal, derivado de los tratamientos probados en maíz amarillo (Cuadro 19), mostró que el mejor tratamiento, en cuanto a la relación beneficio/costo (B/C) fue FQ (102.20%), seguido por biobal 30% (85.48%). Al comparar los beneficios netos (análisis de dominancia), la mayoría de tratamientos fueron dominados por el testigo, a excepción de FQ y biobal 30%. Considerando la tasa marginal de retorno (TMR), FQ y biobal 30%, obtuvieron una ganancia de 278.57 y 217.05% respectivamente, de cada peso invertido. En el resto de tratamientos, las TMR, fueron negativas y no superaron la tasa de retorno mínima aceptable recomendada por el CIMMYT (1998), donde indica que, valores mayores al 50 % en TMR es adecuado, para seleccionarse como posibles ajustes a prácticas agrícolas comunes (fertilización), ya que la mayoría de productores no tienen acceso a financiamiento.

En el Cuadro 20, se muestran los resultados del análisis marginal en maíz azul. Biobal 15% destacó en la relación B/C, con 162.65%, seguido por FQ (152.32%), biobal 45% (121.54%) y bioban 30% (117.04%) (Figura 13). En el caso de beneficios netos (análisis de dominancia), los tratamientos bioban 15 y 45%, así como biobal 30% y bioba 45% fueron dominados por el testigo. En TMR, bioban 30% (465.70%) y FQ (355.31%), obtuvieron los mejores valores, seguidos por biobal 15% (314.12%), bioba 30% (165.27%), biobal 45% (89.06%) y bioba 15%

(74.53%). Los tratamientos con TMR negativas no superaron la tasa de retorno mínima aceptable. En el Cuadro 21 se muestra el análisis económico considerando la media de producción entre ambos maíces.

Se debe considerar que el costo de elaboración de los biofertilizantes, se incrementó debido al valor del recipiente adquirido. Ya que éste fue nuevo y tuvo un costo de \$1,100.00, siendo cinco veces mayor al costo, si se adquiriera de rehúso, como generalmente lo hacen los productores. En este mismo sentido debe considerarse que la vida útil promedio para este tipo de recipientes en condiciones adecuadas es de 8 a 10 años aproximadamente.

**Cuadro 19.** Análisis económico en maíz amarillo

Tratamiento	Costo total (\$)	Ingreso grano (\$) <sup>†</sup>	Ingreso rastrojo (\$) <sup>‡</sup>	Beneficio bruto (\$)	B/C (%) <sup>+</sup>	Costo neto (\$) <sup>§</sup>	Beneficio neto (\$)	TMR (%) <sup>*</sup>
Bioban 15%	11943.50	10951.50	6510.00	5518.00	46.20	1687.50	15774.00	-78.74
Bioban 30 %	12490.40	12887.00	5859.00	6255.60	50.08	2625.00	16121.00	-37.40
Bioban 45 %	12401.00	12887.00	4147.50	4633.50	37.36	3562.50	13472.00	-101.92
Biobal 15%	12124.25	10657.50	6798.75	5332.00	43.98	1695.00	15761.25	-79.14
Biobal 30%	13733.90	17566.50	7906.50	11739.10	85.48	2640.00	22833.00	217.05
Biobal 45%	12836.15	10853.50	4835.25	2852.60	22.22	3585.00	12103.75	-139.44
Bioba 15%	10557.50	8207.50	4200.00	1850.00	17.52	1687.50	10720.00	-378.24
Bioba 30%	13126.70	8379.00	6919.50	2171.80	16.54	2625.00	12673.50	-168.73
Bioba 45%	13062.50	4336.50	5250.00	-3476.00	-26.61	3562.50	6024.00	-310.98
FQ.	13756.95	20188.00	7628.25	14059.30	102.20	2830.00	24986.25	278.57
T0	10334.75	10461.50	6641.25	6768.00	65.49	0.00	17102.75	0.00

<sup>†</sup> Precio grano \$5.00 kg<sup>-1</sup>. <sup>‡</sup> Precio rastrojo paca de 20 kg \$25.00. <sup>§</sup> Costos de fertilización y biofertilización. <sup>+</sup> B/C: Relación beneficio-costo. <sup>\*</sup>TMR: Tasa marginal de retorno.

**Cuadro 20.** Análisis económico en maíz azul

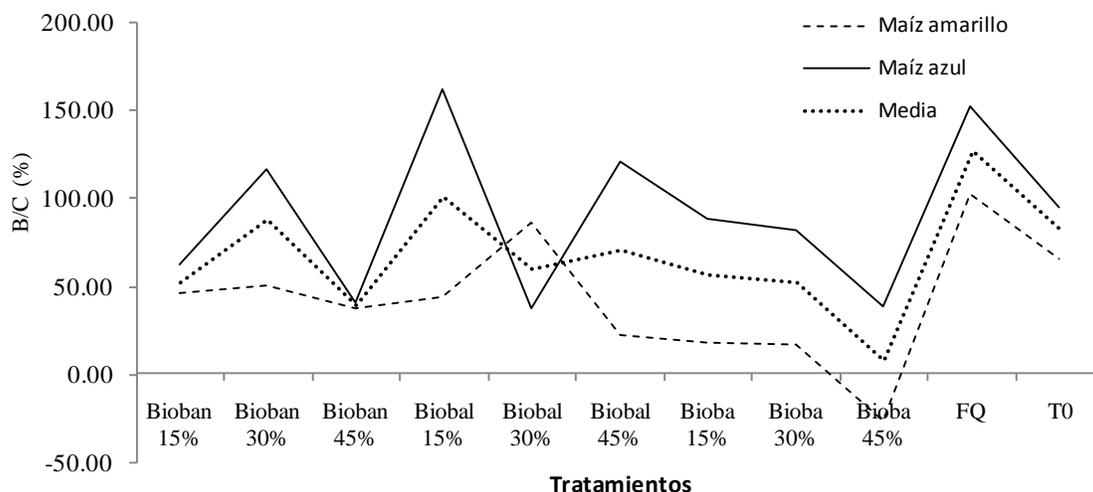
Tratamiento	Costo total (\$)	Ingreso grano (\$)†	Ingreso rastrojo (\$)‡	Beneficio bruto (\$)	B/C (%)⁺	Costo neto (\$)§	Beneficio neto (\$)	TMR (%)*
Bioban 15%	11439.50	12960.50	5670.00	7191.00	62.86	1687.50	16943.00	-283.24
Bioban 30 %	16850.00	23446.50	13125.00	19721.50	117.04	2625.00	33946.50	465.67
Bioban 45 %	16127.45	12372.50	10358.25	6603.30	40.94	3562.50	19168.25	-71.71
Biobal 15%	10943.00	23912.00	4830.00	17799.00	162.65	1695.00	27047.00	314.12
Biobal 30%	15290.00	10486.00	10500.00	5696.00	37.25	2640.00	18346.00	-127.91
Biobal 45%	12864.50	23618.00	4882.50	15636.00	121.54	3585.00	24915.50	89.06
Bioba 15%	13077.50	16268.00	8400.00	11590.50	88.63	1687.50	22980.50	74.53
Bioba 30%	15779.00	17346.00	11340.00	12907.00	81.80	2625.00	26061.00	165.27
Bioba 45%	14637.50	12421.50	7875.00	5659.00	38.66	3562.50	16734.00	-140.04
FQ.	13716.00	27048.00	7560.00	20892.00	152.32	2830.00	31778.00	355.31
T0	11122.25	13769.00	7953.75	10600.50	95.31	0.00	21722.75	0.00

† Precio grano \$5.00 kg<sup>-1</sup>. ‡ Precio rastrojo paca de 20 kg \$25.00. § Costos de fertilización y biofertilización. + B/C: Relación beneficio-costo. \*TMR: Tasa marginal de retorno.

