



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo
Integral Regional Unidad Oaxaca

Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de
Recursos Naturales (Producción y Protección Vegetal)

**LA FERTILIZACIÓN DEL SUELO EN EL RENDIMIENTO DE
MAÍZ BOLITA Y EL DESARROLLO DE *Spodoptera frugiperda*
(Smith)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

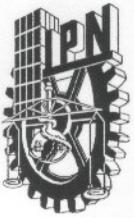
PRESENTA:

ING. MARIANA VERTELY RAMÍREZ REYES

DIRECTORES DE TESIS:

DR. CELERINO ROBLES PÉREZ

M. en C. LAURA MARTÍNEZ MARTÍNEZ



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 27 del mes de mayo del 2016 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: "La fertilización de suelo en el rendimiento de maíz "Bolita" y el desarrollo de *Spodoptera frugiperda* (Smith)",

Presentado por la alumna:

Ramírez

Apellido paterno

Reyes

materno

Mariana Vertely

nombre(s)

Con registro:

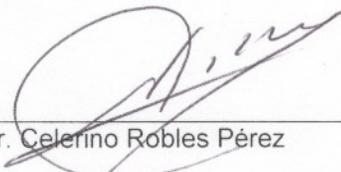
A	1	4	0	3	8	3
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

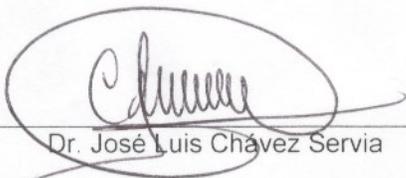
Directores de tesis


Dr. Celerino Robles Pérez

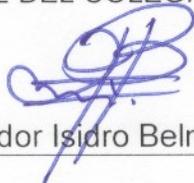

M. en C. Laura Martínez Martínez


Dr. Jaime Ruiz Vega


Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo


Dr. José Luis Chávez Servia

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 27 del mes de mayo del año 2016, el (la) que suscribe **Ramírez Reyes Mariana Vertely** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro A140383, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Celerino Robles Pérez y la M. en C. Laura Martínez Martínez y cede los derechos del trabajo titulado, La fertilización de suelo en el rendimiento de maíz "Bolita" y el desarrollo de *Spodoptera frugiperda* (Smith), al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgradoax@ipn.mx ó marysol_wow@hotmail.com se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ramírez Reyes Mariana Vertely



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por el apoyo financiero para realizar el posgrado.

Al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo financiero y el aprendizaje que recibí.

Al CIIDIR-Oaxaca por permitirme realizar mi posgrado en esta institución, por todas las experiencias, educación y apoyo brindado.

Al comité revisor de tesis, el Dr. Celerino Robles Pérez, M. C. Laura Martínez Martínez, Dr. José Luis Chavez Servia, Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo, Dr. Jaime Ruiz Vega por las observaciones, recomendaciones y orientación para la realización del trabajo y así como su redacción.

Al Dr. José Luis Chavez Servia por todo el tiempo que me dedicó para el análisis estadístico y por la donación de semillas de maíz “bolita”.

A mi madre, por su amor y apoyo en este tiempo de difíciles situaciones que me ha ayudado a superar con su cariño.

A Dagoberto Ramos Méndez por toda la ayuda que me diste, gracias por alentarme a superar este reto y por estar a mi lado siempre.

A todas las personas que me ayudaron en el montaje del experimento, la toma y análisis de datos y labores de campo. En especial al M. C. Dagoberto Ramos, la Biol. Viniza D’zul, el M. C. Manuel Lorenzo, M. C. Carlos Mases y mis compañeros de clase que siempre me apoyaron en todo, gracias Ing. Nelly Fernández, Ing. Quim. Gustavo García, Ing. Sergio Inés.

INDICE

INDICE	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
RESÚMEN	ix
ABSTRACT	x
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- MARCO TEÓRICO	3
2.1 Maíz.....	3
2.1.1 Importancia del maíz.....	3
2.1.2 El cultivo de maíz en Oaxaca.....	4
2.1.3 Maíz raza bolita.....	5
2.1.4 Factores limitantes para la producción de maíz en Oaxaca.....	6
2.1.5 Plagas del maíz.....	6
2.2 Spodoptera frugiperda	7
2.2.1 Ciclo de vida.....	8
2.2.2 Daño de S. frugiperda en maíz	10
2.2.3 Control.....	12
2.3 Fertilidad del suelo.....	13

2.3.1 Fertilización biológica (biofertilizantes).....	15
2.3.2 Fertilización orgánica	16
2.3.3 Fertilización mineral	16
3.- OBJETIVO E HIPÓTESIS	18
3.1 Objetivo general.....	18
3.2 Objetivos particulares	18
3.3 Hipótesis.....	18
4.- METODOLOGÍA	19
4.1 Área de estudio.....	19
4.2 Maíz con fertilización mineral, orgánica y biológica en condiciones semicontroladas.....	20
4.2.1 Establecimiento del experimento	20
4.2.2 Daño de <i>S. frugiperda</i> en plantas de maíz bajo condiciones semicontroladas.....	23
4.2.3 Desarrollo de <i>S. frugiperda</i> , en condiciones de laboratorio, alimentado con maíces fertilizados mineral, orgánica y biológicamente, bajo condiciones semicontroladas.....	24
4.3 Maíz con fertilización mineral, orgánica y biológica en campo	26
4.3.1 Caracterización del suelo	26

4.3.2 Establecimiento del experimento	28
4.3.3 Daño de <i>S. frugiperda</i> en plantas de maíz en campo	30
4.3.4 Crecimiento y rendimiento de maíz.....	31
4.3.5 Desarrollo de <i>S. frugiperda</i> alimentado con maíces fertilizados mineral, orgánica y biológicamente.....	31
5. RESULTADOS	33
5.1 Maíz con fertilización mineral, orgánica y biológica en condiciones semicontroladas.....	33
5.1.1 Daño de <i>S. frugiperda</i> en plantas de maíz bajo condiciones semicontroladas.....	33
5.1.2 Desarrollo de <i>S. frugiperda</i> en condiciones de laboratorio, alimentada con maíces fertilizados mineral, orgánica y biológicamente.....	34
5.2 Maíz con fertilización mineral, orgánica y biológica en campo abierto	40
5.2.1 Caracterización del suelo	40
5.2.2 Daño de <i>S. frugiperda</i> en plantas de maíz en campo abierto	51
5.2.3 Crecimiento y rendimiento de maíz.....	52
5.2.4 Desarrollo de <i>S. frugiperda</i> alimentado con maíces fertilizados mineral, orgánica y biológicamente.....	68
6.- DISCUSIÓN	74

6.1 Maíz con fertilización mineral, orgánica y biológica en condiciones semicontroladas.....	74
6.1.1 Daño de S. frugiperda en plantas de maíz sembrado bajo condiciones semicontroladas.....	74
6.1.2 Desarrollo de S. frugiperda en condiciones de laboratorio, alimentada con maíces fertilizados mineral, organica y biológicamente.....	74
6.2 Maíz con fertilización mineral, orgánica y biológica en campo abierto	75
6.2.1 Caracterización del suelo	75
6.2.2 Daño de S. frugiperda en plantas de maíz bolita en campo abierto	79
6.2.3 Crecimiento y rendimiento de maíz	80
6.2.4 Desarrollo de S. frugiperda alimentado con maíces fertilizados mineral, orgánica y biológicamente.....	82
7.- CONCLUSIONES	84
8.- LITERATURA CITADA.....	85
ANEXOS	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Daño de <i>S. frugiperda</i> en plantas de maíz con diferente manejo de la fertilidad del suelo.....	34
Figura 2. Dispersión de variables físicas de <i>S. frugiperda</i> , alimentado con hojas de maíz de distintas coloraciones y bajo diferente fertilización, con base a los dos primeros componentes principales.	39
Figura 3. Cambios en el pH antes y después de la aplicación de los tratamientos.	41
Figura 4. Cambios en la conductividad eléctrica antes y después de la aplicación de los tratamientos.	42
Figura 5. Cambios en la velocidad de infiltración del suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos.	43
Figura 6. Cambios en el porcentaje de capacidad de campo de suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos.	44
Figura 7. Cambios en el porcentaje de Materia orgánica antes y después de los tratamientos.....	46
Figura 8. Cambios en el porcentaje de Nitrógeno total antes y después de la aplicación de los tratamientos	47

Figura 9. Cambios en el fósforo aprovechable del suelo antes y después de los tratamientos.....	49
Figura 10. Daño por <i>S. frugiperda</i> en plantas de maíz infestadas y no infestadas con diferente fertilización.....	52
Figura 11. Diámetro del tallo de la planta de infestado con <i>S. frugiperda</i> o sin infestar, bajo diferente fertilización	57
Figura 12. Altura de la planta de maíz infestado con <i>S. frugiperda</i> o sin infestar, bajo diferente fertilización.....	58
Figura 13. Ancho de hoja de maíz infestado con <i>S. frugiperda</i> o sin infestar, bajo diferente fertilización.....	59
Figura 14. Longitud de la hoja de maíz infestado con <i>S. frugiperda</i> o sin infestar, bajo diferente fertilización.....	60
Figura 16. Ancho de mazorca producida con y sin infestación de <i>S. frugiperda</i> bajo diferente fertilización.....	61
Figura 17. Longitud de mazorca producida con y sin infestación de <i>S. frugiperda</i> bajo diferente fertilización.....	62
Figura 18. Peso de mazorcas de maíz producidas bajo diferente fertilización y con o sin la infestación de <i>S. frugiperda</i>	65

Figura 19. Rendimiento de maíz bajo diferente fertilización y con infestación de <i>S. frugiperda</i>	66
Figura 20. Dispersión de variables morfológicas y de producción en maíz bolita EN CAMPO	67
Figura 21. Dispersión de variables físicas de <i>S. frugiperda</i> , alimentado con hojas de maíz bolita de distintas coloraciones y bajo diferente fertilización, con base a los dos primeros componentes principales.	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Dosis de fertilización aplicadas a maíz bajo condiciones semicontroladas.....	22
Cuadro 2. Escala visual propuesta por Fernández y Expósito, 2000; usada para la estimación del daño ocasionado por <i>S. frugiperda</i> en plantas de maíz. ..	24
Cuadro 3. Dosis de fertilización empleadas para el cultivo de maíz bolita en campo abierto.....	29
Cuadro 4. Escala visual propuesta por (Fernández and Expósito, 2000) usada para la estimación del daño ocasionado por <i>S. frugiperda</i> en plantas de maíz.	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 5. Variables evaluadas en el rendimiento de maíz en campo abierto.....	31
Cuadro 6. Texturas encontradas en el predio en que se desarrolló el experimento.	40

RESÚMEN

Bajo el supuesto de que la fertilización del suelo influye las características químicas del suelo, el rendimiento del cultivo y su susceptibilidad a plagas, e influye en el desarrollo de la plaga que se alimenta de él, se realizaron dos experimentos. El primer experimento fue trifactorial en bloques al azar, realizado en plantas de maíz “Bolita” de diferente coloración (factor 1), con diferente tipo de fertilización (factor 2), con y sin inoculación de *S. frugiperda* (factor 3), se midieron características químicas del suelo, se evaluó el daño en la planta por *S. frugiperda*, se evaluaron características morfológicas de la planta, la cosecha y el rendimiento. El segundo experimento se realizó en laboratorio en un arreglo completamente al azar, se alimentaron larvas de *S. frugiperda* con maíz bajo diferente fertilización y se midió su desarrollo. Se encontró que los cambios en las características del suelo no pueden ser atribuidos a la fertilización. La fertilización influye la incidencia del daño en las plantas, así como características morfológicas. La infestación por *S. frugiperda* disminuye el diámetro del tallo, el ancho y longitud de las hojas. El rendimiento no es afectado por la fertilización, la población de maíz o la infestación de *S. frugiperda*. La fertilización aplicada a las plantas si afecta el desarrollo de *S. frugiperda*, con composta las larvas pasan mayor tiempo en estado larval, presentan menor longitud y peso en todos los instares. Mineral presenta menos instares, mayor longitud y peso de las larvas. El desarrollo de la pupa no es afectado por la fertilización.

ABSTRACT

Under the assumption that soil fertilization influences the chemical characteristics of soil, crop yield and susceptibility to pests, and influences the development of the pest that feeds him, two experiments were performed. The first experiment was randomized block trifactorial held in corn plants "Bolita" different color (factor 1), with different fertilization (factor 2), with and without inoculation of *S. frugiperda* (factor 3), it measured chemical characteristics of soil, plant damage was assessed by *S. frugiperda*, morphological characteristics of the plant, harvest and yield were evaluated. The second experiment was conducted in the laboratory in a completely random arrangement, *S. frugiperda* larvae under different fertilization, corn fed and development was measured. It was found that changes in soil characteristics can not be attributed to fertilization. Fertilization influences the incidence of damage in plants and morphological characteristics. *S. frugiperda* infestation stem diameter decreases, the width and length of the sheets. The performance is not affected by fertilization, the population of corn or *S. frugiperda* infestation. Fertilization applied to plants if it affects the development of *S. frugiperda*, with compost larvae spend more time in larval state, have shorter length and weight in all instars. Mineral has fewer instars, greater length and weight of larvae. Pupal development is not affected by fertilization.

LA FERTILIZACIÓN DEL SUELO EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ BOLITA Y EL DESARROLLO DE *Spodoptera frugiperda* (Smith)

1.- INTRODUCCIÓN

La agricultura contribuye al deterioro ambiental con el uso de abonos sintéticos, plaguicidas y combustibles para su aplicación. Pese a las grandes cantidades de plaguicidas aplicadas en los campos agrícolas, las pérdidas por plagas no se han reducido; los daños directos e indirectos al entorno, al suelo, la salud humana y animal, y por supuesto a la economía de los productores, obligan a buscar una alternativa amigable con el ambiente y productiva.

El cultivo del maíz es de gran importancia, por ser base de la alimentación de los mexicanos, su principal plaga es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith), el cual puede atacar en cualquier etapa vegetativa de la planta. El control químico no ha logrado contener sus poblaciones, por lo que es necesario encontrar una alternativa para lograrlo.

Muchos estudios relacionan la nutrición de cultivos con el ataque de insectos plaga (Altieri y Nicholls, 2006; Wiseman & Davis 1979). El manejo de la fertilidad del suelo influye en la calidad de las plantas, que a su vez repercute en la abundancia, comportamiento y desarrollo de los insectos plaga (Nicholls 2010; Altieri y Nicholls, 2006; Morales *et al.* 2001; Flores, 2000; Phelan *et al.*, 1995; Luna 1988).

Los objetivos de este trabajo son: i) evaluar los cambios físicos y químicos del suelo después de la fertilización, ii) registrar la infestación de las plantas de maíz con *S. frugiperda*, iii) evaluar el rendimiento de maíz, iv) registrar los cambios en el ciclo de vida de *S. frugiperda* al alimentarse con hojas de maíz provenientes de plantas con distinto manejo de la fertilidad del suelo.

2.- MARCO TEÓRICO

2.1 Maíz

El maíz es el cultivo más biodiverso de todos (ARS/USDA, 2010), se considera que existen en el continente americano entre 220 y 300 razas de maíz (Brown y Goodman, 1977; Vigouroux *et al.*, 2008). México es un reservorio activo de diversidad genética en maíz, según diferentes autores e instituciones, se salvaguardan entre 41 y 65 razas (Ortega-Paczka *et al.*, 1991; Sánchez *et al.*, 2000; LAMP, 1991; Kato *et al.*, 2009).

2.1.1 Importancia del maíz

En ningún otro país de América, el maíz ha llegado a convertirse en un elemento tan preponderante en la vida social y económica del pueblo como en México (Welhausen *et al.*, 1951), pues el maíz forma parte de la dieta de la mayoría de los mexicanos (Reyes, 1990) y aporta de 32 a 55% de proteína en la nutrición. El cultivo de maíz cubre el 33% de la superficie cultivada del país, con aproximadamente 7.5 millones de has (SIAP, 2014). Es un cultivo básicamente de zonas de temporal, al que se dedican más de 2.5 millones de agricultores (Massieu & Lechuga, 2002).

En el periodo de octubre 2012 a enero 2016, la producción de maíz osciló de 21 a 25 millones de ton, en tanto que el consumo nacional entre 19 y 27 millones de toneladas. De ellas, al consumo humano se destinan aproximadamente 12 millones de toneladas, y al consumo pecuario de 7 a 15 millones toneladas. En

este mismo periodo se han importado cerca de 11 millones de toneladas (SAGARPA, 2016).

2.1.2 El cultivo de maíz en Oaxaca

En Oaxaca, el 41% de la superficie cultivable es ocupada por maíz, estimada en 577,000 has (SIAP, 2014). La producción estatal es de 647 mil ton, con un rendimiento promedio anual de 1.19 ton ha⁻¹ (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

Debido a la situación geográfica en la que se ubica, con alta variación climática, topografía variada, diferentes tipos de suelos, facilidad de entrecruzamiento de esta especie y, principalmente, al gran número de grupos étnicos que han formado diferentes variedades criollas mediante selección a través de miles de años, el estado de Oaxaca posee gran diversidad local de maíces nativos (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006), los cuales se cultivan en el 90% de la superficie dedicada a la especie en Oaxaca.