**Cuadro 21.** Análisis económico en ambos maíces

Tratamiento	Costo total (\$)	Ingreso grano (\$)†	Ingreso rastrojo (\$)‡	Beneficio bruto (\$)	B/C (%)⁺	Costo neto (\$)§	Beneficio neto (\$)	TMR (%)*
Bioban 15%	11691.50	11711.00	6090.00	6109.50	52.26	1687.50	16113.50	-210.03
Bioban 30 %	14670.20	18166.75	9492.00	12988.55	88.54	2625.00	25033.75	204.80
Bioban 45 %	14264.23	12629.75	7252.88	5618.40	39.39	3562.50	16320.13	-93.69
Biobal 15%	11533.63	17382.75	5814.38	11663.50	101.13	1695.00	21502.13	108.81
Biobal 30%	14511.95	14026.25	9203.25	8717.55	60.07	2640.00	20589.50	35.29
Biobal 45%	12850.33	17137.75	4858.88	9146.30	71.18	3585.00	18411.63	-34.76
Bioba 15%	11817.50	12237.75	6300.00	6720.25	56.87	1687.50	16850.25	-166.37
Bioba 30%	14452.85	12862.50	9129.75	7539.40	52.17	2625.00	19367.25	-11.07
Bioba 45%	13850.00	8379.00	6562.50	1091.50	7.88	3562.50	11379.00	-232.39
FQ.	13736.48	23618.00	7594.13	17475.65	127.22	2830.00	28382.13	308.28
T0	10728.50	12360.25	7297.50	8929.25	83.23	0.00	19657.75	0.00

† Precio grano \$5.00 kg<sup>-1</sup>. ‡ Precio rastrojo paca de 20 kg \$25.00. § Costos de fertilización y biofertilización. + B/C: Relación beneficio-costo. \*TMR: Tasa marginal de retorno.



**Figura 13.** Relación beneficio/costo de maíz amarillo y azul.

## 6.5. Percepción sobre biofertilizantes

### 6.5.1. Características de los productores

Los agricultores encuestados fueron en su mayoría hombres (91.76%). La edad promedio fue de 53.37 años; con escolaridad media de 6.65 años en educación formal. En cuanto a la superficie cultivada, el promedio fue de 1.57 ha (Cuadro 22). Los datos obtenidos se encuentran en el rango señalado por otros autores (Osorio *et al.*, 2012; Chacón, 2011; García, 2008), al caracterizar agricultores de esta región en sus diferentes estudios.

**Cuadro 22.** Características generales de agricultores encuestados.

Características	Mínimo	Máximo	Promedio	D. E.
Edad (años)	25	84	53.37	14.89
Escolaridad (años)	0	13	6.65	3.08
Superficie (hectáreas)	0.25	4	1.57	1.08

En este sentido otros autores (Damián *et al.*, 2007 y Ordaz, 2007, citados por Osorio *et al.*, 2012; Orozco *et al.*, 2009; Rigada, 2005; Galindo, 2004; 2001), en sus estudios sobre innovación,

difusión, adopción y transferencia de tecnología, mencionan que la edad, la escolaridad y la superficie, con la que cuentan los productores, son factores que influyen en la adopción de tecnologías. Por lo que, se puede decir, que debido a las características de los agricultores en estudio, la apropiación tecnológica por parte de ellos, podría ser baja.

### 6.5.2. Percepción sobre la fertilidad de los suelos

El 94.12% de los encuestados mencionan que ha disminuido la fertilidad de su suelos, principalmente a consecuencia del uso inadecuado de agroquímicos (62.35%), condiciones climáticas adversas (18.82%) y exceso de laboreo (12.94%) (Cuadro 23). Lo anterior coincide con lo señalado por González *et al.* (2007) y Zagoya *et al.* (2012), al estudiar la percepción sobre la degradación ambiental en agricultores orgánicos y convencionales.

**Cuadro 23.** Percepción sobre la fertilidad de los suelos.

Concepto	Frecuencia	%
1. Disminución de la fertilidad del suelo		
Si	80	94.12
No	5	5.88
2. Causas de la disminución		
Uso inadecuado de agroquímicos	53	62.35
Condiciones climáticas	16	18.82
Exceso de laboreo	11	12.94

### 6.5.3. Conocimiento general y utilización de biofertilizantes artesanales.

El 80.95% de los encuestados desconoce que es un abono orgánico y solo 19.05% tiene conocimiento sobre estos. En lo que respecta a biofertilizantes, 21.18% sabe lo que son y resto lo desconocen (78.82%). La mayoría (88.24%) no utiliza biofertilizantes, y solo 11.76% los emplean. El bajo uso de biofertilizantes entre los encuestados, lo atribuyen principalmente a la falta de conocimiento en su uso y elaboración (78.67%), así como desconfianza en su efecto

productivo (20%) (Cuadro 24). En este sentido Galindo (2004; 2001), menciona que la decisión de adoptar una tecnología, es consecuencia de una serie de etapas, en la que interviene el conocimiento, interés, evaluación y prueba de la tecnología por parte de los productores.

**Cuadro 24.** Conocimiento sobre abonos orgánicos y utilización de biofertilizantes.

Concepto	Frecuencia	%
1. Conocimiento sobre abonos orgánicos		
Si	16	19.05
No	69	80.95
2. Conocimiento sobre biofertilizantes		
Si	18	21.18
No	67	78.82
3. Uso de biofertilizantes		
Si	10	11.76
No	75	88.24
4. Causas del no uso de biofertilizantes		
Falta de capacitación	59	78.67
Desconfianza	15	20
Otros	1	1.33

Los agricultores que emplean o han empleado biofertilizantes (11.76%); la mayor parte utiliza el de fermentación anaeróbica (60%), aunque el 30% afirma utilizar tanto este tipo, como el aeróbico. Un 10% desconoce el biofertilizante empleado en sus cultivos. El 70% los elaboran ellos mismos, y el resto (30%) lo compran, a decir de ellos a técnicos de su comunidad o en localidades cercanas.

Los productores que elaboran sus propios biofertilizantes, 100% mencionan que recibieron capacitación de un técnico, la cual tuvo un costo económico y que ellos solventaron. Así mismo, la totalidad los ha aplicado en sus parcelas. Destaca la aplicación de estos en más de dos cultivos (90%), en los que se encuentran maíz, frijol, haba, calabaza y frutales como tejocote, chabacano, ciruela y pera. Esta diversidad en la aplicación coincide con lo señalado por González *et al.* (2007), al mencionar que la versatilidad en el uso, es una ventaja de los diferentes tipos de abonos orgánicos. Solo 10% lo aplica en un solo cultivo.

#### **6.5.4. Percepción sobre el efecto de biofertilizantes en cultivos**

En cuanto a la percepción sobre el efecto de los biofertilizantes en los cultivos, la mayor parte (80%), de los agricultores que los utilizan lo considera bueno, muy bueno 10%, y con la misma proporción regular. En cuanto a lo que observaron en los cultivos, mencionan vigor en plantas y árboles (40%), mayor crecimiento (30%) y mejora en la producción (30%).

En el caso del uso de biofertilizantes en maíz, la mayoría (90%) de productores que los emplean, han aplicado a este cultivo; mencionando que el efecto es bueno (88.89%) y regular (11.11%); observando mayor crecimiento en plantas (66.67%) y una mejora en la producción (33.33%). Lo resultados obtenidos concuerdan con lo señalado por Ito (2006), al estudiar la percepción de agricultores, sobre el efecto de biofertilizantes en diferentes cultivos, así como con Quiroz (2010), al encontrar estos beneficios en lo observado por productores al utilizar abonos orgánicos (Cuadro 25).

Los agricultores que utilizan biofertilizantes, la totalidad afirma que lo seguirán empleando, debido a que no dañan sus suelos (70%), son más económicos (20%) y son mejores que los fertilizantes químicos (10%). Sin embargo el 50% indicó que complementa con fertilizantes sintéticos para asegurar una buena cosecha, situación similar a lo encontrado por otros autores (Quiroz, 2010; González *et al.*, 2007) al estudiar la percepción y actitud de productores sobre el uso de abonos orgánicos.

En el caso de los agricultores que no aplican biofertilizantes (88.23%), un 77.33% estarían dispuestos a aplicarlos, con la finalidad de probar su eficacia productiva (52.94%) y económica (47.06%). Los que no los utilizarían (22.67%), es principalmente por la desconfianza de su efecto productivo en los cultivos, lo que concuerda con Blanco (1980), citado por Galindo (2004), al mencionar que el uso limitado de las innovaciones agrícolas, es ocasionado principalmente por el riesgo que afronta y percibe el productor (clima, mercado, falta de capital, etc.), lo que motiva a no siempre esté convencido y dispuesto a invertir capital y tiempo del que pueda disponer, en la fase requerida por nuevas tecnologías.

**Cuadro 25.** Percepción sobre efecto de biofertilizantes en cultivos

Concepto	Frecuencia	%
1. Efecto de biofertilizante en cultivos		
Muy bueno	1	10
Bueno	8	80
Regular	1	10
Malo	0	0
2. Reacción de cultivos al biofertilizante		
Mayor crecimiento de plantas	3	30
Plantas vigorosas	4	40
Mejora en la producción	3	30
3. Efecto del biofertilizante en maíz		
Muy bueno	0	0
Bueno	8	88.89
Regular	1	11.11
Malo	0	0
4. Reacción del maíz al biofertilizante		
Mayor crecimiento de plantas	6	66.67
Mejoras en la producción	3	33.33

#### **6.5.5. Percepción sobre elaboración de biofertilizantes.**

En lo referente a la preparación de biofertilizantes, del total de encuestados, 27.05% lo considera muy difícil, 62.35% difícil y fácil 10.60%. En cuanto al costo económico para su elaboración, la mayor parte (67.05%) lo considera alto, y solamente 10.60% bajo. En el caso de la disponibilidad de ingredientes y materiales a utilizar para la elaboración, 57.65% la considera regular y 29.41% baja. 68.23% de los encuestados menciona contar con animales, como rumiantes (25.86%), aves (17.24%), cerdos (12.07%) y equinos (13.80%); destacando que 31.03% cuenta con todo tipo de animales. El estiércol producido es destinado principalmente para aplicar a parcelas (100%). Lo anterior coincide con lo encontrado por Sánchez *et al.* (2011), al caracterizar las actividades productivas de agricultores participantes en el Plan Puebla, mencionando que la ganadería de traspatio es un componente importante, como generador de ingresos entre los productores de esta región. El 100% de encuestados afirman no tener problemas para disponer de al menos 50 kg de estiércol (Cuadro 26).

En relación a la problemática para la elaboración de biofertilizantes, los encuestados mencionan principalmente, falta de capacitación (64.70%) y disponibilidad de ingredientes y materiales (23.53%). En este sentido, se puede decir, que el aporte de conocimiento es primordial, para iniciar un proceso de adopción tecnológica (Zarazua *et al.*, 2009; Galindo, 2004; 2001). El 11.77% menciona que no existe ningún problema para elaborarlos. El 80% considera que los biofertilizantes son mejores que los fertilizantes químicos, debido a que son más naturales, esta percepción es similar a la encontrada por González *et al.* (2007), sin embargo es poca la utilización de técnicas sostenibles en los cultivos.

**Cuadro 26.** Percepción sobre la elaboración de biofertilizantes.

Pregunta	Frecuencia	%
1. Preparación de biofertilizantes		
Muy difícil	23	27.05
Difícil	52	62.35
Fácil	9	10.60
Muy fácil	0	0
2. Costo económico para preparación		
Muy alto	13	15.30
Alto	57	67.05
Regular	6	7.05
Bajo	9	10.60
Muy bajo	0	0
3. Disponibilidad de ingredientes y materiales		
Muy alta	0	0
Alta	10	11.76
Regular	49	57.65
Baja	25	29.41
Muy baja	1	1.18

#### 6.5.6. Percepción de los encuestados sobre la situación en la comunidad

Los productores conocen a pocas personas que utilicen biofertilizantes (23.53%), quienes los aplican a frutales (35%), frijol (10%), maíz (5%); destacando que 50% lo emplean en más de dos cultivos diferentes; donde consideran el efecto como muy bueno (20%) y bueno (80%). Además afirman que 100% elaboran su propio biofertilizante.

El total de encuestados afirman que existe ganado en la comunidad, y que el estiércol generado por éste se destina principalmente (100%), a la aplicación en parcelas. De igual modo mencionan que la mayoría (68.23%) de sus vecinos estaría dispuesto a elaborar biofertilizantes, siempre y cuando se ofrezca capacitación (81.18%) y demostraciones de sus beneficios (18.82%), lo que coincide con otros autores (Orozco *et al.*, 2009; Zarazua *et al.*, 2009; Galindo, 2004; 2001).

## VII. ESTRATEGIA DE DIVULGACIÓN

La capacitación a productores es fundamental, ya que permite mejorar los medios de vida a través de garantizar conocimientos técnicos, lo que resulta trascendental en países donde no existe un desarrollo pleno (FAO, 2005). En este sentido Peláez (1996), menciona que dentro de los principios para un desarrollo sostenible se encuentra instruir y capacitar a los pobladores para generar un cambio positivo.

Considerando lo anterior, además de los resultados obtenidos en la presente investigación, es importante difundir y brindar el conocimiento acerca de los biofertilizantes, para lo cual se propone la siguiente estrategia de divulgación: 1) considerar a los diferentes actores que intervienen en la producción de maíz dentro del municipio de San Felipe Teotlalcingo; 2) impulsar actividades que generen una disminución en la degradación de suelos agrícolas, 3) promover la sensibilización e incrementar las capacidades de los productores para prevenir y revertir este proceso de deterioro.

Las acciones que se proponen son las siguientes:

Talleres participativos. Estos talleres tienen la finalidad de concientizar y sensibilizar a los productores sobre la importancia del cuidado del suelo. Estas actividades se podrán realizar con la participación de agricultores que han obtenido resultados en el cuidado y conservación de la fertilidad de sus suelos con el uso de biofertilizantes dentro del municipio. Además, de que se podrá invitar a los asistentes a que compartan el conocimiento y experiencia adquirida durante los talleres con otros agricultores.

Programas de capacitación y asesoría técnica. Estas actividades podrán llevarse a cabo a través de la realización de talleres participativos de capacitación en donde se propone impartir y analizar los temas referentes a la conservación de suelo y su fertilidad, agricultura sustentable, con prácticas agronómicas y elaboración de insumos agrícolas (biofertilizantes, caldos mineralizados, captura de microorganismos benéficos, abonos fermentados, compostas, etc.) con recursos propios de la comunidad.

Para otorgar dicha capacitación y asistencia técnica, se propone buscar la participación de instituciones de investigación y enseñanza (COLPOS, BUAP, CBTAs), así como de dependencia afines (SAGARPA y SDR), que otorguen conocimiento a los agricultores sobre los temas mencionados a través de personal técnico especializado en el área.