Las poblaciones de maíces nativos presentan características como precocidad y resistencia a factores adversos (Ángeles *et al.*, 2010). Aragón-Cuevas *et al.*, (2006) han reportado 35 razas nativas cultivadas en Oaxaca, lo que representa el 70% del total de las 41 razas de México reportadas por Ortega (2003). Las razas predominantes son Ancho, Arrocillo, Bolita, Comiteco, Conejo, Zapalote chico, Cónico, Olotón y Mushito. Se presenta una alta diversidad de colores de grano, predomina el blanco con un 62.9%, amarillo con 20.1%, azul 7.0%, negro 3.4%, naranja con 2.0% y rojo 1.4%.

2.1.3 Maíz raza bolita

El maíz bolita, con distribución y origen en los Valles Centrales de Oaxaca, es una raza que se ha desarrollado desde la época de la conquista, se distribuye desde los 1010 a 2350 msnm. Se cultivan alrededor de 80,000 has en los Valles Centrales. Se caracteriza por la forma redonda de la mazorca, que éstas son cortas, provistas de una buena cobertura y con pocas hileras, de granos también redondos. Planta con altura de 220 a 280 cm. Raza precoz, con 60 a 72 días a floración, 110 a 135 días a cosecha; colores variados. Selección genética para: tolerancia a sequía, de varios colores de grano, pigmentos. Su importancia culinaria regional contempla atributos recomendables para la elaboración de tortilla, en específico de la tlayuda (Aragón-Cuevas 2008; 2011).

Welhausen *et al.*, (1951) en su descripción de la raza nos muestra los siguientes datos promedio:

Caracteres de la planta

Altura: 2.0 m

Número de hojas: 13.5

Anchura de las hojas: 9.2 cm

Longitud de las hojas: 77.8 cm

Índice de venación: 3.14

Caracteres de la espiga

Longitud: 40.4 cm

Número de ramas: 17.4

Índice de condensación: 1.27

Caracteres de mazorca

Longitud: 11.6 cm

Diámetro: 4.2 cm

Número de hileras: 10.2

Diámetro del pedúnculo: 9.8 mm

Anchura del grano: 10.4 mm

Espesor del grano: 4.1 mm

Longitud del grano: 12.3 mm

Diámetro del olote: 26.7 mm

Número de días para la antésis: 98

En la raza de maíz bolita hay variedades de grano pigmentado, los pigmentos pueden ser carotenoides (endospermo amarillo), antocianinas (pigmentos rojos o púrpuras en endospermo, embrión, capa de aleurona, pericarpio, glumas y mazorca) y otros flavonoides (colores café en partes del grano o mazorca) (Poneleit, 2001). Se cosechan aproximadamente 300 mil toneladas de grano de color (Antonio *et al.*, 2004).

2.1.4 Factores limitantes para la producción de maíz en Oaxaca

Muchos son los factores que limitan el rendimiento y productividad del maíz, como sequías, heladas, inundaciones, fertilidad de los suelos, malezas, plagas y enfermedades (Muñozcano, 2011) entre otros factores como los político-sociales (Aragón-Martínez, 2011).

2.1.5 Plagas del maíz

El maíz, al igual que otras especies vegetales explotadas agrícolamente por el hombre, posee un conjunto de consumidores biológicos que encuentran en ésta los recursos indispensables para su vida (Clavijo & Pérez, 2000), los cuales al encontrar un ambiente favorable, aumentan su densidad poblacional, convirtiéndose en plagas, que si no son controladas pueden llegar a reducir de manera directa o indirecta el rendimiento.

En el maíz podemos encontrar plagas de la raíz, forraje o fruto, que causan grandes daños desde la emergencia del cultivo hasta la cosecha. Las plagas principales son: 1) en raíz: gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), gusano de alambre

(*Elateridae*, *Agrotis* sp.), larvas de diabrotica (*Diabrotica undecimpunctata*), gusano trozador (*Agrotis ipsilon*). 2) en follaje: Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano saltarín (*Elasmopalpus lignosellus*), gusano peludo (*Estigmene acrea*), pulgón del cogollo (*Rhopalosiphum maidis*), trips negro (*Hercotrips phaseoli*), chicharrita (*Dalbulus maidis*), Diabrotica (*Diabrotica balteata*). 3) en el fruto Gusano elotero (*Helicoverpa zea*) (INEGI, 1997).

2.2 Spodoptera frugiperda

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), es una plaga polífaga de amplia distribución, se encuentra en todos los pisos térmicos tropicales y subtropicales, desde los 0 a los 2000 msnm (Álvarez, 1991) y se considera la plaga más destructiva del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) (Martínez *et al.*, 2004). Su importancia económica y ambiental radica en las pérdidas que ocasiona a los cultivos, los costos de control y la contaminación producida por los agroquímicos empleados (Zamora *et al.*, 2008).

Puede llegar a causar daños que van del 15 al 50%, según la edad de la planta (García *et al.*, 1998). Zerbino & Fassio (1991) determinaron que las plantas atacadas rindieron 20% menos que las plantas sanas cuando el daño fue detectado en 8-10 hojas y se prolongó hasta estados más avanzados de 10-12 hojas. En Brasil se reportan pérdidas de hasta 100% de la producción (Ávila *et al.*, 1997). Clavijo & Pérez (2000) anuncian que la magnitud del daño depende de

cuan “solos” se encuentren las plantas de maíz en el campo y del desarrollo alcanzado por dichas plantas al momento del ataque.

Diversos autores han mencionado la capacidad de esta plaga para sobrevivir todo el año en áreas tropicales (Mitchell *et al.*, 1974; Sparks, 1979; Silvain & Ti-A-Hing, 1985; Mitchell, 1985; Pair *et al.*, 1986; Mitchell *et al.*, 1991) donde sus poblaciones tienden a fluctuar con los cambios estacionales de las lluvias, con densidades bajas en la estación seca. A diferencia de otras especies de insectos de regiones templadas, esta plaga no tiene mecanismos de diapausa y, debido a esto, su supervivencia es posible a lo largo de todo el año en áreas donde las temperaturas por debajo 9,9°C son raras (Mitchell *et al.*, 1974). Según Mitchell *et al.*, (1991) los vientos favorecen los movimientos poblacionales de la plaga, pueden avanzar hasta nueve metros (Sparks, 1979).

2.2.1 Ciclo de vida

Los adultos son palomillas de color pardo moteado, duran de 4 a 8 días, dependiendo de las condiciones ambientales. Presentan una extensión alar de 20 a 35 mm de largo. En el macho las alas son de color pardo claro, con marcas oscuras y líneas irregulares pálidas en el centro, mientras que las de la hembra son más oscuras y grisáceas, con diseños menos notorios; su desarrollo y capacidad reproductiva se ven favorecidas a temperaturas entre los 20° y 30°C. Las hembras prefieren ovipositar en superficies rugosas que en superficies suaves (Morón y Terrón, 1988; Clavijo *et al.*, 1991; Rojas *et al.*, 2003).

Los adultos, de hábitos nocturnos, vuelan cerca de las plantas deseables para la alimentación, oviposición y cópula. Los machos responden al llamado de la hembra fértil a grandes distancias, dependiendo de la temperatura y velocidad del viento. Las hembras copulan una única vez. El pico de la actividad de apareamiento se da a media noche, dependiendo de la temperatura y la época del año (Sparks, 1979).

Cada hembra oviposita durante su vida, de alrededor de 10 días, entre 500 y 2000 huevos, éstos son colocados en grupos de 40, 150, 300 y hasta 1500 (Borbolla, 1981; Urretabizkaya, 2010). Los huevos, independientemente de la edad y tamaño del cultivo, son colocados sobre las hojas situadas, preferentemente, en la parte media de la planta, en el envés de la hoja y hacia la parte inferior de la misma (García, 1982), cubiertos por las escamas de la hembra. La incubación va de dos a cuatro días en temperaturas de 21 a 26°C (Sparks, 1979), Flores (2000) reporta para Colima de uno a tres días.

La fase larvaria pasa normalmente por seis instares (Clavijo y Pérez, 2000), pero puede llegar a ocho (Sosa, 2002). La duración de la fase larvaria, y del resto de las fases, depende directamente de la temperatura (Clavijo y Pérez, 2000). Las larvas completan su ciclo en 14 días (Clavijo y Pérez, 2000); aunque Urretabizkaya (2010) menciona que esta fase varía de 15 a 30 días.

El cuerpo de la larva es de color blanco cremoso cubierto de pequeños puntos negros pubescentes y cabeza negra, con sutura epicraneal bien marcada y en

forma de “Y” invertida blanquecina; al momento de la emergencia miden entre 1 y 1.5 mm de longitud, después de 15 a 24 días de nacidas, alcanzan el máximo desarrollo, llegando a medir entre 34 a 44 mm de longitud (Morales *et al.*, 2010).

Las larvas son activas durante el día y la noche (Urretabizkaya, 2010). Durante los dos primeros instares, las larvas roen la epidermis de las hojas, dejando manchas translúcidas; a partir del tercer instar, consumen toda la lámina foliar dejando huecos irregulares en el follaje, luego migran hacia el cogollo, donde encuentran protección (Sosa, 2002). El mayor consumo, 80% de la ingesta, lo realizan en los dos últimos estadios (Alvarez, 1991; Murillo, 1991).

Las pupas son de tipo obtecta, de color pardo rojizo, con el protórax más oscuro. Normalmente se encuentran enterradas en el suelo: La pupa mide de 15 a 18 mm de longitud, dura aproximadamente entre 6 y 17 días (Urretabizkaya, 2010; Morales *et al.*, 2010). Vickery (1929) menciona que la etapa de pupa va de 7 a 37 días, dependiendo de la longitud de la pupa y la temperatura.

Cuando la palomilla sale de la celda pupal, busca la forma de salir a la superficie, se adhieren a las plantas y en la primera noche de sus vidas sólo se alimentan, a la segunda noche comienzan a aparearse (Sparks, 1979).

2.2.2 Daño de *S. frugiperda* en maíz

Como parte del proceso de alimentación, las larvas realizan diferentes tipos de daño físico, el cual, tendrá un impacto sobre el cultivo según el estado de crecimiento de la planta, el estado fisiológico de la misma, la parte atacada y, por

supuesto, el tamaño de las larvas y el de la población responsable del ataque (Clavijo y Pérez, 2000).

El daño en forma de raspado e ingestión de la epidermis superior y del mesófilo de las hojas, es ocasionado por larvas pequeñas, deja en la superficie de las hojas unas pequeñas “ventanas” de forma irregular, pero según Clavijo y Pérez, (2000) éste es de escasa o nula significación económica, mientras que Hernández (1989) menciona que las pérdidas del área foliar causadas por el ataque de cogollero, afecta la actividad fotosintética de las plantas, manifestándose estos daños, de manera indirecta en la disminución del rendimiento por hectárea. Casmuz *et al.*, (2010) indican que cuando afecta las plantas jóvenes, los daños pueden ser totales, mientras que si afecta las plantas en estados fenológicos avanzados, pueden reponerse de la defoliación llegando a una producción normal.

Otro tipo de daño lo representa el corte de plantas jóvenes a nivel de la base del tallo, generando la pérdida irremediable de la planta (Clavijo y Pérez, 2000).

La forma de daño más común, tiene que ver con la migración de las larvas desde el lugar donde ocurrió la oviposición hacia la zona de la yema apical o “cogollo”. En presencia de más de una larva grande, la zona del cogollo de la planta se muestra con una apariencia sucia, con excrementos, y las hojas que emergen con orificios en forma de ventana o con las hojas desgarradas y, en algunos casos, llegan a presentar trozos de tejidos colgantes (Clavijo y Pérez, 2000).

Algunas veces, las larvas se alimentan de las panojas tiernas recién salidas (García & Clavijo, 1989).

Eventualmente, las mazorcas pueden ser dañadas por esta especie, en caso de alta población del insecto, facilitando la proliferación de microorganismos y el acceso de otros insectos (Clavijo y Pérez, 2000).

2.2.3 Control

El control de *S. frugiperda* se realiza mediante varios métodos:

1) Control químico. Es el más comúnmente empleado, pero a través del tiempo el insecto ha adquirido resistencia. La aplicación de insecticidas como Clorpirifos, Deltametrina, Lambdacialotrina, Permetrina y Triclorfon en las horas de mayor humedad, no han dado buenos porcentajes de control de *Spodoptera frugiperda* (Gassen, 1993). Blanco *et al.*, (2010) reportan que se usan más de tres mil toneladas de ingrediente activo por año para combatir al gusano cogollero, sin lograr reducir las pérdidas causadas por esta plaga.

2) Control biológico. Entre enfermedades, depredadores y parasitoides, se han reportado más de 40 agentes de control biológico que afectan de forma natural las poblaciones de *S. frugiperda* (Molina-Ochoa *et al.* 2004; Bahena *et al.*, 2002; Cruz-Sosa *et al.*, 2010; Martínez-Martínez *et al.*, 2011; Cortez-Mondaca *et al.* 2012; Estrada-Virgen *et al.* 2013, Martínez-Martínez *et al.*, 2013).

3) Control integrado de plagas, dentro de este diseño podemos explotar las opciones de fertilidad del suelo (Altieri y Nicholls, 2006) y razas de maíz resistentes al ataque de *S. frugiperda* (Wiseman, 1985).

Painter (1951) clasificó la resistencia de plantas en tres categorías a las que definió como mecanismos de resistencia: no preferencia, antibiosis y tolerancia.

2.3 Fertilidad del suelo

Phelan *et al.*, (1995) indican que la fertilidad del suelo reduce la susceptibilidad de las plantas a las plagas. Pues el manejo de la fertilidad influencia la calidad de las plantas (Chaboussou, 1987), y un incremento en el contenido de nutrientes en ella, puede incrementar su aceptabilidad como recurso alimenticio para las poblaciones de plagas (Altieri y Nicholls, 2006), lo cual, repercute en la abundancia, comportamiento y desarrollo de los insectos plaga, así como en los niveles subsecuentes de daño por herbívoros (Wiseman & Davis 1979, Flores, 2000), pues la disponibilidad de nutrientes en el suelo no sólo afecta el grado de daño que las plantas reciben de los herbívoros, también afecta la habilidad de ésta para recuperarse de la defoliación (Meyer, 2000).

Manipular la nutrición del cultivo puede influir en los niveles de resistencia hacia *S. frugiperda* (Wiseman y Davis 1979). Se sabe que los abonos orgánicos, como la composta y vermicomposta, los microorganismos benéficos (biofertilizantes), sustancias húmicas, entre otros, pueden aportar una mayor eficiencia en el

aprovechamiento de los nutrientes por los cultivos (Ochoa *et al.*, 2009 García *et al.*, 2013).

Nicholls (2010) y Luna (1988) sugieren que la susceptibilidad fisiológica de las plantas puede verse afectada por el tipo de fertilizante utilizado. Según Nicholls (2010), Oka & Pimentel (1976), el exceso de fertilizante mineral puede alterar la bioquímica nutricional de las plantas al influir en la producción de azúcares, aminoácidos libres y proteínas; altas dosis de nitrógeno pueden resultar en altos niveles de daño por herbívoros en los cultivos, como se vio en Patzún, Guatemala, donde los agricultores reconocen el incremento de poblaciones plagas en su milpa desde la introducción de fertilizantes sintéticos (Morales, 1998).

En estudios hechos con maíz y *Spodoptera frugiperda*, Luna (1988b) reporta que el gusano incrementa sus poblaciones con el incremento de la fertilización nitrogenada. Mientras que Morales *et al.* (2001) reportan una correlación negativa entre *S. frugiperda* y el contenido de nitrógeno en el maíz; esto puede deberse a que el maíz produzca mayor cantidad de proteínas inhibitoras de la digestión con el incremento de la concentración de nitrógeno (Herms & Mattson, 1992, Morales *et al.*, 2001).

Si las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo influyen la calidad de las plantas, que a su vez repercute en el comportamiento, desarrollo e incluso el estado de nutrición de los insectos plaga (Phelan *et al.* 1995; Altieri y Nicholls, 2006; Chaboussou, 1987; Wiseman y Davis 1979; Hernández, 1994), se tendría

que manejar la fertilidad del suelo como un método de control. Se sabe que los abonos orgánicos pueden aportar una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes (García *et al.*, 2013), Nicholls, (2010) reporta que el uso de fertilizantes minerales en maíz, disminuyen su resistencia a plagas.

2.3.1 Fertilización biológica (biofertilizantes)

Mediante el entendimiento de la actividad de los microorganismos en las propiedades del suelo y en la planta misma, su uso se ha considerado como un elemento importante en la agricultura (Alarcón & Ferrera-Cerrato, 2000).

Los microorganismos pueden ser categorizados con base a efectos deletéreos, benéficos o neutros, en lo que respecta a la nutrición y sanidad de la planta (Alarcón & Ferrera-Cerrato, 2000).

Existen bacterias que se asocian al sistema radical de diversas gramíneas y su actividad propicia la fijación de nitrógeno en estas plantas y la promoción del crecimiento. Géneros bacterianos como *Azospirillum*, *Beijeriencia*, *Dexia*, *Azotobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*, han sido descritos en asociación con gramíneas como maíz, trigo, caña de azúcar, arroz, pastos tropicales y otros cultivos (Bashan *et al.*, 1989; González, 1994; Espinosa *et al.*, 1995; Ramírez-Gama y Luna-Millán, 1995; Arteaga, 1997; Bashan, 1998; Han & New, 1998, Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

La incorporación del componente simbiótico como el Hongo Micorrízico Arbuscular, permite que tanto el sistema fotosintético de la planta y la actividad de

la enzima nitrogenasa, se benefician por tener disponibilidad de fósforo propiciado por la actividad fúngica (De la Cruz *et al.*, 1988; Werner, 1992, Alarcón & Ferrera-Cerrato, 2000).

2.3.2 Fertilización orgánica

La adición de residuos vegetales o estiércoles incrementa la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo, que en los cultivos varía de 100 a 600 mg kg⁻¹ (Anderson & Domsch, 1989, García *et al.*, 2013).

López-Martínez *et al.* (2001) reportan que la aplicación de composta con dosis de 20 t ha⁻¹ en el suelo aumenta la Materia Orgánica (M. O.), N y P, y aumentó el rendimiento de maíz.

La fracción líquida que se obtiene del proceso de compostaje se conoce como lixiviado, presenta como ventaja una densidad más uniforme (Simpson, 1986). Los lixiviados son ricos en elementos nutritivos, contienen microorganismos y se caracterizan por una coloración negra. Los lixiviados han sido considerados, tradicionalmente, como un fertilizante líquido orgánico. Este material se utiliza para el control de plagas y enfermedades, puesto que tienen una gran abundancia y diversidad de microorganismos benéficos, pero no son considerados bioplaguicidas (Litterick *et al.*, 2004).

2.3.3 Fertilización mineral

Una alta aplicación de fertilizante N puede aumentar el rendimiento y mejorar la composición de proteínas y aminoácidos en los productos agrícolas (Yu-kui *et al.*,

2009), pero el uso excesivo se ha convertido en un problema ambiental en muchos lugares del mundo (Butler *et al.*, 2007). La aplicación excesiva e inapropiada de fertilizantes minerales puede ocasionar contaminación de aguas subterráneas por nitratos (Ju *et al.*, 2006; Thorburn *et al.*, 2003) eutrofización de aguas (Paerl *et al.*, 2006) y emisión de gases de efecto invernadero que influyen al calentamiento global (Scheer *et al.*, 2008).

3.- OBJETIVO E HIPÓTESIS

3.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de diferentes formas de manejo de la fertilidad del suelo en el rendimiento de maíz en invernadero y campo abierto, así como en el desarrollo de *Spodoptera frugiperda* Smith.

3.2 Objetivos particulares

- Evaluar los cambios en indicadores químicos y biológicos del suelo después de la aplicación de las diferentes formas de manejo de la fertilidad.
- Estimar el daño producido por *S. frugiperda* en plantas de maíz de tres coloraciones, fertilizadas mineral, orgánica y biológicamente.
- Comparar el rendimiento del maíz de tres coloraciones, con fertilización mineral, orgánica y biológica, con y sin la infestación de *S. frugiperda*.
- Comparar el desarrollo de *S. frugiperda* al ser alimentado con hojas de maíz fertilizado mineral, orgánica y biológicamente.

3.3 Hipótesis

- El manejo de la fertilidad del suelo propicia cambios en los indicadores químicos y biológicos del suelo.
- El daño por *S. frugiperda* está ligado a la fertilización y coloración del maíz.
- La coloración del maíz, la fertilización y la infestación influyen en el rendimiento del maíz.

- El desarrollo de *S. frugiperda* es afectado por la alimentación del maíz.

4.- METODOLOGÍA

4.1 Área de estudio

El trabajo experimental se desarrolló en las instalaciones del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca, entre las coordenadas 17°1'30,56'', 17°1'30.58'', 17°1'29.82'' 17°1'29.83'' LN, y 96°43'11.99'' 96°43'12.41'' 96°43'12.47'' 96°43'11.87'' LO a una elevación de 1530 msnm; en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. El municipio pertenece a la cuenca del río Atoyac, con corrientes de agua de los ríos Atoyac, Nazareno y Valiente. Fisiográficamente, el municipio cuenta en su mayoría con valles de laderas tendidas con lomerío y en menor proporción lomeríos con llanuras. Clima semicálido, con temperaturas que van de 18 a 20°C y precipitación de 600 a 700 mm. Suelo aluvial en su mayoría, el uso de suelo se divide en agricultura y zona urbana, el 23.8% de la vegetación está conformada de pastizal inducido para el uso pecuario (INEGI, 2006).

El trabajo de tesis consistió de dos experimentos generales, realizados en condiciones semicontroladas y en campo abierto: (1) Rendimiento de maíz bolita con fertilización mineral, orgánica y biológica; (2) Desarrollo de *S. frugiperda* Smith en condiciones de laboratorio, alimentado con maíces fertilizados mineral, orgánica y biológicamente.

4.2 Maíz con fertilización mineral, orgánica y biológica en condiciones semicontroladas

4.2.1 Establecimiento del experimento

La siembra de maíz se hizo el 31 de Julio de 2014 en las instalaciones del CIIDIR Oaxaca, bajo condiciones semicontroladas, con la finalidad de reducir la variabilidad de las respuestas a los tratamientos por la irregularidad de los factores externos. Se cultivó la raza bolita con tres poblaciones de distinto color: blanco (proveniente de Cuilapam), azul (colectado en Huitzo), amarillo (proveniente de Ejutla de Crespo). Todas las semillas fueron de la cosecha del año 2013.

Se realizó un experimento trifactorial (3x6x2), con distribución de tratamientos en bloques completamente al azar. Los factores evaluados se observan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Factores evaluados en el experimento de maíz bolita

Factor 1 Poblaciones de maíz bolita	Factor 2 Tipos de fertilización	Factor 3 Infestación con S. frugiperda
a) Blanco	T1= Composta.	1) Con
b) Azul	T2= Vermicomposta.	2) Sin
c) Amarillo	T3= Biofertilización (inoculantes de micorrizas y azospirillum). T4= Sin aplicación de fertilizantes (testigo negativo). T5= Mineral (testigo positivo). T6= Lixiviado.	

Resultando de la combinación de factores y niveles: 36 tratamientos, cada tratamiento con 5 repeticiones. Para la siembra se desinfectó la semilla en 3 L de agua con 5 mL de hipoclorito de sodio en solución, se sumergió la semilla por 5 minutos y se extendió sobre una superficie para su secado. La distancia entre macetas fue de 0.45 m y la distancia entre líneas de 0.60 m. Se sembraron dos semillas por maceta, a los ocho días de emergencia se realizó el aclareo a una planta por maceta. La unidad experimental fueron tres plantas, cada planta en una maceta de polietileno negro con 4.5 L de suelo y 0.036 m² de superficie, se realizaron cinco repeticiones. Las plantas se regaron manualmente, las dosis de fertilización aplicada se calcularon por maceta (0.036 m²), partiendo de dosis recomendadas (Ver Cuadro 2).

La composta y vermicomposta se adquirió del Consejo Estatal de Fertilizantes Orgánicos (CEFO); ambas se aplicaron una semana antes de la siembra y se mezclaron con el suelo de la maceta.

El lixiviado, fue el fertilizante foliar Bio-chapin ®, su aplicación se hizo con una bomba aspersora Swiss de 15 L, las aplicaciones se hicieron cada ocho días a partir de los 10 días de emergencia de la plántula.

Los fertilizantes biológicos Micorrizas y Azospirillum, adquiridos en el CEFO, se combinaron y ocuparon como una sola fertilización. Los dos inoculantes se mezclaron en 4.8 ml de agua destilada y se revistió la semilla con dicha mezcla, se

dejó secar por unos 10 minutos y se procedió a la siembra. Se hizo una única aplicación de este tratamiento.

Cuadro 2. Dosis de fertilización aplicadas a maíz bajo condiciones semicontroladas.

FERTILIZACIÓN	FERTILIZANTE	DOSIS RECOMENDADA	DOSIS PLANTA ⁻¹	DOSIS APLICADA AL TRATAMIENTO
Orgánica	Composta	10 T ha ⁻¹ (*)	36 g	540 g
	Vermicomposta	10 T ha ⁻¹ (*)	36 g	540 g
	Lixiviado	1 L ha ⁻¹⁽⁺⁾	3.6 x 10 ⁻³ ml	0.054 ml
Biológica	Micorrizas	1 kg ha ⁻¹⁽⁺⁾	3.6 x 10 ⁻³ g	0.054 g
	Azospirillum	280 g ha ⁻¹⁽⁺⁾	1.08 x 10 ⁻³ g	0.015 g
Mineral	Triple 17	60-60-60	1.27 g	19.05 g

La fertilización mineral se realizó con Triple 17 basados en una dosis de 120-60-60, con indicaciones de aplicar 60-60-60 al momento de la siembra y 60-00-00 en la etapa de espigado, pero dicha etapa no se alcanzó y no se realizó la última aplicación.

* Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J.A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J.A., García-Hernández, J.L., Orozco-Vidal, J.A., 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. Terra Latinoamericana 27, 329-336.

+ Dosis recomendada por el producto

Las labores de deshierbe y riego se realizaron de forma manual. Al mes de la siembra se encontraron focos de ácaro rojo y trips, se aplicó como tratamiento agua con jabón. A los 45 días después de la siembra las plantas mostraron deficiencias de Potasio y Nitrógeno, se aplicaron 10 g L⁻¹ de Urea + Fosfato de Potasio Monobásico, el cultivo no presentó más síntomas de estas deficiencias.

Antes de la antesis las plantas se elongaron y se trozó el tallo al llegar a la etapa de hoja bandera, por lo que no se continuó con la evaluación del rendimiento de maíz.

4.2.2 Daño de *S. frugiperda* en plantas de maíz bajo condiciones semicontroladas

En cada repetición, con ayuda de un pincel húmedo, se colocaron dos larvas con un día de edad. A los 14 días de haberse infestado se evaluó el daño en la planta y las larvas se eliminaron. La evaluación del daño en la planta fue visual, se utilizó la escala propuesta por Fernández & Expósito (2000) (Cuadro 3), que según Fernández (2002), es la escala más rápida y confiable para determinar la magnitud del ataque por *S. frugiperda*. Se evaluó hoja por hoja el índice de herbivoría (IH) para cada repetición, mediante la fórmula siguiente:

$$IH = (n_i * i) / N \quad (\text{Dirzo y Domínguez, 1995})$$

Donde

n_i =número de hojas por categoría, i = categoría de herbivoría, N = total de hojas.

Cuadro 3. Escala visual propuesta por Fernández y Expósito, 2000; usada para la estimación del daño ocasionado por *S. frugiperda* en plantas de maíz.

Grado	Características de daño
1	Ningún daño visible, o solamente de 1-3 daños en forma de ventana.
2	Más de 3 daños en forma de ventana, y/o 1-3 daños menores de 10 mm.
3	Más de 3 daños menores de 10 mm, y/o 1-3 daños mayores de 10 mm.
4	De 3-6 daños mayores de 10 mm, y/o verticilo destruido más del 50 %.
5	Más de 6 daños mayores de 10 mm, y/o verticilo totalmente destruido.

4.2.3 Desarrollo de *S. frugiperda*, en condiciones de laboratorio, alimentado con maíces fertilizados mineral, orgánica y biológicamente, bajo condiciones semicontroladas.

Para la evaluación del desarrollo de *S. frugiperda* se dispuso de las plantas de maíz de los distintos tratamientos que fueron sembradas en condiciones semicontroladas, cada tratamiento constó de la interacción del tipo de fertilización x población de maíz, con un diseño experimental bifactorial completo, con cuatro repeticiones.

Este experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Control biológico del CIIDIR-Oaxaca. Las larvas se alimentaron con follaje de maíz de los distintos tratamientos de fertilización. Se midió el tiempo de desarrollo, la longitud y la ganancia en peso.

Se estableció un pie de cría de *S. frugiperda*, para lo cual se colectaron larvas en plantas de maíz sin inflorescencia (Cruz, 2009) en sembradíos cercanos. Las larvas colectadas se colocaron en cajas Petri, un individuo por caja para evitar el canibalismo, y se alimentaron con hojas frescas de maíz hasta que el individuo se transformó en pupa. Las palomillas emergidas se colocaron en bolsas de papel estraza para la oviposición. Los huevos se colectaron diariamente, separados por masa y fecha de recolección dentro de cajas Petri y mantenidos a temperatura ambiente hasta su eclosión. Con esta F1 se comenzó el experimento.

De una misma masa, se extrajeron las larvas de *S. frugiperda* para cada tratamiento. Se colocó una larva por caja Petri, las cajas fueron etiquetadas de acuerdo al tratamiento del cual se alimentarían. La alimentación fue iniciada con la segunda hoja verdadera de maíz, se cortó un pedazo de 3 cm² que se colocó a la larva, el resto de la hoja se refrigeró a 5°C para que cuando fuera necesario, seguir alimentando a las larvas. Se asearon las cajas Petri cada día para poder visualizar las mudas de las larvas, y se llevó el registro de: número de instares, tiempo de desarrollo en cada instar, peso a los 14 y 17 días, peso de pupa a los 8 días; todas las variables se tomaron en cuenta para realizar un análisis de componentes principales.

4.3 Maíz con fertilización mineral, orgánica y biológica en campo

4.3.1 Caracterización del suelo

4.3.1.1 Muestreo del suelo

El procedimiento de muestreo se efectuó de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2001). Se realizaron dos muestreos, uno antes de la siembra y otro después de la cosecha de maíz. En el terreno experimental se tomaron muestras compuestas de las 36 parcelas del experimento de rendimiento de maíz bolita.

En cada parcela experimental se realizó un submuestreo en “5 de oros” a una profundidad de 0 a 20 cm, cada submuestra con un peso aproximado de 450 g. Se formaron 18 muestras compuestas para la caracterización del suelo en donde se estableció el experimento de rendimiento de maíz bolita. Las muestras de suelo se secaron a la sombra sobre una superficie de plástico, se molieron con un mazo de madera, se pasaron por un tamiz de 2 mm de diámetro de acero inoxidable y se homogeneizaron (NOM-021-SEMARNAT-2000).

4.3.1.2 Análisis de suelo

El análisis de parámetros químicos de las muestras de suelo se efectuó en el Laboratorio de Suelos del CIIDIR-Oaxaca, utilizando las técnicas descritas en la NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2001).

La Textura se analizó por el procedimiento de Bouyoucos, con el método AS-09. Tomando en cuenta las características fisiográficas del terreno al hacer el muestreo, se decidió realizar este análisis solo para los puntos cardinales del predio.

El pH se analizó por el método electrométrico en una suspensión sobrenadante de una mezcla de relación suelo:agua 1:2, utilizando un potenciómetro de la marca Hanna. Se siguió el método AS-02.

La Conductividad eléctrica se midió con un potenciómetro de lectura directa de la marca Hanna, previamente calibrado.

Materia orgánica. El procedimiento se realizó a través de la técnica AS-07, basado en el método combustión húmeda de Walkey y Black. Se obtuvo el contenido de carbono orgánico y se transformó a porcentaje de materia orgánica.

Estimación de Nitrógeno total. Los cálculos se hicieron mediante la fórmula $y=0.1105x+0.0116$ propuesta por (Sanz *et al.*, 1975), donde x es el porcentaje de carbono orgánico analítico, determinado por el método de Walkey y Black en el apartado de materia orgánica.

El Fósforo aprovechable se analizó a través del método AS-10 para suelos básicos a neutros, siguiendo el procedimiento de Olsen.

4.3.2 Establecimiento del experimento

Los maíces bolita de los colores blanco y azul fueron colectados en San Agustín Amatengo, el maíz amarillo en Guadalupe Etlá, las semillas fueron cosecha del año 2014.

Se realizó un experimento trifactorial (3x6x2), con distribución de tratamientos completamente al azar. Los factores evaluados se presentan en el Cuadro 1.

La combinación de factores y niveles resultó en 36 tratamientos, cada tratamiento se evaluó en una parcela experimental de 6.72 m² de área superficial. La distancia entre plantas fue de 0.30 m y la distancia entre hileras de 0.80 m, el área superficial por planta fue de 0.24 m², se establecieron 28 plantas por parcela experimental (6.72 m²) de las cuales se evaluaron 10 repeticiones (parcela útil, 2.40 m²). La unidad experimental fue una planta. Se depositaron tres semillas por golpe de siembra, a los 10 días de emergencia se raleó dejando una planta por golpe.

El experimento se realizó en condiciones de riego rodado, las dosis de fertilización aplicada se calcularon para la superficie total de la parcela, partiendo de dosis recomendadas (Ver Cuadro 4).