Parcelas demostrativas. Con la ayuda de productores cooperantes se podrán establecer parcelas demostrativas con el cultivo de maíz, utilizando biofertilizantes. Durante las diferentes etapas del cultivo se podrán realizar demostraciones, que a su vez servirán para brindar información sobre los beneficios productivos, económicos y de salud que tienen los biofertilizantes.

## VIII. CONCLUSIONES

Los biofertilizantes de preparación local mostraron un efecto aceptable principalmente en maíz azul, esto posiblemente, al ser un cultivo de ciclo más corto que el maíz amarillo. Por consiguiente con menores necesidades nutrimentales, que se lograron suplir con el número de aplicaciones programadas.

El efecto de los biofertilizantes de preparación anaeróbica sobre el rendimiento y la tasa marginal de retorno, mostraron valores próximos a la fertilización química, la cual presentó los mejores resultados. Fue notorio que, el empleo de biofertilizantes de este tipo puede contribuir a disminuir el uso de fertilizantes químicos, desde el punto de vista de ahorro económico y sostenible en la utilización de los recursos disponibles en la región. Sin embargo, habría que continuar estudiándolos para precisar más sobre su uso y aplicación.

Los productores del municipio de San Felipe Teotlalcingo, Puebla, conservan un sistema tradicional arraigado, de producción de maíz. Tienen un sistema integral de recursos de las diversas unidades productivas, y emplean en ellos insumos agrícolas como el estiércol de su ganado.

Las condiciones ecológicas presentes en el municipio permiten el acceso a recursos naturales que facilitarían la elaboración de biofertilizantes. Sin embargo, la percepción general de los productores sobre los biofertilizantes, se traduce en ciertos beneficios en la producción, pero con un alto costo económico para su elaboración debido al desconocimiento de los mismos. Es importante difundir más y mejor información de esta tecnología a este tipo de actores, para que puedan incluir en sus procesos productivos aspectos biotecnológicos que desde luego vayan acorde con sus sistemas, y les permitan complementarlos.

## IX. LITERATURA CITADA

- Aceves R, E., A. Turrent F., J. I. Cortés F. y V. Volke H. 2002. Comportamiento agronómico del híbrido H-137 y materiales criollos de maíz en el Valle de Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25:339-347 pp.
- Aguilar, J., Illsley, C., y Marielle, C. 2003. El maíz como cultivo, en: Esteva, G. y Marielle, C. Sin maíz no hay país. CONACULTA Museo Nacional de Cultural Populares. México. 83-122 pp.
- Aguirre R, E. 2011. Plan municipal de desarrollo 2011-2014 Ayuntamiento de San Felipe Teotlaltzingo, Puebla. México. 1-47 pp.
- Alarcón-Cháires, P. 2004. La etnoecología: Hacia una transición epistemológica de la ciencia. En: Enfoques metodológicos críticos e investigación en ciencias sociales. Llanos, H. L., Goytia, J. M. A. y Ramos, P. A. (Coords). Universidad Autónoma de Chapingo. Plaza y Valdés, S.A. de C.V. 155-175 pp.
- Alejandro G, A. O. 2012. Utilización de un biofertilizante líquido en maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de trópico húmedo. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. México. 43-56 pp.
- Allen, P., D. Van Dusen, J. Lundy and S. R. Gliessman. 1991. Integrating social, environmental, and economic issues in sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture* 6:34-39 pp.
- Altieri, M.A. 2001. Agroecología: principios y estrategias desde la perspectiva cubana. En: Transformando el campo cubano. Ed. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). La Habana, Cuba. 284 pp.
- Altieri, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment* 74:19-31 pp.
- Altieri, M. A. 1995. El “estado del arte” de la agroecología y su contribución al desarrollo rural en América Latina. En (Cadenas Marín, A., ed.) *Agricultura y desarrollo sostenible*. MAPA. Madrid. 151-203 pp.
- Altieri, M. A. 1991. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? CLADES. División de Control Biológico. En línea: <http://www.clades.org/r1-art2.htm>. Consultado: Enero 2013.
- Altieri, M. A. 1987. *The scientific basis of alternative agriculture*. West view press, Inc. Boulder, CO, USA. 227 pp.

- Altieri, M. A. y C. Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*. 16:3-12 pp.
- Altieri, M. A. y C. Nicholls. 2002. Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plaga en viñedos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. Costa Rica 65: 50-64.
- Altieri, M. A. y C. Nicholls. 2001 Agroecología: principios y estrategias para una diseñar sistemas agrarios sustentables. En línea: [http://www.setem.cat/CD-ROM/idioma/setem\\_cat/mo/mo0801C03e.pdf](http://www.setem.cat/CD-ROM/idioma/setem_cat/mo/mo0801C03e.pdf). Consultado Mayo 2012.
- Altieri, M. A. y C. Nicholls. 2000. Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sostenible. Serie Textos básicos para la formación ambiental. ONU PNUMA. En línea: [http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/AGROECOLOGIA2\[1\].pdf](http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/AGROECOLOGIA2[1].pdf). Consultado: Junio 2012.
- Altieri, M.A., C. Nicholls. 1999 Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agricultural systems In: *Biodiversity in Agroecosystems*. (Eds, Collins, W. W. and Qualset, C. O.) CRC Press, Boca Raton, pp. 69-84.
- Ángeles G, E., E Ortiz T., P. A, López, G. López R. 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33:287-296 pp.
- Arizpe, L. 2006. Culturas en movimiento: Interactividad cultural y procesos globales. Cámara de Diputados LIX Legislatura. México. En línea: [http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/ce/scpd/LIX/cult\\_mov.pdf](http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/ce/scpd/LIX/cult_mov.pdf). Consultado: Agosto 2012.
- Armenta B, A. D., C. García G., J. R. Camacho B., J., M. Á. Apodaca S., L. Gerardo M., y E. Nava P. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*. 6: 51-56 pp.
- Ávila B, C. H. 2010. La agricultura tradicional y la conservación de los recursos naturales en México. *Este país*. Núm. 226. Enero-febrero. pp. 46-50.
- Banco Mundial (BM). 2012. Población rural. En línea: <http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.RUR.TOTL>. Consultado: Noviembre 2012.

- Bastías M, E., M. Díaz M., P. Pacheco C., R. Bustos P. y E. Hurtado C. 2011. Caracterización del maíz “Lluteño” (*Zea mays* L. tipo amylacea) proveniente del norte de Chile, tolerante a NaCl y exceso de boro, como una alternativa para la producción de bioenergía. IDESIA. 29:7-16 pp.
- Bautista C, A., J Etchevers B., R F del Castillo. y Carmen Gutiérrez. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas. En línea: <http://www.redalyc.org/pdf/540/54013210.pdf>. Consultado: Junio 2012.
- Bizzozero, F. 2006. Biofertilizantes nutriendo cultivos sanos. Centro Uruguayo de Tecnologías Apropiadas. Uruguay. 36 p.
- Blanco C, D. 2011. Tratamiento biológico aerobio – anaerobio - aerobio de residuos ganaderos para la obtención de Biogás y compost. Tesis doctoral. Universidad de León. España. 26 pp.
- Brenner, L. 2010. Gobernanza ambiental, actores sociales y conflictos en las Áreas Naturales Protegidas mexicanas. Revista Mexicana de Sociología. 72:283-310 pp.
- Caporal F, R. y J. Morales H. 2000. “La Agroecología desde Latinoamérica: avances y perspectivas”. Centro de investigación, educación y Desarrollo. En línea: [http://agroeco.org/brasil/material/La\\_Agroecologia\\_LA.PDF](http://agroeco.org/brasil/material/La_Agroecologia_LA.PDF). Consultado: Enero 2013.
- Capulin G, J., L. Mohedano C., M. Sandoval E. y J. C. Capulin V. 2010. Estiércol bovino líquido y fertilizantes inorgánicos en el rendimiento de jitomate en un sistema hidropónico. Revista Chapingo Serie Horticultura. 17:105-114 pp.
- Cantarero H, R. J. y O. A. Martínez T. 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L) Variedad NB-6. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 25-28 pp.
- Casadidio, 2011. Orientación política a la sostenibilidad económica social en el departamento de Iglesia, San Juan, Argentina. Revista de Ciencias Sociales. 26:57-68 pp.
- Castro P, F. 2006. Colapsos ambientales-transiciones culturales. Universidad Nacional Autónoma de México. En línea: [http://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant\\_colposg/33.pdf](http://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant_colposg/33.pdf). Consultado: Septiembre 2012.
- Castro L, I., F. Gavi R., J. J. Peña C., R. Núñez E. y J. D. 2006. Etchevers B. Eficiencia de recuperación de N y K de tres fertilizantes de lenta liberación. TERRA Latinoamericana, 24:277-282.

- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1974. El Plan Puebla: siete años de experiencia: 1967-1975. El Batán. México. 1-35 pp.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México: CIMMYT. 10-70 pp.
- Chacón A, A. L. 2011. Conocimiento campesino sobre plagas asociadas al cultivo de chile poblano (*Capsicum annum* L.) y evaluación de toxicidad de insecticidas sobre *Chrysoperla carnea* (Stephens), en San Matías Tlalancaleca, Puebla, México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. México. 46-47 pp.
- Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM). Sin año. Biotecnología y bio seguridad. En línea: <http://www.cibiogem.gob.mx/ninos/Paginas/default.aspx>. Consultado: Agosto 2012.
- Comisión Económica para América Latina (CEPAL). 2002. Globalización y desarrollo. Secretaria Ejecutiva. Brasil. En línea: <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/3/10033/sintESPANOL.pdf>. Consultado: Mayo 2012.
- Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Capital natural de México. Síntesis. Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. México, 104 pp.
- Cortés S, S. 2012. Degradación de suelos. Saberes y Ciencias. En línea: <http://saberesyciencias.com.mx/sitio/homo-sum/216-degradacion-de-suelos>. Consultado: Noviembre 2012.
- Damián H, M. A., A. Aragón G., J. F. López O. 2011. Manejo convencional y agroecológico del maíz en Tlaxcala y su impacto en la productividad. Asociación Latinoamericana de Sociología Rural. ALASRU. <http://www.alasru.org/wp-content/uploads/2011/07/GT2-Miguel-%C3%81ngel-Dami%C3%A1n-Huato.pdf>. Consultado: Enero de 2013.
- Damián H, M. A., B. Ramírez V. y F. López-Olguín F. 2007. Tecnologías campesinas y manejo agroecológico del maíz en el estado de Tlaxcala, México. En: Avances en Agroecología y ambiente Vol. I. López-Olguín J, F., Aragón G, A. y Tapia R, A. M. (Eds.). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. México. 87-102 pp.

- Dick, W. and Macoy, E. 1993. Enhancing soil fertility by addition of compost, in: science and engineering of composting: design, environmental, microbiological and utilization aspect. The Ohio State University. 327 p.
- Dorransoro, C. 2010. Degradación de suelos. Universidad de Granada. España. En línea: <http://edafologia.ugr.es/conta/tema10/degra.htm>. Consultado: Mayo 2012.
- Duche C, J. C. 2011. Evaluación de tres formulaciones de Biol a partir desechos de aserradero (aserrín de Pigüe, *Pollalesta discolor*), maní forrajero (*Arachis sp*) y gallinaza en producción de maíz híbrido (7443) Trueno. Tesis de licenciatura. Universidad Estatal Amazónica. 51-63 pp.
- Duque G, G. C., y L. A. Oña E. 2007. Respuesta del cultivo de pimiento (*Capsicum annum*), a dos biofertilizantes de preparación artesanal aplicados con cuatro dosis, en la granja experimental E.C.A.A. Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ecuador. 88 pp.
- Ehlers, E. 1994. Agricultura sustentável: Orígenes e perspectivas de un novo paradigma. Sao Paulo: Livros da Terra. 114-116 pp.
- Ernesto M, L. y T. Martínez S. 2007. La combinación de sistemas agrícolas tradicionales y comerciales, el proceso de conversión en Cruz de Piedra, Estado de México. AIBR. Revista de Antropología Iberoamericana. 2:67-90 pp.
- Espinosa R, M., E Andrade L., P. Rivera O. y A. Romero D. 2011. Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas. Papeles de Geografía. 53:77-88 pp.
- Espinosa T, E., M. C. Mendoza C., y J. Ortiz C. 2004. Rendimiento de grano y sus Componentes en poblaciones prolíficas de maíz, en dos densidades de siembra. Revista Fitotecnia. 27:39-41 pp.
- Espinoza A, M. 2003. Mestizaje, cholificación y blanqueamiento en Quito primera mitad del siglo XX. Universidad Andina Simón Bolívar. Ecuador. En línea: <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/224/1/SM49-Espinosa-Mestizaje,%20cholificaci%C3%B3n%20y%20blanqueamiento%20en%20Quito.pdf>. Consultado: Julio 2012.
- Féret, S. y B Vorley. 2001. Agricultura y desarrollo sostenible. Cuadernos de propuestas para el siglo XXI. En línea: [http://infotek.alliance21.org/d/f/2059/2059\\_SPA.pdf](http://infotek.alliance21.org/d/f/2059/2059_SPA.pdf). Consultado: Julio 2012.

- Fernández A, R. y M. J. Leiva M. 2002. Ecología para la Agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 223 p.
- Flores C, L. A. 2013. Producción de maíz (*Zea mays* L) en el estado de Puebla; Un enfoque de equilibrio espacial para identificar las zonas productoras más competitivas. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. México. 18-21 pp.
- Flores B, E. M. T., U. Hernández R., y A. A. Miranda V. 2012. Caracterización morfoagronómica de cinco variedades de maíz criollo (*zea mays*) en la zona de San Luis Talpa bajo un manejo orgánico. Tesis de licenciatura. Universidad de El Salvador. En línea: <http://ri.ues.edu.sv/1660/1/13101299.pdf>. Consultado: 05 de enero de 2013.
- Fragoso S, J. 2009. Reconstrucción del paisaje agrario, mediante métodos participativos, en áreas agrícolas de la zona de amortiguamiento del parque natural de Castril. Tesis de maestría. Universidad Internacional de Andalucía. España. 8-14 pp.
- Francisco N, N., A. Turrent F., J. L. Oropeza M., M. R. Martínez M. y J. I. Cortés F. 2006. Pérdida de suelo y relación erosión-productividad en cuatro sistemas de manejo del suelo. TERRA Latinoamericana. 24:253-260 pp.
- Galindo G, G. 2004. Estrategias de difusión de innovaciones agrícolas en México. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 2004. 3:73-79
- Galindo G, G. 2001. Uso de innovaciones en el grupo de ganaderos para la validación y transferencia de tecnología “Joachin”, Veracruz, México. Terra. 19:385-392 pp.
- Garcés J, S. 2010. Bienestar y sustentabilidad en el medio rural: análisis de tres agroecosistemas (uno agroecológico, uno convencional y uno mixto) en Carchi y Esmeraldas a través de indicadores multidimensionales. Tesis de Maestría en Ciencias Sociales. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales FLACSO – Sede Ecuador. 72 pp.
- Garcés H, H. M. 2010. Comparación de la calidad y efectos de lixiviados obtenidos a partir de raquis de banano (*musa acuminata*) y plátano (*musa balbisiana*) mediante transformación aeróbica y anaeróbica en condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Escuela Politécnica del Litoral. Ecuador. 8-18 pp.
- García, Y., W Ramírez, y S Sánchez. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. Pastos y Forrajes. 35:125-138 pp.