La composta y la vermicomposta se adquirieron con un locatario. Ambas se aplicaron en los surcos dos días antes de la siembra, y se cubrieron con suelo después de su aplicación.

El lixiviado es el fertilizante foliar Bio-chapin ®, su aplicación se hizo con una bomba aspersora Swiss, las aplicaciones se realizaron semanalmente desde los 10 días de emergencia de la plántula hasta la etapa de hoja bandera.

Los fertilizantes biológicos Micorrizas y Azospirillum provenientes del CEFO fueron combinados ocupándose como una sola fertilización. Ambos productos se mezclaron en 4.8 mL de agua destilada y se revistió la semilla con dicha mezcla, se dejaron secar por unos 10 minutos y se procedió a la siembra. Sólo se hizo una aplicación de este tratamiento.

Cuadro 4. Dosis de fertilización empleadas para el cultivo de maíz bolita en campo abierto

FERTILIZACIÓN	FERTILIZANTE	DOSIS RECOMENDADA	DOSIS PLANTA ⁻¹	DOSIS APLICADA A LA PARCELA
Orgánica	Composta	10 T ha ⁻¹ (*)	240 g	6.7 kg
	Vermicomposta	10 T ha ⁻¹ (*)	240 g	6.7 kg
	Lixiviado	1 L ha ⁻¹⁽⁺⁾	0.024 ml	0.672 ml
Biológica	Micorrizas	1 kg ha ⁻¹⁽⁺⁾	0.024 g	0.67 g
	Azospirillum	280 g ha ⁻¹⁽⁺⁾	0.00672 g	0.19 g
Mineral	Triple 17	120-60-60	8.47 g	237.1 g
	UREA		3.14 g	87.9 g

* Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J.A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J.A., García-Hernández, J.L., Orozco-Vidal, J.A., 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. Terra Latinoamericana 27, 329-336.

+ Dosis recomendada por el producto

La fertilización mineral estuvo compuesta de Triple 17 y Urea, se aplicó una dosis de 60-60-60 al momento de la siembra y 60-00-00 en el espigado.

Se realizaron las labores del cultivo correspondientes, el deshierbe se hizo de forma manual, al igual que el aporque. A los ocho y 21 días después de la siembra se combatió la llegada natural de gusano cogollero con la aplicación de un bio-repelente a base de ajo, el preparado se realizó de acuerdo a las recomendaciones de Rodríguez (2005) y se eliminaron larvas de manera manual.

4.3.3 Daño de *S. frugiperda* en plantas de maíz en campo

A las seis semanas de la siembra, la mitad del experimento se infestó con larvas de *S. frugiperda* con un día de haber eclosionado. En cada planta se colocaron, con un pincel húmedo, dos larvas; éstas se dejaron sobre las plantas por un periodo de 8 días. Al fin del periodo se realizó una evaluación del daño causado por la herbivoría de *S. frugiperda* siguiendo la escala visual propuesta por Fernández y Expósito (2000) (Ver Cuadro 3). Se calculó el índice de herbivoría para cada repetición mediante la fórmula (Dirzo & Domínguez, 1995):

$$IH=(n_i * i)/N$$

Donde:

n_i =número de hojas por categoría

i = categoría de herbivoría

N = total de hojas

La variable de daño se conjuntó con las variables del experimento de desarrollo de *S. frugiperda* para el análisis de componentes principales.

4.3.4 Crecimiento y rendimiento de maíz

Estas variables se registraron a los 30 y 60 días después de la siembra (DDS) y en el momento de la cosecha, tanto para las plantas infestadas con *S. frugiperda* como las que no fueron infestadas. Las variables evaluadas se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Variables evaluadas en el rendimiento de maíz en campo abierto.

30 DDS	60 DDS	COSECHA
Altura de la planta	Altura de la planta	Número de mazorcas por tratamiento
Diámetro del tallo	Diámetro del tallo	Peso de mazorca
	Datos de 3 hojas	Peso de olote
	Longitud Ancho	Peso de grano

4.3.5 Desarrollo de *S. frugiperda* alimentado con maíces fertilizados mineral, orgánica y biológicamente

Para valorar el desarrollo de *S. frugiperda*, las larvas fueron alimentadas con hojas de maíz provenientes de la parcela experimental de evaluación del rendimiento de maíz. El diseño experimental fue completamente al azar con diferente número de repeticiones.

Se estableció un pie de cría de *S. frugiperda* para lo cual se colectaron larvas en plantas de maíz sin inflorescencia (Cruz, 2009) colectadas a campo abierto. Las larvas colectadas se colocaron en cajas Petri, un individuo por caja, y se

alimentaron con hojas frescas de maíz hasta que el individuo se transformó en pupa. Al emerger, las palomillas se colocaron en bolsas de papel estraza para la oviposición. Los huevos se colectaron diariamente, separados por masa y fecha de recolección dentro de cajas Petri. Se mantuvieron a temperatura ambiente hasta su eclosión. Con estas larvas se comenzó el experimento.

De una misma masa, se extrajeron las larvas de *S. frugiperda* para cada tratamiento. Se colocó una larva por caja Petri. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones, la repetición que moría o desaparecía fue remplazada por un nuevo individuo recién emergido.

Al inicio de la cría las larvas fueron alimentadas con 3.5 cm² del follaje de maíz del tratamiento correspondiente, a partir del IV instar se colocaron 5.5 cm² y hasta 14 cm² de follaje diariamente. Cada día, con ayuda del microscopio estereoscópico, se revisaron las cajas buscando la muda para la contabilización del número de instares hasta llegar a pupa. Las cajas se limpiaron diariamente, cuando la larva mudaba, se registró peso y tamaño. Solo algunas larvas llegaron al VIII y IX instar, pero para el manejo de los datos, se tomaron los datos de peso, longitud y días hasta el instar VI, que es el instar al que todos los tratamientos llegaron. Todas las variables evaluadas se corrieron en un análisis de componentes principales.

Datos de longitud y peso de las pupas se tomaron un día después de que puparon.

5. RESULTADOS

5.1 Maíz con fertilización mineral, orgánica y biológica en condiciones semicontroladas

5.1.1 Daño de *S. frugiperda* en plantas de maíz bajo condiciones semicontroladas

El daño provocado por *S. frugiperda* está relacionado con el tipo de fertilización que recibe la planta así como el tipo de población de maíz (Cuadro 6). Plantas fertilizadas con micorrizas-azospirillum son las más dañadas (2.04). Plantas fertilizadas con lixiviado reciben cierta protección y el daño es menor (1.04) aún en plantas de maíz azul y amarillo que son más susceptibles de presentar más daño (1.89 y 1.77 respectivamente). Las plantas de maíz blanco en la presencia de *S. frugiperda* presentan menor daño (1.36) comparado con los otros maíces (Cuadro 6).

Cuadro 6. ANOVA y comparación de medias de Tukey al 95% del daño en planta de maíz por *S. frugiperda*

Valor de p		Tukey 95%			
F.V.		FERTILIZACIÓN		MAÍZ	
Fertilización	< 0.0001	Composta	1.74 ^{ab}	Blanco	1.36 ^b
Maíz	< 0.0001	Vermicomposta	1.70 ^{ab}	Azul	1.89 ^a
Fertilización*Maíz	0.0073	Mico-Azos	2.04 ^a	Amarillo	1.77 ^a
		Testigo	1.93 ^{ab}		
		Mineral	1.58 ^b		
		Lixiviado	1.04 ^c		

P<0.05 Medias con una letra común no son significativamente diferentes

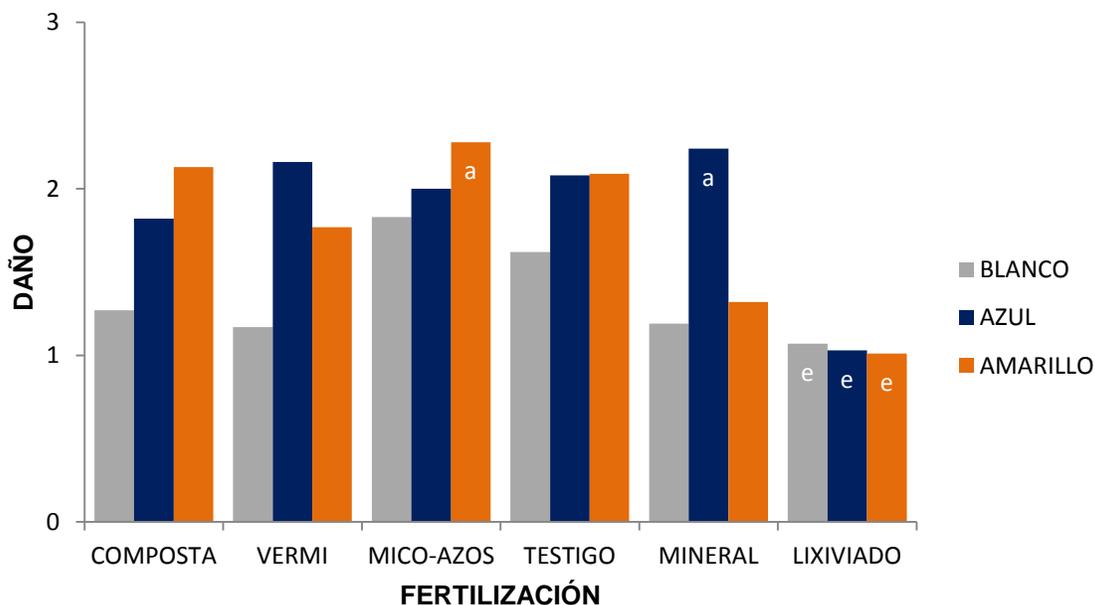


Figura 1. Daño de *S. frugiperda* en plantas de maíz con diferente manejo de la fertilidad del suelo¹.

5.1.2 Desarrollo de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio, alimentada con maíces fertilizados mineral, orgánica y biológicamente.

La cantidad de instares larvales por los que pasa *S. frugiperda* para llegar a etapa de pupa, es afectado por el tipo de fertilización (Cuadro 7), larvas alimentadas con hojas de maíz sin fertilizar presentan más instares (7.08 instares) comparado con las larvas alimentadas con hojas de maíz fertilizado con mineral (6.42 instares) (Cuadro 8).

¹ Comparación de medias de la interacción del factor Fertilización* población de maíz se encuentra en ANEXO 1

La longitud y el peso de larvas y pupas, no se muestran afectados por el tipo de maíz con que se alimentó a las larvas, ni por la fertilización aplicada al maíz (Cuadro 7).

Los factores evaluados si afectan el tiempo de desarrollo. La fertilización incide en el tiempo de desarrollo en el instar V y VI (Cuadro 7). En el instar V, las larvas alimentadas con hojas de maíz fertilizado con micorrizas-azospirillum (2.28 días) se desarrollan más rápido que las larvas alimentadas con maíz fertilizado con mineral (3.81 días) (Cuadro 8). En el instar VI, las larvas alimentadas con hojas de maíz fertilizado con mineral o lixiviado son más tardadas en esta etapa (Cuadro 8)

La población de maíz incide en el tiempo de desarrollo en la etapa larvaria, en el instar I e instar V (Cuadro 7). En el instar I, las larvas alimentadas con maíz amarillo tardan más tiempo que las larvas alimentadas con maíz azul (Cuadro 9). En el instar V, las larvas alimentadas con maíz azul (2.26 días) se desarrollan más rápido que las alimentadas con maíz amarillo (3.13 días) (Cuadro 9). *S. frugiperda* tarda más tiempo en estado larvario cuando se alimenta con maíz amarillo (24.31 días) (Cuadro 9).

Cuadro 7. ANOVA de desarrollo de *S. frugiperda*

F.V.	INSTAR												
	I		II		III		IV		V			VI	
	Días	Long.	Días	Long.	Días	Long.	Días	Long.	Días	Long.	Peso 14D	Días	Peso 17D
Fertilización	0.107	0.203	0.121	0.367	0.346	0.208	0.226	0.426	0.036	0.325	0.478	0.050	0.054
Maíz	0.010	0.430	0.611	0.818	0.354	0.307	0.121	0.915	0.046	0.232	0.146	0.207	0.101
Fert*maíz	0.082	0.160	0.165	0.409	0.956	0.975	0.667	0.842	0.934	0.580	0.681	0.274	0.630

P<0.05

Cuadro 7. Continuación

F.V.	LARVA		PUPA	
	# Instar	Días	Días	Peso
Fertilización	0.020	0.672	0.811	0.068
Maíz	0.120	0.012	0.171	0.124
Fert*maíz	0.659	0.276	0.081	0.518

P<0.05

Cuadro 8. Comparación de medias de Tuckey al 95% para el factor de Fertilización en el tiempo de desarrollo de *S. frugiperda*.

FERTILIZACIÓN	# INSTARES	DIAS							
		LARVA	INSTAR						PUPA
			I	II	III	IV	V	VI	
Composta	6.83 ^{ab}	22.92 ^a	5.67 ^a	2.42 ^a	2.25 ^a	2.33 ^a	2.42 ^{ab}	3.75 ^b	13.5 ^a
Vermicomposta	6.92 ^{ab}	23.31 ^a	4.78 ^a	2.78 ^a	2.64 ^a	1.89 ^a	2.47 ^{ab}	4.33 ^{ab}	13.36 ^a
Mico-Azos	7.03 ^{ab}	23.64 ^a	5.44 ^a	2.72 ^a	2.08 ^a	2.31 ^a	2.28 ^b	3.61 ^b	13.00 ^a
Testigo	7.08 ^a	23.94 ^a	5.47 ^a	2.36 ^a	2.33 ^a	2.11 ^a	2.89 ^{ab}	3.67 ^b	13.03 ^a
Mineral	6.42 ^b	22.81 ^a	4.78 ^a	2.28 ^a	2.06 ^a	2.44 ^a	3.81 ^a	5.89 ^a	12.86 ^a
Lixiviado	6.50 ^{ab}	23.92 ^a	5.83 ^a	2.00 ^a	2.67 ^a	2.25 ^a	2.92 ^{ab}	5.67 ^a	13.42 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Cuadro 9. Comparación de medias de Tukey al 95% para el factor de población de maíz en el tiempo de desarrollo de *S. frugiperda*.

MAÍZ	# INSTARES	DIAS							
		LARVA	INSTAR						PUPA
			I	II	III	IV	V	VI	
Blanco	6.81 ^a	23.56 ^{ab}	5.24 ^{ab}	2.46 ^a	2.15 ^a	2.29 ^a	3.00 ^{ab}	4.57 ^a	13.6 ^a
Azul	6.96 ^a	22.40 ^b	4.86 ^b	2.31 ^a	2.35 ^a	2.03 ^a	2.26 ^b	3.81 ^a	13.14 ^a
Amarillo	6.63 ^a	24.31 ^a	5.89 ^a	2.51 ^a	2.51 ^a	2.35 ^a	3.13 ^a	5.08 ^a	12.85 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Al agrupar todas las variables y realizar un análisis de componentes principales (Figura 2), se observa que con los dos primeros componentes se explica el 94.34% de la variación. Las variables de peso de la larva de *S. frugiperda* a los 17 días (0.846 valor descriptivo en CP1) y el peso de la pupa (0.247 valor descriptivo en CP1 y 0.955 en CP2), son las características con mayor peso.

En el cuadrante 1, según las manecillas del reloj, observamos las larvas alimentadas con maíz azul fertilizado con composta, vermicomposta y lixiviado, están más cargadas al peso de la larva a los 17 días.

En el segundo cuadrante observamos que las larvas alimentadas con maíz bajo fertilización mineral, presentan pupas con bajo peso.

En el tercer cuadrante tenemos que larvas alimentadas con maíz blanco y amarillo sin fertilizar presentan bajo peso de larvas a los 17 días y de pupas.

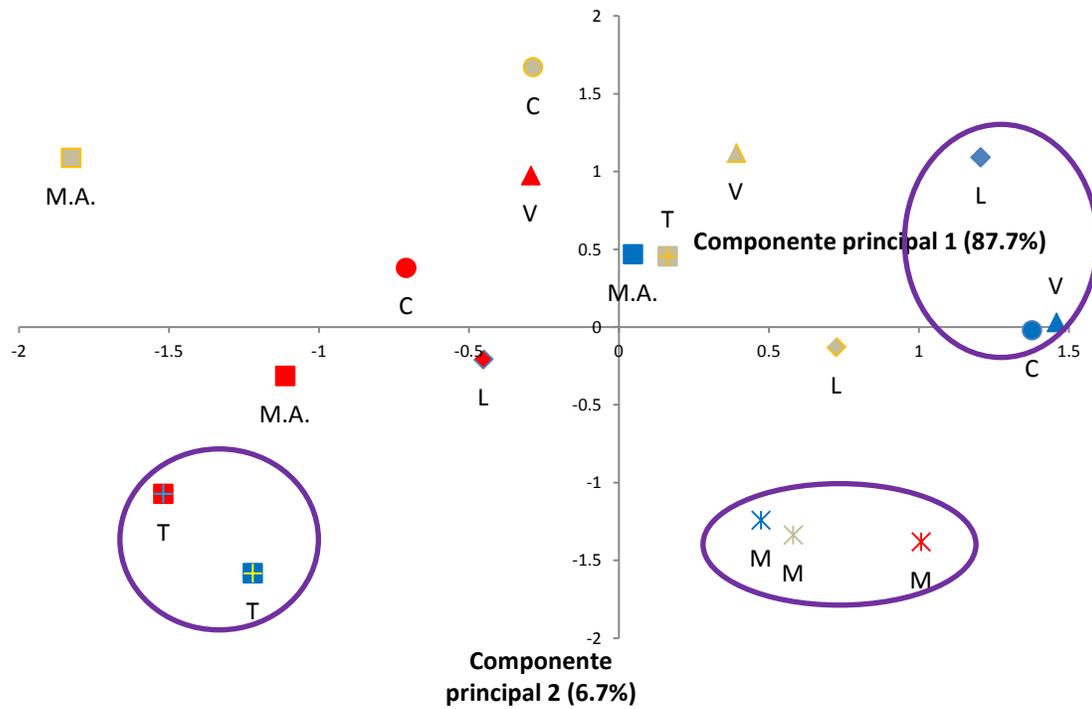


Figura 2. Dispersión de variables físicas de *S. frugiperda*, alimentado con hojas de maíz de distintas coloraciones y bajo diferente fertilización, con base a los dos primeros componentes principales.

C=Composta, V=Vermicomposta, M.A.=Micorrizas-Azospirillum, T=Testigo, M=Mineral, L=Lixiviado.

5.2 Maíz con fertilización mineral, orgánica y biológica en campo abierto

5.2.1 Caracterización del suelo

5.2.1.1 Textura

La textura del suelo es franco arenosa en casi todo el terreno en donde se estableció el cultivo del maíz (Cuadro 9).

Cuadro 10. Texturas encontradas en el predio en que se desarrolló el experimento.

Ubicación	% Arena	% Arcilla	% Limo	Interpretación
Norte	79.32	7.04	13.64	Arenoso franco
Sur	73.32	9.4	17.28	Franco arenoso
Este	73.32	9.04	17.64	Franco arenoso
Oeste	75.32	7.04	17.64	Franco arenoso

5.2.1.2 pH

Antes de la aplicación de los tratamientos, el suelo se categorizó como medianamente alcalino (según la NOM- 021), después de la aplicación de los tratamientos el pH aumentó en todos los tratamientos. Los tratamientos que cambian a categoría fuertemente alcalino son la fertilización Mineral con maíz blanco y maíz azul y la fertilización con Lixiviado maíz azul y maíz amarillo (Figura 3).

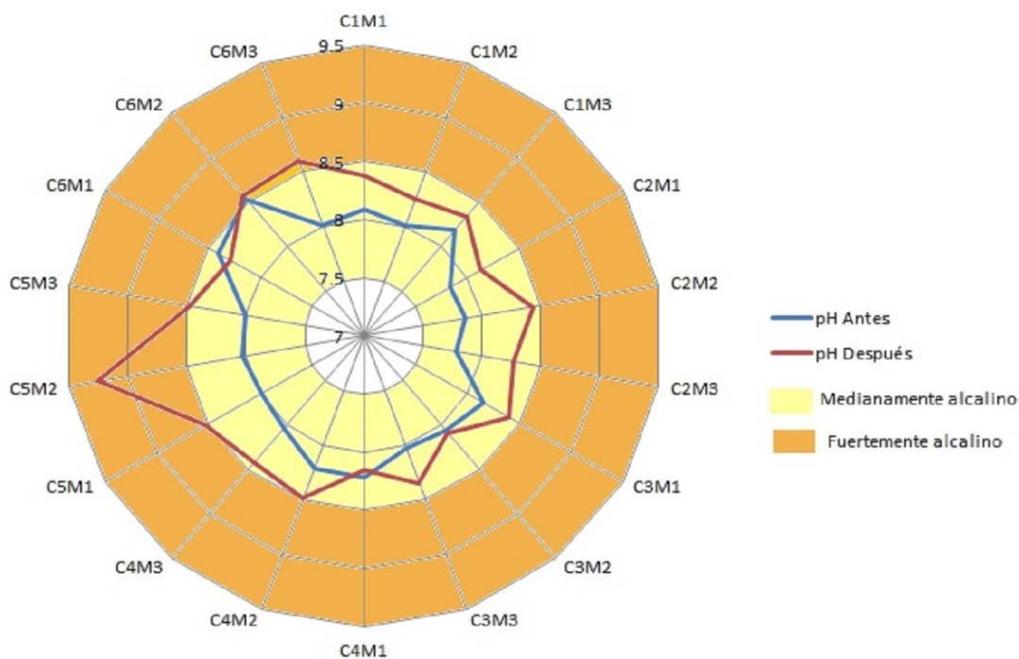


Figura 3. Cambios en el pH antes y después de la aplicación de los tratamientos.

C1=Composta **C2**=Vermicomposta **C3**=Micorrizas-Azospirillum **C4**=Testigo **C5**=Fertilizante mineral
C6=Lixiviado **M1**=Maíz Blanco **M2**= Maíz Azul **M3**=Maíz amarillo.

5.2.1.3 Conductividad Eléctrica

La categorización del suelo antes de la aplicación de los tratamientos va de efecto despreciable de la salinidad a muy ligeramente salino. Después de la aplicación de la fertilización, la C. E. aumenta en todos los tratamientos, el aumento va de 0.6 a 2.48 unidades, cambiando la categoría de todos los tratamientos, a excepción de la fertilización de Composta-maíz Azul y Lixiviado-maíz azul (Figura 4).

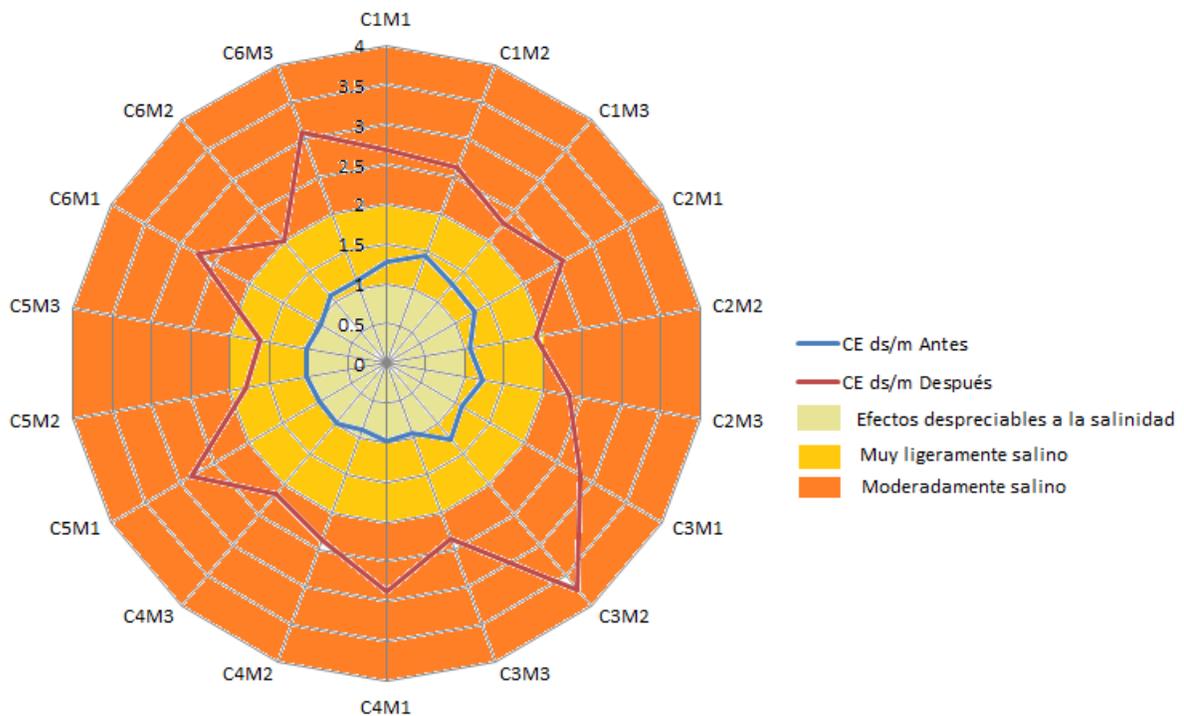


Figura 4. Cambios en la conductividad eléctrica antes y después de la aplicación de los tratamientos.

C1=Composta **C2**=Vermicomposta **C3**=Micorrizas-Azospirillum **C4**=Testigo **C5**=Fertilizante mineral
C6=Lixiviado **M1**=Maíz Blanco **M2**= Maíz Azul **M3**=Maíz amarillo.

5.2.1.4 Velocidad de infiltración

El valor de la infiltración de los tratamientos aumentó en un rango de 1 a 26.9 unidades, la fertilización de Vermicomposta maíz blanco y amarillo se mantuvieron en la misma cantidad; en la fertilización Micorrizas-Azospirillum maíz azul y maíz amarillo, Testigo-maíz amarillo, Mineral-maíz Azul y Amarillo, la velocidad de infiltración disminuyó. (Figura 5).

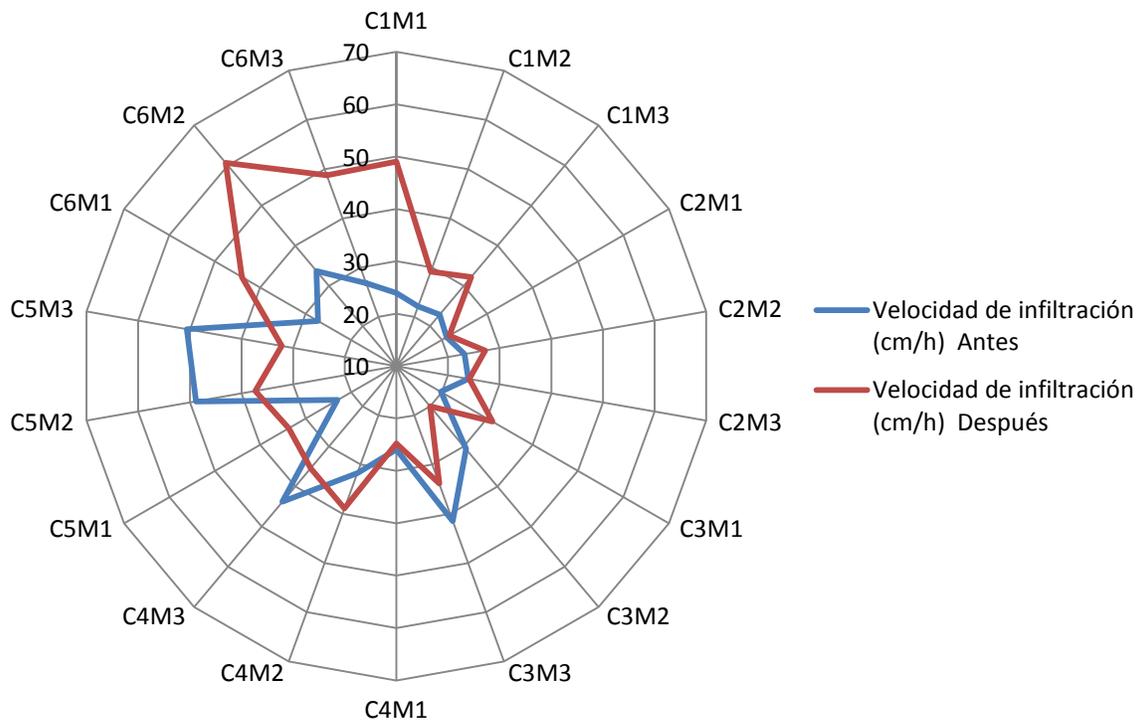


Figura 5. Cambios en la velocidad de infiltración del suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos.

C1=Composta **C2**=Vermicomposta **C3**=Micorrizas-Azospirillum **C4**=Testigo **C5**=Fertilizante mineral **C6**=Lixiviado **M1**=Maíz Blanco **M2**= Maíz Azul **M3**=Maíz amarillo.

5.2.1.5 Capacidad de campo

En la mayoría de los tratamientos, la capacidad de campo disminuyó (ver Figura 6), solo en seis tratamientos aumenta y en cuatro tratamientos el parámetro se mantiene casi igual, esos fueron los tratamientos de Composta-maíz Blanco y maíz Azul, Vermicomposta maíz Blanco y maíz Amarillo, Micorrizas-Azospirillum maíz Blanco y maíz Azul.

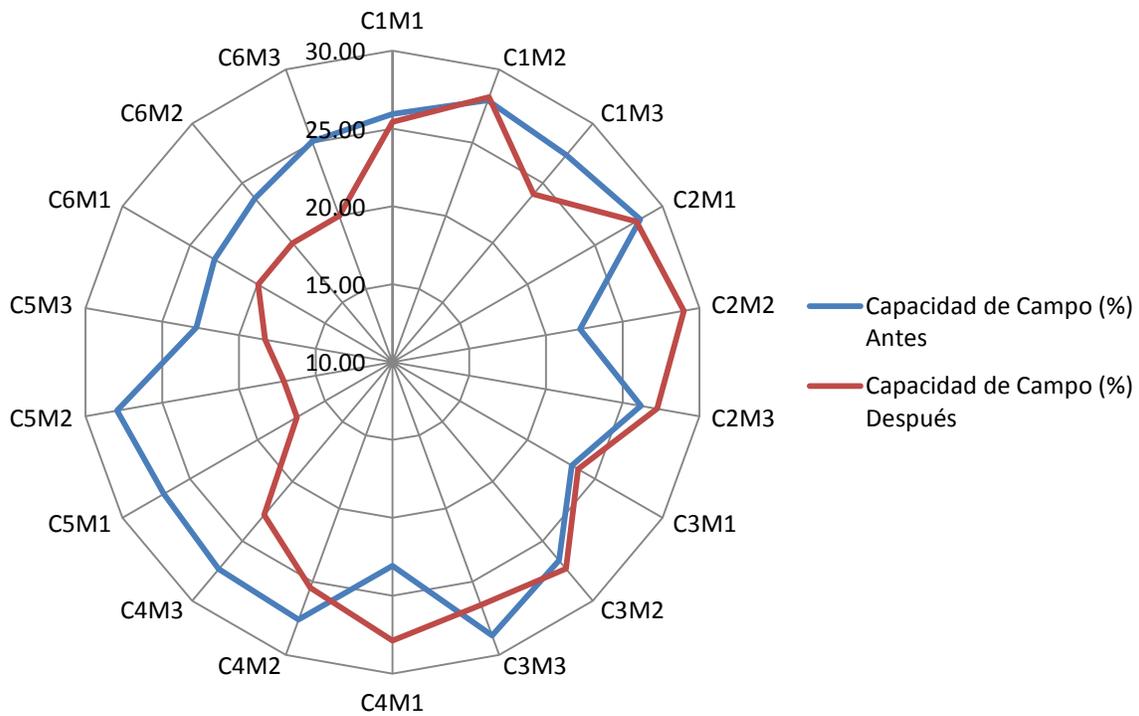


Figura 6. Cambios en el porcentaje de capacidad de campo de suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos.

C1=Composta **C2**=Vermicomposta **C3**=Micorrizas-Azospirillum **C4**=Testigo **C5**=Fertilizante mineral **C6**=Lixiviado **M1**=Maíz Blanco **M2**= Maíz Azul **M3**=Maíz amarillo.

5.2.1.6 Materia orgánica

Los tratamientos muestran una disminución del porcentaje de materia orgánica después de la aplicación de los tratamientos, bajaron en su mayoría una escala en la categoría, a excepción del tratamiento Micorrizas-Azospirillum- maíz blanco que va de un nivel medio de materia orgánica (1.77) a muy bajo (0.26); algunos tratamientos que disminuyen su porcentaje pero mantienen su categoría y en otros tratamientos, la materia orgánica aumenta hasta 0.2% (Figura 7).

Los tratamientos con mayor disminución del porcentaje de M.O. son Composta maíz blanco (-1.51), maíz azul (-1.7), Micorrizas-Azospirillum maíz Blanco (-1.51) y Lixiviado-maíz Blanco (-1.34).