- García G, J. E. 2009. Consideraciones básicas sobre la agricultura sostenible. Acta Académica. En línea: <http://maelac.files.wordpress.com/2009/09/agricultura-sostenible-consideraciones-basicas-mayo-2009-acta-academica.pdf> . Consultado: Abril 2012.
- García F, G. 2008. Rentabilidad de la producción de durazno en los municipios de Chiutzingo, Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo, estudio de caso. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. México. 54-55 pp.
- García, E. 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). “Climas” Clasificación de Koppen, modificado por García, Escala 1:1000000. México.
- Gerritsen, P. R. W. y R.González F. 2008. Comparación de cuatro sistemas productivos en el ejido de La Ciénega, costa sur de Jalisco. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 65:68-81 pp.
- Giordano-Sánchez V, C. A. 2010. Agricultura tradicional en la Nueva España. Revista de Historia Regional. 15:108-130 pp.
- Gliessman, S. R., F. J. Rosado-May, C. Guadarrama Z., J. Jedlicka, V. E. Méndez, R. Cohen, L. Trujillo, C. Bacon, A. Cohn y R. Jaffe. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. Ecosistemas.16:0 p.
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica. 359 p.
- Gliessman, S. R. 2000. Agroecosystem sustainability developing practical strategies.CRC Press.Boca Raton Fl, USA.210 p.
- Gliessman, S. R. 1998. Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. Ann Arbor Press, Michigan. 357 pp.
- Gomero, O.L. 2005. Los biodigestores campesinos: una innovación para el aprovechamiento de los residuos orgánicos. Red de acción de alternativas al uso de agroquímicos- RAAA. Editorial Gráfica Sttefany S.R. Perú. 3 pp.
- Gomero O. L. y Velásquez A, H. 1999. Manejo ecológico de suelos. Conceptos, Experiencias y Técnicas. Red de Acción de Alternativas al uso de Agroquímicos (RAAA). En línea: [http://www.cepes.org.pe/pdf/manejo\\_ecologico\\_de\\_suelos.pdf](http://www.cepes.org.pe/pdf/manejo_ecologico_de_suelos.pdf). Consultado: Noviembre 2012.

- González H, A., D. J. Pérez L., O. Franco M., A. Balbuena M., F. Gutiérrez R., y H. Romero S. 2011. Respuesta de tres cultivares de maíz a la inoculación con *Azospirillum brasilense* bajo cuatro diferentes dosis de nitrógeno. *Ciencia Ergo Sum*. 18:51-58 pp.
- González F, R., P. R. W. Gerritsen., y T. K. Malischke. 2007. Percepciones sobre la degradación ambiental de agricultores orgánicos y convencionales en el ejido La Ciénega, municipio de El Limón, Jalisco, México. *Economía, Sociedad y Territorio*. 25:215-239 pp.
- González J, A. 2004. Ambiente y cultura en la agricultura tradicional de México: Casos y perspectivas. *Ciencia Ergo Sum*. 11:153-163 pp.
- Harlem, B. G. y M. Khalid. 1988. *Nuestro futuro común*. Alianza editorial, Madrid, España. 460 pp.
- Hecht, B. S. 1999. La evolución del pensamiento agroecológico. En: *Agroecología bases científicas para una agricultura sustentable*. Altieri, M.A. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay. 15-30 pp.
- Hernández X., E., En: Hernández X., E. y A. Ramos R. 1985. Graneros de maíz en México. En: *Xolocotzía*, Tomo I. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 423 pp.
- Hortelano S R, R., A. Gil M., A. Santacruz V., S. Miranda C., y L. Córdova T. 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos del valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México*. 34:189-200 pp.
- IBPGR. 1991. *Descriptors for Maize*. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome. [http://www.maizegdb.org/CIMMYT\\_IPGRI\\_descriptors\\_maize.pdf](http://www.maizegdb.org/CIMMYT_IPGRI_descriptors_maize.pdf). Consultado: Febrero 2013.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2006. *Promoción y Desarrollo de Agronegocios desde la perspectiva de la Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe: Desafíos para una Agenda Regional*. En línea: [http://www.iica.int/foragro/cd\\_prior/Docs/Agroneg.pdf](http://www.iica.int/foragro/cd_prior/Docs/Agroneg.pdf). Consultado: Junio 2012.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2012. *Censo de población y vivienda*. <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P>. Consultado: Noviembre 2012.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2007. *Anuario Estadístico Puebla, Tomo II*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1,284 pp.

- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1995. Edafología. Escalas 1:25000 y 1:1000000. México.
- Ito, S. 2006. Caracterización y evaluación de los factores que determinan la calidad nutricional e inocuidad en la producción de fertilizantes orgánicos fermentados. Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica. 24-69 pp.
- James, W. E., Jha S, Sumulong L, Son H. H, Hasan R. and Khan M. E. 2008. Food prices and Inflation in developing Asia: Is Poverty Reduction Coming to an End?. En línea: <http://www.adb.org/Documents/reports/food-prices-inflation/food-prices-inflation.pdf>. Consultado: Mayo 2013.
- Kolmans, E y Vásquez, D. 1999. Manual de Agricultura Ecológica: Una introducción a los principios básicos y su aplicación. Grupo de Agricultura Orgánica Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. En línea: <http://www.ibcperu.org/doc/isis/14592.pdf>. Consultado: Abril 2012.
- López M. J. D., C. Vázquez V., E. Salazar S. y R. Zúñiga T. 2010. Sistemas de labranza y fertilización en la producción de maíz forrajero. *Phyton*. 79:47-54 pp.
- López I, G. A. 2006. Perspectivas para el análisis de la innovación: Un recorrido por la teoría. *Cuad. Adm.*31:243-273 pp.
- López G, D. y J. López L. 2003. Con la Comida no se juega, Traficantes de Sueños. Madrid, España. En línea: <http://www.nodo50.org/ts/editorial/completo.pdf>. Consultado: Agosto 2012.
- López, A. 1994. El biocompostaje de los residuos agroindustriales y el mejoramiento de la agricultura. *Biocenosis*. 11:21-25 pp.
- López A, A. 1973. Hombre-Dios. Religión y política en el mundo náhuatl. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 35-62 pp.
- Lorente F, D. 2006. Infancia nahua y transmisión de la cosmovisión: los ahuaques o espíritus pluviales en la Sierra de Texcoco (México). *Boletín de Antropología Universidad de Antioquia*. 37:152-168 pp.
- Magaña P, A. 2008. Conocimiento y estrategias campesinas en el manejo de los recursos naturales. *Ra Ximhai*. 4:183-213 pp.