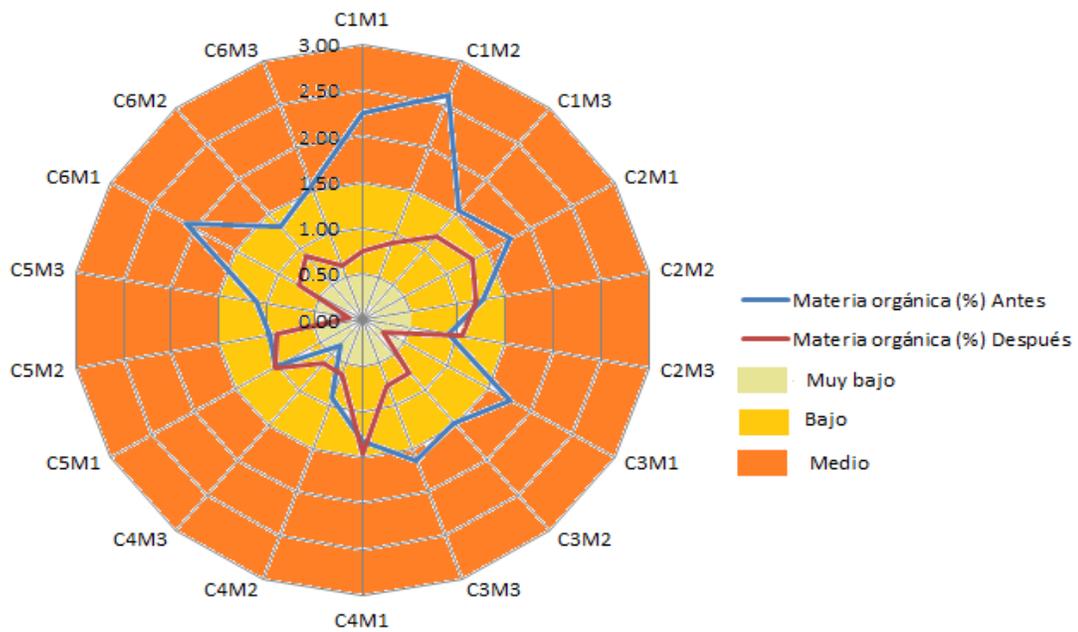


Figura 7. Cambios en el porcentaje de Materia orgánica antes y después de los tratamientos.

C1=Composta C2=Vermicomposta C3=Micorrizas-Azospirillum C4=Testigo C5=Fertilizante mineral C6=Lixiviado M1=Maíz Blanco M2= Maíz Azul M3=Maíz amarillo.

5.2.1.7 Nitrógeno total

En la fertilización con Composta, el N total disminuyó en un promedio de 0.8%. En el tratamiento Composta-maíz Blanco y Composta-maíz Azul bajan de categoría de Nitrógeno alto a bajo, bajan dos escalas. El tratamiento Composta-maíz Amarillo baja de categoría de Nitrógeno medio a bajo (Figura 8).

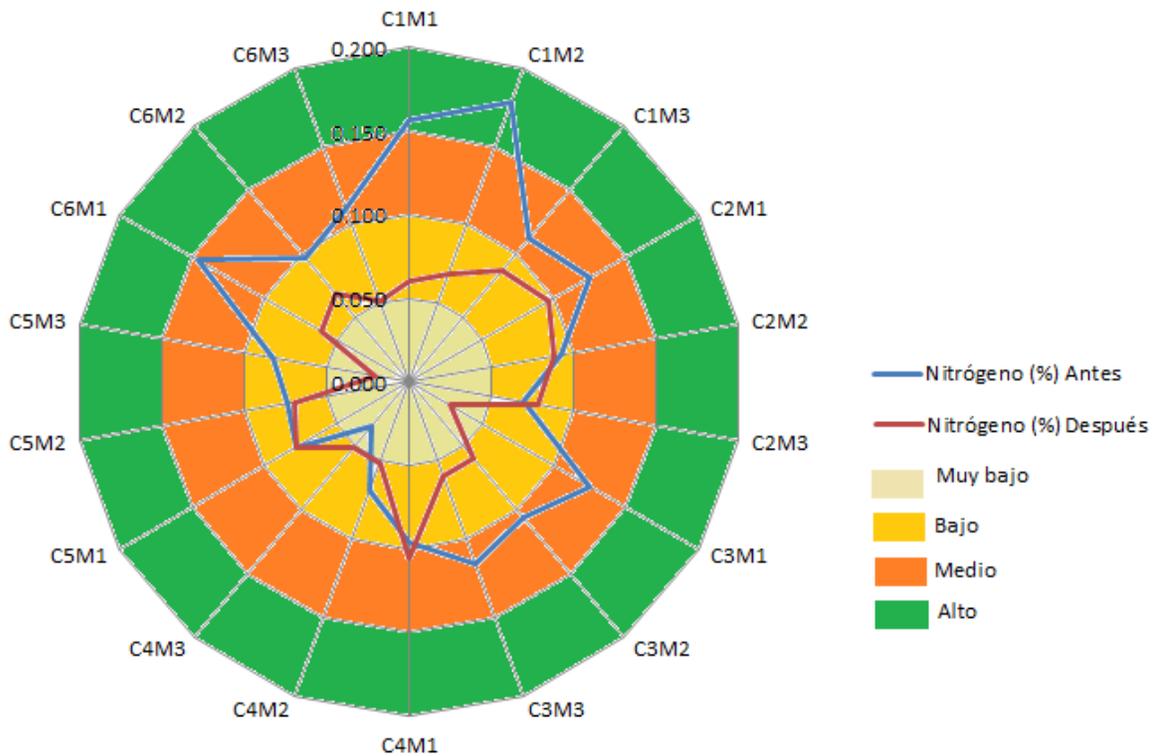


Figura 8. Cambios en el porcentaje de Nitrógeno total antes y después de la aplicación de los tratamientos

C1=Composta **C2**=Vermicomposta **C3**=Micorrizas-Azospirillum **C4**=Testigo **C5**=Fertilizante mineral **C6**=Lixiviado **M1**=Maíz Blanco **M2**= Maíz Azul **M3**=Maíz amarillo.

En la fertilización con Vermicomposta, el N total disminuyó en promedio 0.01%. El tratamiento de Vermicomposta-maíz Blanco disminuyó 0.03% y bajó de categoría

de Nitrógeno medio a bajo, el tratamiento de Vermicomposta-maíz Azul se mantiene en el mismo porcentaje de N total y se mantiene en la misma categoría de Nitrógeno Bajo; Vermicomposta-maíz Amarillo aumentó 0.01% y se mantuvo en la misma categoría de Nitrógeno Bajo (Figura 8).

En la fertilización con Micorrizas-Azospirillum, el N total disminuyó 0.7% en promedio. El tratamiento de Mico-Azos- maíz Blanco, pasó de categoría medio de Nitrógeno a muy bajo; el tratamiento de Mico-Azos- maíz Azul pasó de nivel medio de Nitrógeno a bajo y el tratamiento de Mico-Azos- maíz Amarillo pasó de nivel medio de Nitrógeno a bajo (Figura 8).

En el testigo, sin fertilizar, el N total aumentó 0.01% en maíz Blanco y se mantiene en la misma categoría de Nitrógeno bajo, en maíz Azul disminuyó 0.02% y se mantiene en la misma categoría de Nitrógeno bajo. En maíz Amarillo aumentó 0.02% y sube de categoría de Nitrógeno muy bajo a bajo (Figura 8).

En la fertilización Mineral, el N total disminuyó en un promedio de 0.02%. Los tratamientos Mineral-maíz Blanco, Mineral- maíz Azul se mantienen en el mismo porcentaje de N total después de la fertilización, y se mantienen en la misma categoría de Nitrógeno bajo. El tratamiento Mineral-maíz Amarillo disminuyó 0.06% y pasó de categoría de Nitrógeno Bajo a muy bajo (Figura 8).

En la fertilización con Lixiviado, el N total disminuyó en un promedio de 0.06%. El tratamiento de Lixiviado-maíz Blanco baja de categoría va de Alto a Bajo, baja dos escalas (Figura 8).

5.2.1.8 Fósforo aprovechable

En el caso de Fósforo, éste disminuyó hasta 2.6 mg kg⁻¹ después de la aplicación de los tratamientos, todos los tratamientos se mantuvieron en la categoría de bajo. Los tratamientos de Micorrizas-Azospirillum-maíz Azul, Mineral-maíz Azul y Lixiviado-maíz Azul se mantienen casi constantes después de la aplicación de los tratamientos. Los tratamientos de Micorrizas maíz Azul, Testigo maíz Amarillo y Mineral maíz Blanco y Amarillo el Fósforo aumentó (Figura 9).

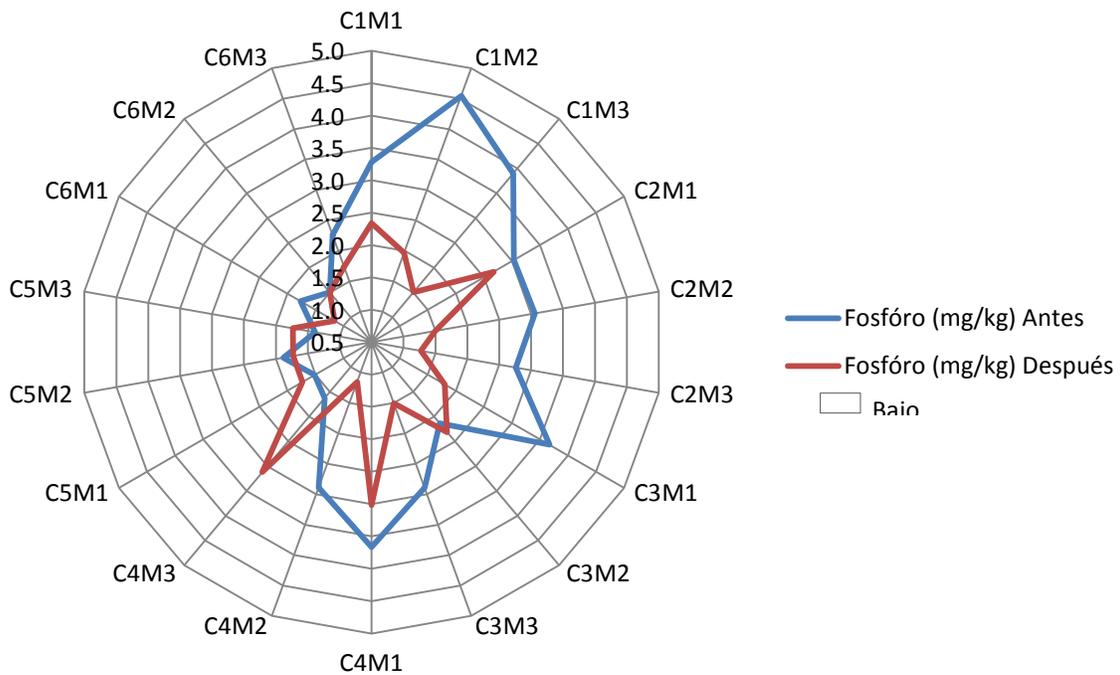


Figura 9. Cambios en el fósforo aprovechable del suelo antes y después de los tratamientos

C1=Composta **C2**=Vermicomposta **C3**=Micorrizas-Azospirillum **C4**=Testigo **C5**=Fertilizante mineral
C6=Lixiviado **M1**=Maíz Blanco **M2**= Maíz Azul **M3**=Maíz amarillo.

Las variables medidas en su mayoría disminuyen los parámetros, llama la atención los tratamientos que se mantienen casi constantes y que algunos son repetitivos en las diferentes variables.

En el caso de la Composta maíz Blanco y Azul se mantiene constante en Capacidad de campo.

El suelo donde se evaluó el tratamiento de Vermicomposta con maíz blanco mantiene sus parámetros después de la fertilización en variables como: Velocidad de infiltración y Capacidad de campo; Vermicomposta con maíz Azul para Materia orgánica y Nitrógeno total. Vermicomposta con maíz Amarillo se mantiene en Velocidad de infiltración, Capacidad de campo, Materia orgánica y Nitrógeno total.

El tratamiento de Micorrizas-Azospirillum maíz Azul se mantiene en el pH, Capacidad de campo y Fósforo.

La fertilización Testigo maíz Blanco se mantiene en pH, Materia orgánica y Nitrógeno total.

La fertilización Mineral maíz Blanco es constante en Materia orgánica y Nitrógeno total y Mineral maíz Azul es constante en Materia orgánica, Nitrógeno total y Fósforo.

El lixiviado con maíz Azul se mantiene en pH y Fósforo.

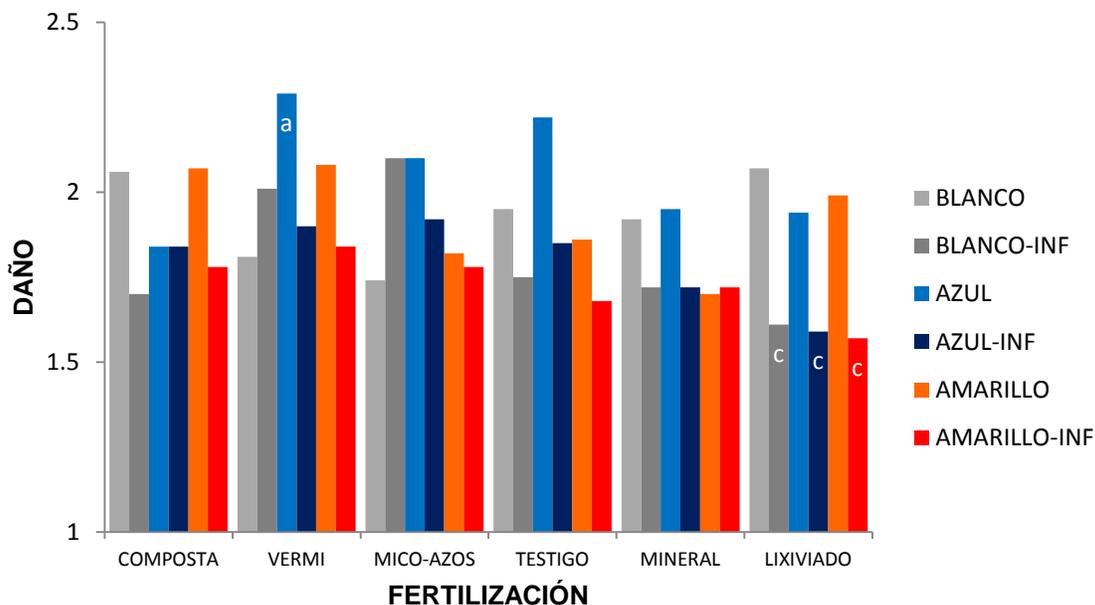
5.2.2 Daño de *S. frugiperda* en plantas de maíz en campo abierto

En el Cuadro 11 se observa que las plantas de maíz reaccionan a la presencia de *S. frugiperda* aunque las plantas sin infestadas presenten mayor daño que las infestadas. El daño que ocasiona la plaga está ligado a la fertilización utilizada, plantas fertilizadas con mineral o lixiviado exhiben menor daño. El daño también está asociado a la población de maíz, el maíz azul es más susceptible a la plaga que el maíz amarillo.

Cuadro 11. ANOVA y Prueba de Tukey al 95% de confiabilidad para la variable de daño en plantas de maíz por *S. frugiperda*

Valor de p		Tukey 95%					
F.V.		FERTILIZACIÓN		MAIZ		INFESTACIÓN	
Fertilización	0.0144	Composta	1.88 ^{ab}	Blanco	1.87 ^{ab}	Sin	1.97 ^a
Maíz	0.0500	Vermicomposta	1.99 ^a	Azul	1.93 ^a	Con	1.78 ^b
Infestación	<0.0001	Mico-Azos	1.91 ^{ab}	Amarillo	1.82 ^b		
Fert*Maíz	0.4212	Testigo	1.88 ^{ab}				
Fert*Infest	0.0134	Mineral	1.79 ^b				
Maíz*Infest	0.2630	Lixiviado	1.80 ^b				
Fert*Maíz*Infest	0.0513						

En la Figura 10 observamos que a pesar de la susceptibilidad del maíz azul a la presencia de *S. frugiperda*, éste cuando es fertilizado con lixiviado presenta el menor daño.



INF: Infestada con *S. frugiperda*

Figura 10. Daño por *S. frugiperda* en plantas de maíz infestadas y no infestadas con diferente fertilización²

5.2.3 Crecimiento y rendimiento de maíz

La fertilización, la población de maíz y la infestación afectan las características morfológicas de la planta de maíz (Cuadro 12).

Plantas fertilizadas con mineral presentan mayor altura, mayor diámetro del tallo, hojas más anchas y largas. Plantas fertilizadas con composta son más bajas, con hojas angostas y cortas. Plantas sin fertilizar presentan menor altura y menor diámetro del tallo (Cuadro 13).

² La comparación de medias de la interacción de factores se encuentra en el ANEXO 2

Plantas de maíz azul son más altas, con tallo angosto, hojas más cortas, mazorcas largas y olote ligero (Cuadro 14).

Al infestar a las plantas con *S. frugiperda* disminuye el diámetro del tallo, las hojas son más angostas pero más largas. La infestación no altera la altura de la planta (Cuadro 15).

La infestación y el tipo de fertilización no afectan las características de la mazorca (Cuadro 12). La mazorca producida sólo es diferente por la población de maíz, el maíz azul presenta mazorcas más largas con poco pesados (Cuadro 14).

Al final, el rendimiento no es afectado por ninguno de los factores evaluados, ni por los cambios en las características morfométricas de la planta y mazorca debido a alguno de los factores (Cuadro 12).

Cuadro 12. ANOVA para los factores de variación del experimento de rendimiento de maíz

VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE LA PLANTA DE MAÍZ						
F.V.	Altura		Diámetro		Hoja	
	30 DDS	60 DDS	30 DDS	60 DDS	Ancho	Longitud
Fertilización	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	<0.0001
Maíz	< 0.0001	< 0.0001	0.0091	0.0007	0.0618	<0.0001
Infestación	0.8627	0.9474	0.0347	0.0164	0.0450	0.0046
Fert*Maíz	0.3031	< 0.0001	0.6461	0.5440	0.0568	0.0231
Fert*Infest	< 0.0001	0.0009	0.0628	0.0043	0.0099	0.0682
Maíz*Infest	0.5388	0.6691	0.4954	0.0032	0.5397	<0.0001
Fert*Maíz*Infest	0.0370	0.0014	< 0.0001	0.0944	0.0104	0.0111

P<0.05

Cuadro 10. Continuación

COSECHA DE MAÍZ						
F.V.	MAZORCA		PESO			RENDIMIENTO
	Diámetro	Longitud	Mazorca	Olote	Grano	
Fertilización	0.0982	0.1840	0.1876	0.1962	0.1940	0.1388
Maíz	0.1102	0.0003	0.2338	< 0.0001	0.7143	0.7539
Infestación	0.4851	0.5752	0.7665	0.6375	0.6350	0.5810
Fert*Maíz	0.2611	0.0555	0.1476	0.0018	0.3199	0.3406
Fert*Infest	0.1501	0.1550	0.3137	0.5472	0.2928	0.3208
Maíz*Infest	0.5400	0.0308	0.5576	0.0375	0.8881	0.9494
Fert*Maíz*Infest	0.0084	0.0003	0.0013	< 0.0001	0.0062	0.0080

Cuadro 13. Comparación de medias de Tukey al 95% para el factor de Fertilización en las variables observadas.

FERTILIZACIÓN	VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE LA PLANTA DE MAÍZ						COSECHA DE MAÍZ					
	Altura		Diámetro		Hoja		Mazorca		Peso			Rendimiento
	30 DDS	60 DDS	30 DDS	60 DDS	Ancho	Longitud	Diámetro	Longitud	Mazorca	Olote	Grano	
Composta	52.34 ^d	182.27 ^b	2.04 ^c	2.9 ^{abc}	8.13 ^c	87.70 ^b	4.34 ^a	14.90 ^a	112.90 ^a	23.04 ^a	89.96 ^a	134.71 ^a
Vermi-composta	57.21 ^{cd}	178.11 ^b	2.02 ^c	2.85 ^{bc}	8.67 ^{ab}	94.85 ^a	4.19 ^a	15.55 ^a	103.53 ^a	23.62 ^a	80.03 ^a	119.29 ^a
Mico-Azos	66.15 ^{ab}	191.93 ^b	2.16 ^{bc}	2.72 ^c	8.12 ^c	87.82 ^b	4.19 ^a	14.90 ^a	100.05 ^a	20.75 ^a	79.15 ^a	116.93 ^a
Testigo	61.52 ^{bc}	192.94 ^b	2.45 ^c	2.77 ^c	8.22 ^{bc}	91.53 ^{ab}	4.39 ^a	14.55 ^a	104.9 ^a	21.3 ^a	83.67 ^a	122.52 ^a
Mineral	68.07 ^a	213.03 ^a	2.26 ^b	3.12 ^a	8.87 ^a	94.52 ^a	4.14 ^a	14.98 ^a	98.72 ^a	21.72 ^a	76.81 ^a	114.05 ^a
Lixiviado	62.30 ^{bc}	174.73 ^b	2.50 ^a	3.05 ^{ab}	8.44 ^{abc}	89.52 ^b	4.14 ^a	14.33 ^a	92.64 ^a	19.90 ^a	76.67 ^a	106.21 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Cuadro 14. Comparación de medias de Tukey al 95% para el factor de población de Maíz en las variables observadas.

MAÍZ	VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE LA PLANTA						COSECHA DE MAÍZ					
	Altura		Diámetro		Hoja		Mazorca		Peso			Rendimiento
	30DDS	60 DDS	30 DDS	60 DDS	Ancho	Longitud	Diámetro	Longitud	Mazorca	Olote	Grano	
Blanco	60.13 ^b	175.86 ^b	2.19 ^{ab}	3.05 ^a	8.52 ^a	92.28 ^a	4.31 ^a	15.16 ^a	108.34 ^a	25.61 ^a	82.77 ^a	121.89 ^a
Azul	64.89 ^a	195.55 ^a	2.23 ^a	2.83 ^b	8.47 ^a	87.85 ^b	4.24 ^a	14.05 ^b	97.81 ^a	19.63 ^b	78.11 ^a	115.56 ^a
Amarillo	58.77 ^b	195.10 ^a	2.10 ^b	2.85 ^b	8.24 ^a	92.83 ^a	4.14 ^a	15.32 ^a	100.25 ^a	20.27 ^b	80.27 ^a	119.41 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Cuadro 15. Comparación de medias de Tukey al 95% para el factor de Infestación con *S. frugiperda* en variables observadas.

INFESTACIÓN	VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE LA PLANTA						COSECHA DE MAÍZ						
	Altura		Diámetro		Hoja		Mazorca			Peso			Rendimiento
	30 DDS	60 DDS	30 DDS	60 DDS	Ancho	Longitud	Cantidad	Diámetro	Longitud	Mazorca	Olote	Grano	
Sin	61.36 ^a	188.70 ^a	2.21 ^a	2.97 ^a	8.51 ^a	89.57 ^b	1.35 ^a	4.25 ^a	14.77 ^a	103.09 ^a	21.60 ^a	81.72 ^a	121.14 ^a
Con	61.16 ^a	188.97 ^a	2.13 ^b	2.84 ^b	8.31 ^b	92.40 ^a	1.30 ^a	4.21 ^a	14.92 ^a	101.18 ^a	22.07 ^a	79.05 ^a	116.76 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

5.2.3.1 Diámetro del tallo

En la Figura 11 observamos que el tratamiento de lixiviado-maíz azul-sin, tiene el mayor diámetro 2.64 cm, vermicomposta-maíz blanco-con, presenta el menor diámetro con 1.66 cm a los 30 DDS, a los 60 DDS el menor diámetro se encuentra en el tratamiento de Testigo-maíz amarillo-sin con 2.3 cm. el tratamiento mineral-maíz blanco-sin presenta el mayor diámetro del tallo a los 60 DDS con 3.6 cm.

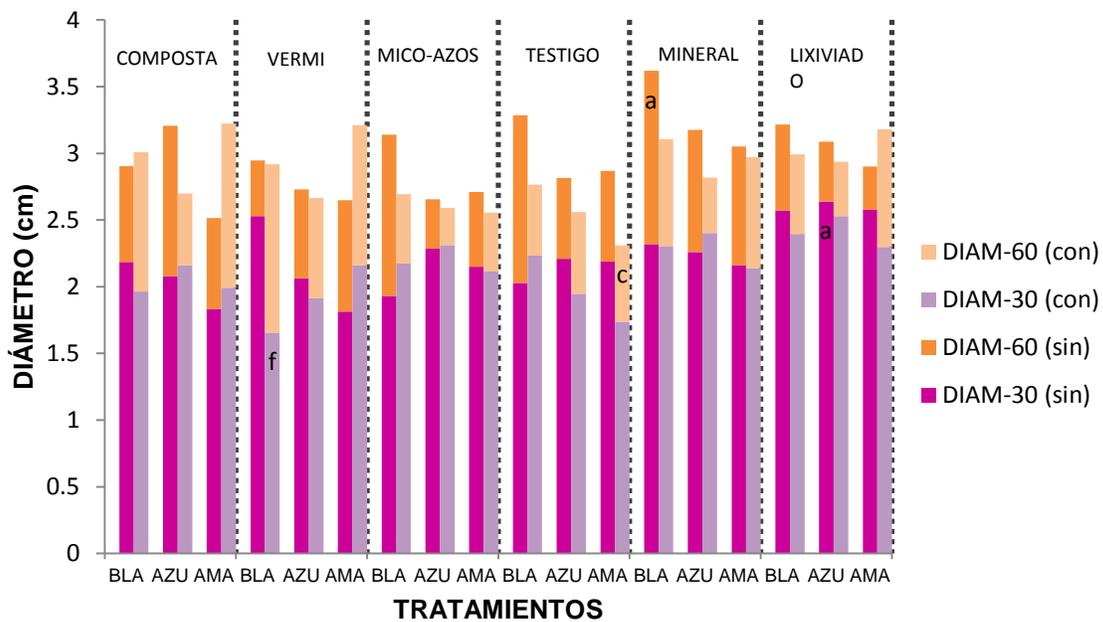


Figura 11. Diámetro del tallo de la planta de infestado con *S. frugiperda* o sin infestar, bajo diferente fertilización ³

³ Comparación de medias de la interacción de los factores se muestra en ANEXO 3 y ANEXO 4

5.2.3.2 Altura de la planta de maíz

Las plantas de maíz al fertilizarse con composta son de porte bajo, pero al ser infestadas aumentan su altura. La mayor altura a los 30 DDS la tiene el tratamiento testigo-maíz azul-sin con 75.05 cm, la menor altura se encuentra en el tratamiento composta-maíz amarillo-sin con 42.23 cm. La mayor altura a los 60 DDS la tiene el tratamiento mineral-maíz azul-con, 235.2 cm, la menor altura se encuentra en el tratamiento micorrizas-azospirillum-maíz blanco-con, 119.4 cm (Figura 12).

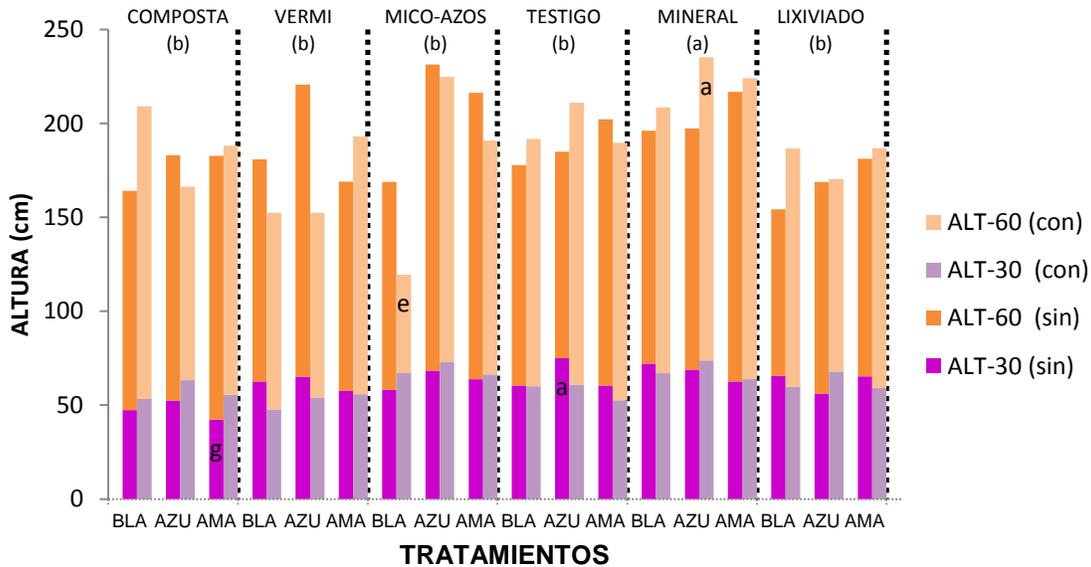


Figura 12. Altura de la planta de maíz infestado con *S. frugiperda* o sin infestar, bajo diferente fertilización⁴

⁴ Comparación de medias de la interacción de los factores para la altura de la planta se muestra en ANEXO 5 y ANEXO 6

5.2.3.3 Ancho de las hojas

Los tratamientos de vermicomposta- maíz blanco-con, mineral-maíz blanco-sin, mineral-maíz blanco-con, presentan el mayor ancho de las hojas con 9.39 cm, el tratamiento de testigo-maíz amarillo-con, presenta las hojas más angostas con 7.32 cm (Figura 13).

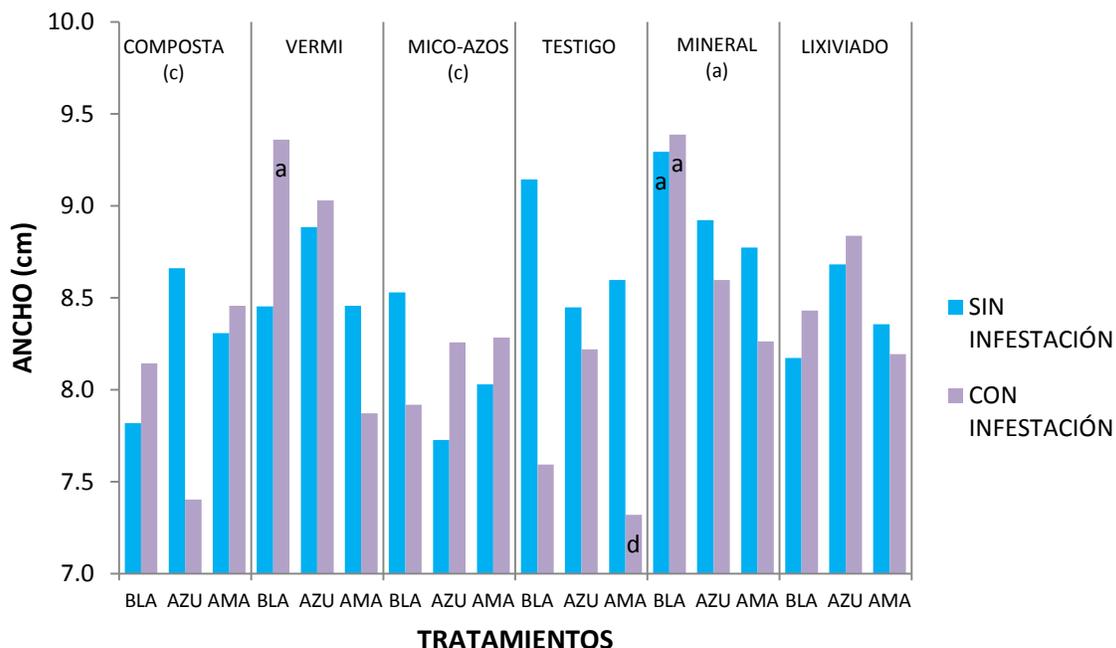


Figura 13. Ancho de hoja de maíz infestado con *S. frugiperda* o sin infestar, bajo diferente fertilización⁵

⁵ Comparación de medias de la interacción de los factores se muestra en ANEXO 7

5.2.3.4 Longitud de las hojas

Los tratamientos de vermicomposta-maíz amarillo- sin, y vermicomposta-maíz blanco-con, presentan la mayor longitud de hoja: 103.5 cm y el tratamiento de lixiviado-maíz azul-sin, presenta hojas más cortas 85.91 cm (Figura 14).

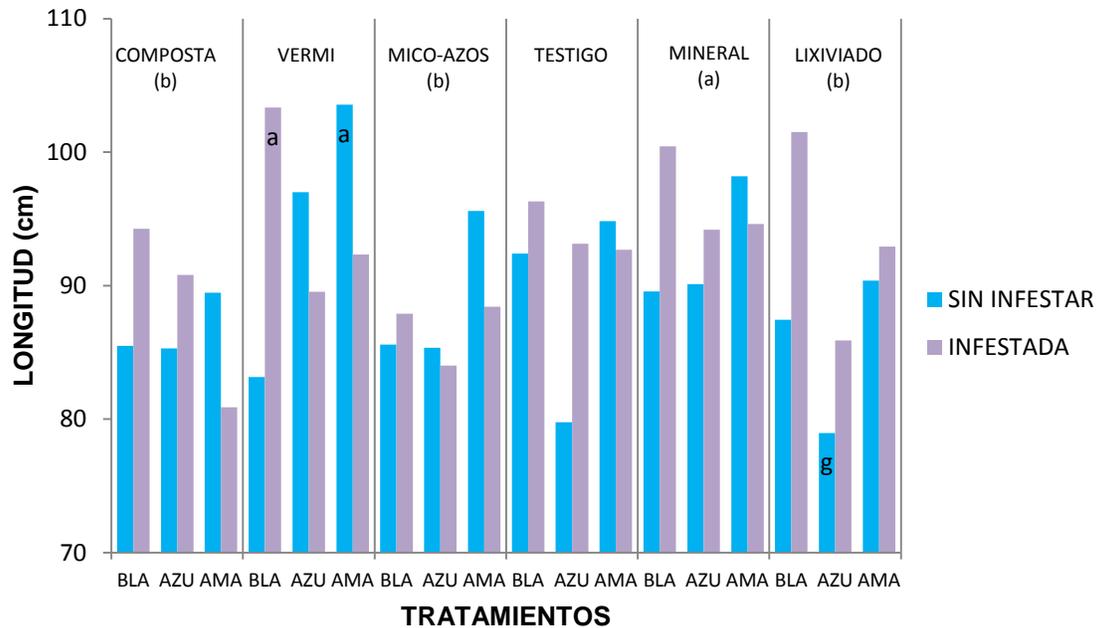


Figura 14. Longitud de la hoja de maíz infestado con *S. frugiperda* o sin infestar, bajo diferente fertilización⁶.