- Martínez C, R. 2002. Agroecología: atributos de sustentabilidad. Inter Sedes: Revista de las Sedes Regionales. 5:25-45 pp.
- Martínez V, R. y B. Dibut. 2009. Utilización de nuevos paradigmas que permitan profundizar los conocimientos sobre las relaciones suelo-planta en condiciones tropicales. Cultivos Tropicales. 30:5-9 pp.
- Martínez, R., L Chacón, J González y H Gómez. Aplicación de los SIG en la organización, análisis y divulgación de la información de suelo producida en laboratorio. Geoenseñanza. 11:51-62 pp.
- Massieu T, Y. C. 2009. Cultivos y alimentos transgénicos en México: El debate, los actores y las fuerzas sociopolíticas. Argumentos. 59:217-243 pp.
- Meadows, D., D. Meadows H. L. y J. Randers. 1992. Más allá de los límites del crecimiento. Ediciones el país, S. A. / Aguilar, S. A. Madrid, España. 355 pp.
- Muñoz M, A. I., L. Fuentes M., E. Fayos-Solà. 2012. Turismo como instrumento de desarrollo: Una visión alternativa desde factores humanos, sociales e institucionales. PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural. 10: 437-449 pp.
- Norato R, J. 1992. Acción del stimulate en el crecimiento y llenado de mazorcas en maíz (*zea mays* L.). Agronomía colombiana. En línea: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/viewFile/21159/22116>. Consultado: Marzo 2013.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. En línea: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3335/1/nom-021-semarnat-2000.pdf>. Consultado: Marzo 2012.
- Ocampo L, J., E Patlán M y A Arellano H. (coordinadores). (2003). Un debate abierto escuelas y corrientes sobre la tecnología. Universidad Autónoma de Chapingo. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustrias y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). México.
- Ochoa A, M. B., M Valdés S, y Y Quevedo A. 2007. Innovación, tecnología y gestión tecnológica. Acimed. 16(4). En línea: [http://eprints.rclis.org/10618/1/08-Innovaci%C3%B3n,\\_tecnolog%C3%ADa\\_y\\_gesti%C3%B3n\\_tecnol%C3%B3gica.pdf](http://eprints.rclis.org/10618/1/08-Innovaci%C3%B3n,_tecnolog%C3%ADa_y_gesti%C3%B3n_tecnol%C3%B3gica.pdf). Consultado: Noviembre 2012.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2013. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en México 2012. En línea: [http://www.colpos.mx/wb\\_pdf/Panorama\\_Seguridad\\_Alimentaria.pdf](http://www.colpos.mx/wb_pdf/Panorama_Seguridad_Alimentaria.pdf). Consultado: Mayo 2013.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2008. Declaration of the High-Level Conference on World Food Security: The Challenges of Climate Change and Bioenergy. Food and Agriculture Organization, Rome. En línea: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/foodclimate/HLCdocs/declaration-E.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/foodclimate/HLCdocs/declaration-E.pdf) Consultado: Marzo 2013.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2005. Mejorar la capacitación de la población rural. Centro de Noticias ONU. En línea en <http://www.un.org/spanish/News/story.asp?newsID=5724&criteria1=educaci%F3n> Consultado: Febrero 2013.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2002. The state of food insecurity in the world 2001. Food and Agriculture Organization, Rome. En línea: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y7352e/y7352e00.pdf>. Consultado: Julio 2012.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1992. El proyecto GLASOD-SOTER. En línea: <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S05.htm>. Consultado: Noviembre de 2012.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). S/A. Perspectiva Regional. En línea: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0255s/a0255s06.pdf>. Consultado: Julio 2012.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). 2003. Local and Indigenous knowledge Systems. En línea: [http://portal.unesco.org/science/es/ev.php-URL\\_ID=2034&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/science/es/ev.php-URL_ID=2034&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html). Consultado: Noviembre de 2012.
- Orozco C, S., L Jiménez S., N Estrella C., B Ramírez V., B V Peña O., A Ramos S y M Morales G. 2008. Escuelas de campo y adopción de ecotecnia agrícola. Ecosistemas. 17:94-102 pp.

- Orozco C, S., B Ramírez V., R Ariza F, L Jiménez S., N Estrella C., B V Peña O., Á Ramos S, M Morales G. 2009. Impacto del conocimiento tecnológico sobre la adopción de tecnología agrícola en campesinos indígenas de México. *Interciencia*. 34:551-555 pp.
- Osorio G, N., H López S., A Gil M., B Ramírez V., N Gutiérrez R., G Crespo P., y Á Montero P. 2012. Utilización, oferta y demanda de tecnología para producción de maíz en el Valle de Puebla, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 9:55-89 pp.
- Pacheco, F. 2006. Producción, utilización y algunos aspectos técnicos de los biofermentos. Universidad de Costa Rica. 18 pp.
- Paco J, C. 2012. Sistemas de producción convencional y tradicional. *Boletín Bolivia Rural*, 5 de marzo. En línea: [http://www.boliviarrural.org/articulos-de-opinion/item/sistemas-de-produccion-convencional-y-tradicional.html?category\\_id=1](http://www.boliviarrural.org/articulos-de-opinion/item/sistemas-de-produccion-convencional-y-tradicional.html?category_id=1). Consultado: Enero 2013.
- Palerm, A. 1972. Agricultura y sociedad en Mesoamérica. *SepSetentas*. No. 55. México. 9-33 pp.
- Peláez S, L. 1996. El legado de las generaciones futuras: “La sostenibilidad”. *Revista Nataima* 2: 83-88.
- Pengue, W. A. 2005. Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina: ¿La transgénesis de un continente?. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental PNUMA. En línea: [http://www.revistafuturos.info/download/down\\_16/agriculturaindustrial.pdf](http://www.revistafuturos.info/download/down_16/agriculturaindustrial.pdf). Consultado: Abril 2012.
- Pérez C, J. 2004. Agricultura ecológica: una alternativa al desarrollo sustentable en el campo mexicano. *El Cotidiano*. 127:95-100 pp.
- Quiroz G, I. 2010. Percepción y actitud de productores cañeros sobre el uso de composta de cachaza y vinaza en la zona de abasto del ingenio La Gloria, Veracruz, México. Tesis maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. México. 36-80 pp.
- Ramírez R, B. M. 2010. Uso eficiente de energía, desarrollo sustentable y conservación de recursos naturales no renovables. el caso de las bolsas de polietileno versus la utilización de otros materiales. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 24 pp.
- Restrepo R, J. 2002. Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca; preguntas directas, respuestas prácticas. Fundación Juquira Candiru. Colombia. 105 p.

- Restrepo R, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencia con agricultores de Mesoamérica y Brasil. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. Costa Rica. 155 p.
- Restrepo R, J 1996. Abonos orgánicos fermentados: experiencia de agricultores en centro América y Brasil. Editorial aportes corporación educativa para el desarrollo costarricense, Organización Internacional del Trabajo OIT. Costa Rica. 51 p.
- Rigada S, E. y H Cuanalo de la Cerda. 2005. Factores socioculturales críticos en la adopción de cabras (*Capra hircus*) en dos comunidades rurales de Yucatán. Técnica Pecuaria en México. 43:163-172 pp.
- Robalino R, H. S., 2011. Evaluación de la actividad biológica y nutricional del Biol en diferentes formulaciones y la respuesta a su aplicación en cultivos de arroz (*Oriza sativa*) y maíz (*Zea mays*), en Guayas. Tesis de maestría. Escuela superior politécnica del litoral. Ecuador. En línea:  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16917/3/Tesis%20H.Robalino%20Final%20PMBA%20julio%202011.pdf>. Consultado: Abril 2013.
- Romero R, C. O., J OcampoM., E SandovalC., y J. R. Tobar R. 2012. Fertilización orgánica – mineral y orgánica en el cultivo de Fresa (*Fragaria x ananasa* duch.) bajo condiciones de invernadero. Ra Ximhai. 8:41-49 pp.
- Rojas S, R. 2003. Guía para realizar investigaciones sociales. Plaza y Valdes Editores. México. 205-216 pp.
- Rosset, P. 1998. Hacia una alternativa agroecológica para el campesinado latinoamericano. En Altieri, M.; Vásquez, D. (eds.) Consulta Regional: El futuro de la investigación y el desarrollo de la agricultura campesina en la América Latina del siglo XXI. Berkeley, CA: CGIAR-NGO Committee. p. 7-16.
- Ruiz R, O. 2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. Interciencia. 31:140-145 pp.
- Salaya D, J. 2010. Elaboración artesanal de dos abonos líquidos fermentados y su efectividad en la producción de plántulas de chile habanero. Tesis de Maestría. Producción agroalimentaria en el trópico. Colegio de Postgraduados. Campus Tabasco. 52-59 pp.
- Salgado G, S. y R Núñez E. 2010. Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. Colegio de Postgraduados y Mundiprensa S. A. de C. V. México 146 p.

- Sánchez M, P. 2012. Evaluación de la sustentabilidad en el agroecosistema maíz en la región de Humantla, Tlaxcala. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. México. 34-37 pp.
- Sánchez M, P. y F Castro P. 2011. Prácticas agroecológicas para una agricultura sostenible. El Colegio de Tlaxcala, Proyecto de Desarrollo Rural Integral Vicente Guerrero, A. C. Tlaxcala, México. 88 pp.
- Sánchez O, J., F Álvarez G., M Sánchez H., F Ramos M y L D Ortega M. 2001. La pertinencia de la estrategia de operación del Plan Puebla en el contexto de la extensión parcialmente privatizada. Ra Ximhai. 7:281-295 pp.
- Santoyo H, J. 2006. Sustentabilidad del sector petrolero en México aplicando el método de análisis de exergía. Tesis de maestría. UNAM, Programa de Maestría y Doctorado en Energía. Facultad de Ingeniería. México, D.F. México.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Lista de beneficiarios PROCAMPO 2012. En línea: <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Programas/procampo/Beneficiarios/2012/Puebla%20Primavera%20Verano%202012.zip>. Consultado: Enero 2013.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. En línea: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351). Consultado: Noviembre de 2012.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2007. Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012. En línea: <http://www.sagarpa.gob.mx/transparencia/pot2008/XV-inf/Programa-Sectorial2007-2012.pdf>. Consultado: Noviembre 2012.
- Secretaría de Finanzas. 2011. Información básica del municipio: San Felipe Teotlalcingo. Gobierno del Estado de Puebla.
- Secretaría de la Reforma Agraria (SRA). 2007. Programa Sectorial Agrario 2007-2012. En línea: [http://www.sedatu.gob.mx/sraweb/datastore/ligas\\_interes/docs\\_prosectorial/Programa\\_Sectorial\\_Agrario.pdf](http://www.sedatu.gob.mx/sraweb/datastore/ligas_interes/docs_prosectorial/Programa_Sectorial_Agrario.pdf). Consultado: Noviembre de 2012.

- Sevilla G, E. y G Woodgate. 1997. Sustainable rural development: from industrial agriculture to agroecology. En Redclift Michael and Woodgate Graham (eds), The international handbook of environmental sociology. Edward Elgar Publishing. United Kingdom. 83-100 pp.
- Soria F, M. J., R. Ferrera C., J. Etchevers B., G. Alcántar G., J. Trinidad S., L. Borges G., y G. Pereyda P. 2001. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. Terra 19:353-362.
- Suárez S, D. M. 2009. Caracterización de un compuesto orgánico producido en forma artesanal por pequeños agricultores en el departamento del Magdalena. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia. En línea: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1721/1/8106008.2009.pdf>. Consultado: Marzo 2013.
- Statistical Analysis System Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.0. User's guide. Cary, NC: SAS.
- Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). 2006. Versión 15. Development Core Team.
- United Nations (UN). 1987. World Commission on Environment and Development. En línea: <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N87/184/67/IMG/N8718467.pdf?OpenElement>. Consultado: Noviembre 2012.
- Tarigo, A., C. Repetto. y D. Acosta. 2004. Evaluación agronómica de biofertilizantes en la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) a campo. Tesis de licenciatura. Universidad de la República. Uruguay. En línea: <http://www.ceuta.org.uy/files/Biofertilizantes.pdf> Consultado: Noviembre de 2012.
- Vassallo, C. 2008. Manual para el manejo de efluentes de tambo. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Uruguay. 25-35 pp.
- Villavicencio, D. 1998. Transferencia de tecnología y aprendizaje tecnológico: Reflexiones basadas en trabajos empíricos. El Trimestre Económico. 61:257-79.
- Viveros F, C. E. 2010. Estudio de la dinámica de aprovechamiento del maíz en las unidades de producción familiar en el Valle de Puebla, México. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. México. 22-30 pp.
- Von der Weid, J.M. 1994. Agroecología y agricultura sustentable. Centro Latino Americano de Desarrollo Sustentable. Agroecológica y Desarrollo. En línea: <http://www.clades.cl/revistas/7/rev7art2.htm>. Consultado: Noviembre de 2012.

- Yamilka S, F.R., F Monzote y O M Martín. 2012. Evaluación de los componentes de la biodiversidad en la finca agroecológica “Las Palmitas” del municipio Las Tunas. Pastos y Forrajes. 35:321-332 pp.
- Zimzumbo V, D. y P Colunga G. 2008. El origen de la agricultura, la domesticación de plantas y el establecimiento de corredores biológico-culturales en Mesoamérica. Revista de Geografía Agrícola. 41:85-113 pp.
- Zagoya M, J., M. Á. Velasco H., R Díaz R. y J Ocampo M. 2012. Efecto de biofertilizante artesanal en la etapa de crecimiento vegetativo de maíz. Memoria del I Foro Agroforestal. 11 de septiembre de 2012. Tetela de Ocampo, Puebla, México.
- Zagoya M J., MA Velasco H., R Díaz R., Y Aguilar V., y J Ocampo M. 2012. Percepción sobre la biotecnología por los productores de San Felipe Teotlalzingo, Puebla, y descripción de la tecnología utilizada en la producción de maíz (Comp.). Memorias del 1er. Congreso Nacional de Tecnologías y Ciencias Ambientales. 5to. Congreso Regional de Ciencias Ambientales. México: ITSON. 66 pp.
- Zagoya M, J., Y Aguilar V., J Ocampo M. y R Díaz R. 2013. Persistencia del sistema agrícola tradicional y convencional de pequeños agricultores que comercializan: caso Subregión Texmelucan. En Martínez-Solís, J.; García-Mateos, M.R.; Magaña-Lira, N. (eds.). 2013. Memoria del XV Congreso Nacional y I Internacional de Ciencias Agronómicas. 24 al 26 de abril de 2013. Chapingo, Estado de México, México. 108-109 pp.
- Zagoya M., J., J Ocampo M., I Ocampo F., A Macías L. y A Aragón G. 2013. Efecto de biofertilizante artesanal en biometría de la mazorca de maíz azul. En Martínez-Solís, J.; García-Mateos, M.R.; Magaña-Lira, N. (eds.). 2013. Memoria del XV Congreso Nacional y I Internacional de Ciencias Agronómicas. 24 al 26 de abril de 2013. Chapingo, Estado de México, México. 270-271 pp.
- Zamora, F., D Tua y D Torres. 2008. Evaluación de cinco fuentes orgánicas sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de papa. Agronomía Tropical. 58:233-243 pp.
- Zarazúa, J. A., J. L. Solleiro, A Cárdenas R., R Castañón I., y R Rendón M. 2009. Esquemas de innovación tecnológica y su transferencia en las agroempresas frutícolas del estado de Michoacán. Estudios Sociales. 34: 38-71 pp.
- Zuckerhut, P. 2007. Cosmovisión, espacio y género en México antiguo. Boletín de Antropología. Universidad de Antioquia. 21:64-85 pp.