⁶ Comparación de medias de la interacción de los factores se muestra en ANEXO 8.

5.2.3.6 Diámetro de la mazorca

La mazorcas más ancha la presenta el tratamiento testigo-maíz blanco-sin, que tiene 2.1 cm, la mazorca más angosta se encuentra en el tratamiento vermicomposta-maíz amarillo-con, que tiene 1.14 cm (Figura 16). En general las mazorcas de maíz blanco aumentan el diámetro con la infestación. A excepción del Mineral en las que después de la infestación disminuye el diámetro de la mazorca. El maíz azul al ser infestado, disminuye el diámetro de la mazorca, a excepción de Micorrizas-Azospirillum y Testigo. Mazorcas de maíz amarillo al ser infestado, disminuye el diámetro de la mazorca, a excepción del fertilizado con Mineral en el que aumenta (Figura 15).

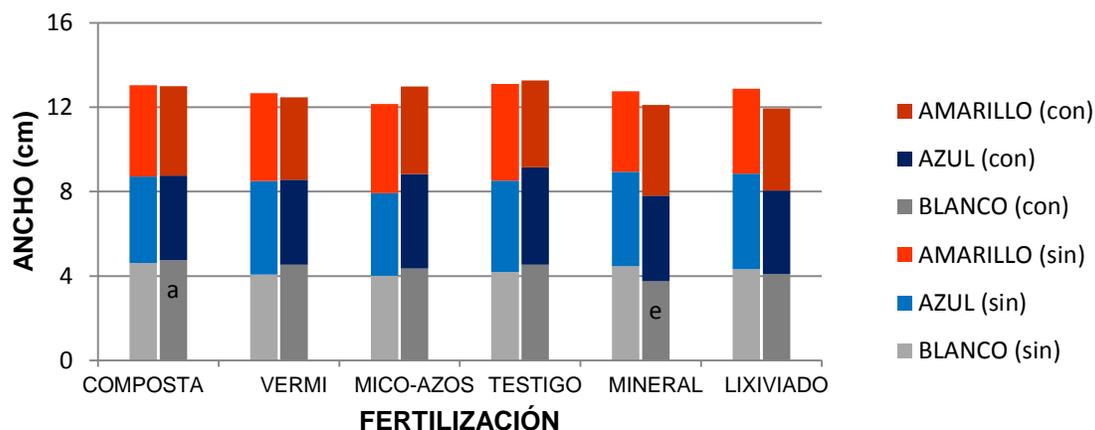


Figura 15. Ancho de mazorca producida con y sin infestación de *S. frugiperda* bajo diferente fertilización⁷.

⁷ Comparación de medias de la interacción de los factores se muestra en ANEXO 9

5.2.3.7 Longitud de la mazorca

Los tratamientos de composta-maíz blanco-con, vermicomposta-maíz blanco-con y micorrizas-azospirillum-maíz blanco-con, presentan las mazorcas más largas de 17.1 a 16.9 cm. Los tratamientos de lixiviado-maíz azul-con y testigo-maíz azul-sin, presentan las mazorcas más cortas con 12.4 y 12.2 cm. Las plantas fertilizadas con mineral, al infestarse producen mazorcas más cortas (Figura 16). El tratamiento composta-maíz blanco-con, produce mazorcas más largas que el tratamiento mineral-maíz blanco-sin o con. El tratamiento de composta-maíz azul-con, tiene mazorcas más cortas que testigo o mineral-maíz azul-con (Figura 16).

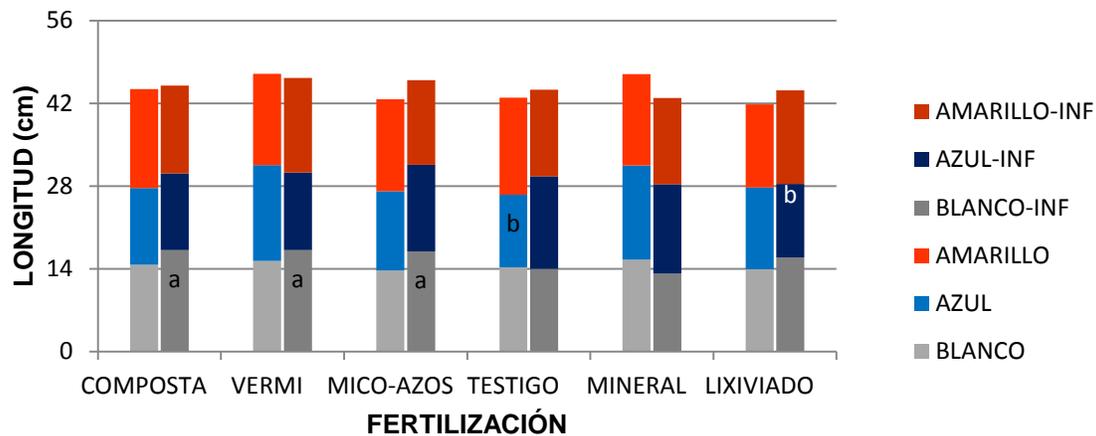


Figura 16. Longitud de mazorca producida con y sin infestación de *S. frugiperda* bajo diferente fertilización⁸.

⁸ Comparación de medias de la interacción de los tres factores se presenta en ANEXO 10

5.2.3.8 Peso de la mazorca

El tratamiento de composta-maíz blanco-con, presenta la mazorca más pesada, el mayor peso del grano y del olote (158.3 g, 118.27 g y 39.82g respectivamente). El tratamiento de mineral-maíz blanco-con, tienen las mazorcas menos pesadas, el menor peso del grano, 60.1 g y 41.48 g y el tratamiento de lixiviado- maíz azul-con presenta la mazorca menos pesada y el olote más liviano 78.1gy 13.68 g respectivamente (ver ANEXO 11, ANEXO 12 y ANEXO 13).

En maíz blanco y azul los pesos del grano y el olote aumentan cuando son infestados con *S. frugiperda*, en maíz amarillo, por el contrario, disminuyen.

El maíz fertilizado con mineral, el peso del grano y del olote aumenta en maíz amarillo y disminuye en maíz blanco y azul.

Maíz Blanco fertilizado con mineral y composta tienen pesos similares del grano y olote, pero al infestar las plantas con *S. frugiperda* el peso del grano y olote aumenta en las plantas fertilizadas con composta, y en mineral disminuye.

Al fertilizar al maíz Azul con Mineral se obtiene mayor peso del grano y olote comparado con el maíz no fertilizado o el fertilizado con Micorrizas-Azospirillum; al infestarse, en Mineral el peso del grano y olote disminuye ligeramente obteniendo menor peso del grano y olote que el maíz sin fertilizar, y al fertilizado con micorrizas-azospirillum, el cual con la infestación sólo aumenta el peso del grano con la infestación. El maíz azul fertilizado con mineral tiene un peso del grano y olote similar al lixiviado, al infestarse, el peso del grano y del olote disminuye en

las dos fertilizaciones, pero no de la misma manera, lixiviado tiene el menor peso del grano y olote de todas las fertilizaciones evaluadas.

El peso de grano y olote del maíz amarillo fertilizado con composta y Micorrizas-Azospirillum es mayor comparado con el fertilizado con mineral y Lixiviado. Al infestarse, los pesos aumentan en mineral y lixiviado y disminuyen en Composta y micorrizas-azospirillum, obteniendo en mineral peso del grano menor que el de composta y micorrizas-azospirillum, pero el peso de la mazorca es casi similar.

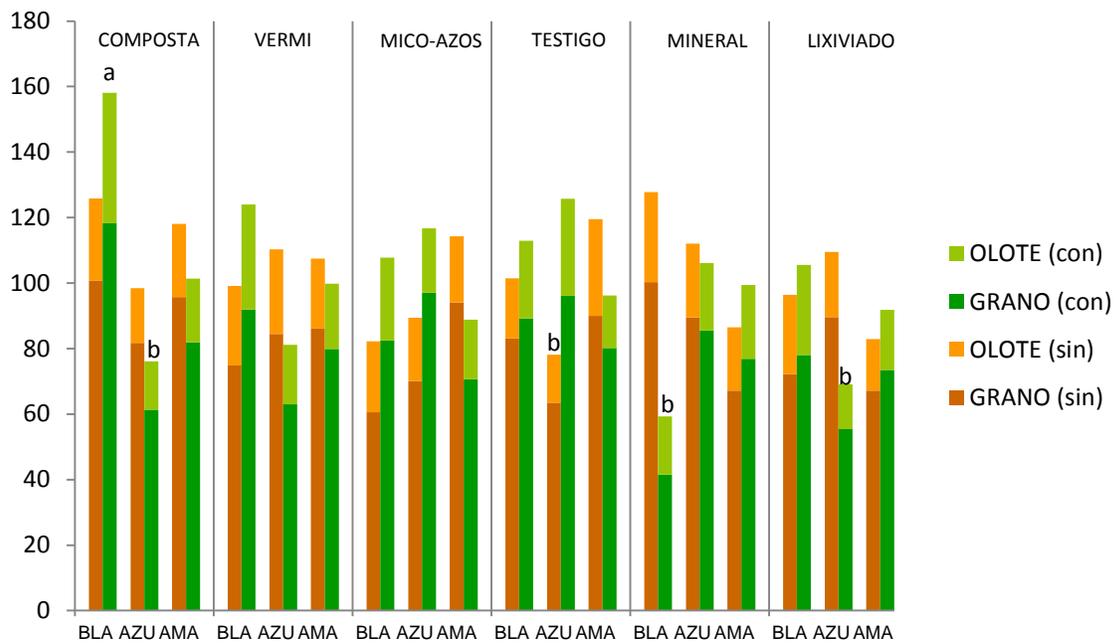


Figura 17. Peso de mazorcas de maíz producidas bajo diferente fertilización y con o sin la infestación de *S. frugiperda*⁹

5.2.3.9 Rendimiento del maíz

El tratamiento de composta-maíz blanco-con, presenta el mayor rendimiento: 179.28 kg ha⁻¹, el tratamiento de mineral-maíz blanco-con, presenta el menor rendimiento de maíz, 61.72 kg ha⁻¹(ver ANEXO 14).

Infestar al maíz con diferente fertilización produce diferentes respuestas, puede aumentar o disminuir el rendimiento. El maíz fertilizado con Mineral obtiene uno de los mayores rendimientos, pero es susceptible a la infestación donde obtiene el menor rendimiento de las fertilizaciones, a excepción de Lixiviado que es similar (Figura 19).

La fertilización y la infestación influyen en el rendimiento. En maíz blanco, el rendimiento aumenta con la infestación, a excepción del fertilizado con mineral, que disminuye y lixiviado, el cual no es afectado por la infestación. Al infestar maíz azul el rendimiento aumenta para algunos y disminuye para otros. En maíz amarillo la infestación disminuye el rendimiento a excepción del fertilizado con mineral y lixiviado (Figura 19).

El maíz fertilizado con Composta, aun infestado, obtiene mayor rendimiento que el fertilizado con Mineral (Figura 19), pero ninguna de las dos fertilizaciones llega a

⁹ Las comparaciones de medias de las variables evaluadas con la interacción de los tres factores se encuentran en ANEXO 11, ANEXO 12 y ANEXO 13.

obtener el rendimiento promedio reportado para Oaxaca de 1.19 ton ha^{-1} (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

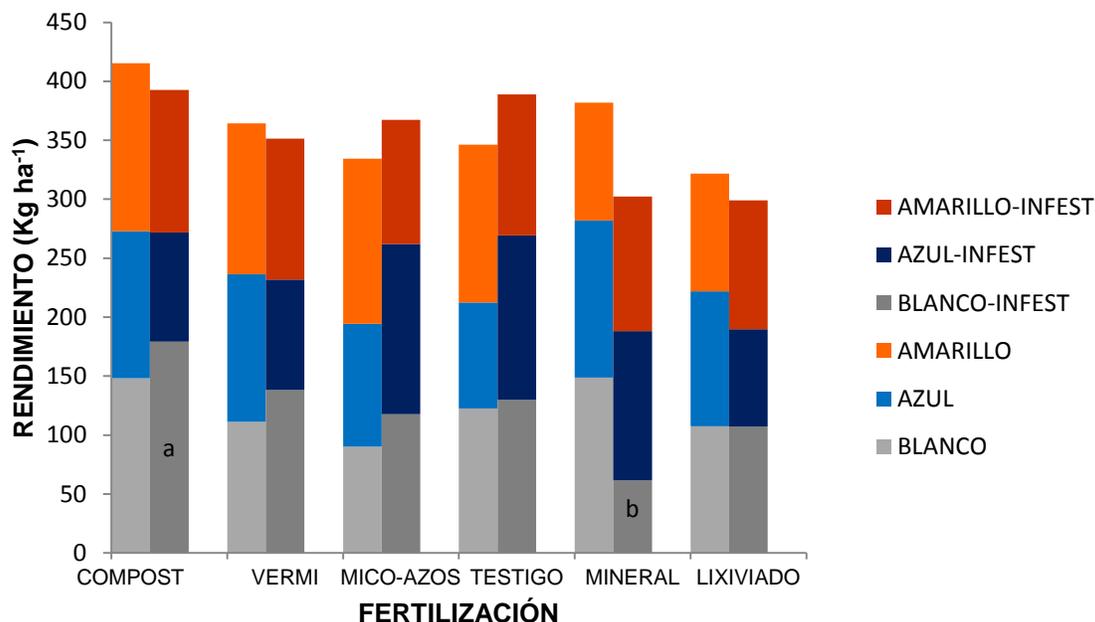


Figura 18. Rendimiento de maíz bajo diferente fertilización y con infestación de *S. frugiperda*¹⁰

Al agrupar todas las variables y realizar un análisis de componentes principales (Figura 20), se observa que con los dos primeros componentes se explica el 94.08% de la variación. Las variables de rendimiento (0.6549 valor descriptivo en CP1) y altura de las plantas a los 60 DDS (0.9556 valor descriptivo en CP2) son las características con mayor peso. Pero las características morfológicas y de producción de maíz no muestran una relación entre los factores.

¹⁰ La comparación de medias del rendimiento en la interacción de los tres factores se encuentra en ANEXO 14.

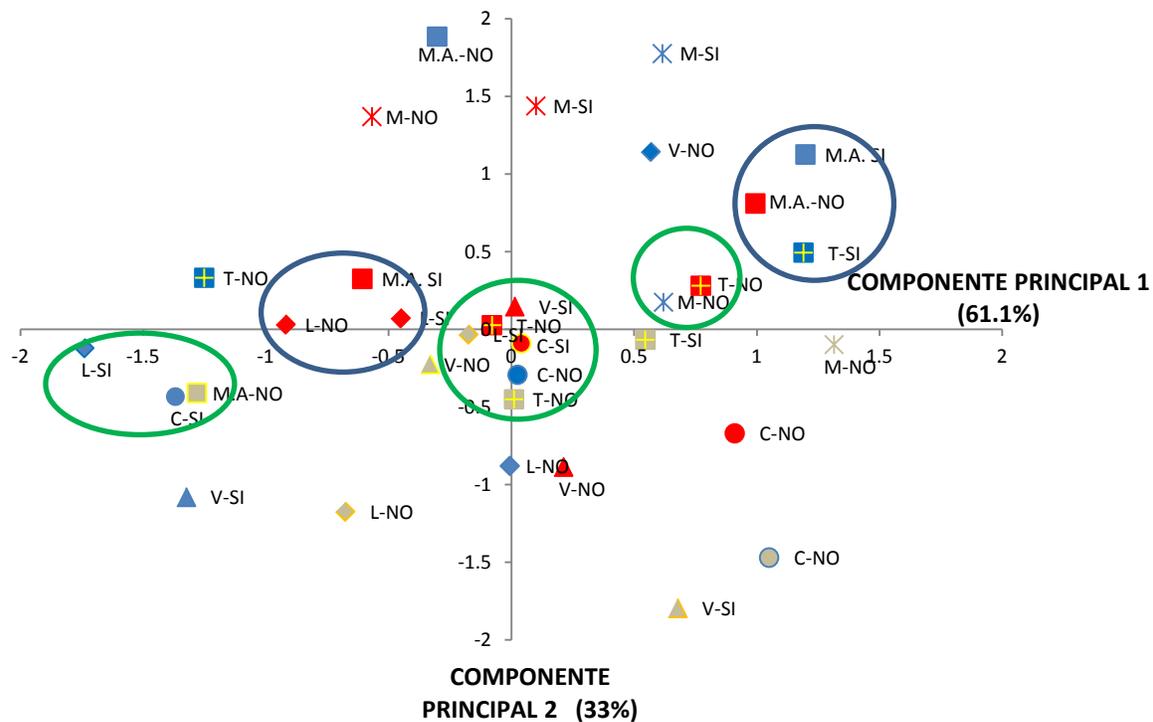


Figura 19. Dispersión de variables morfológicas y de producción en maíz bolita EN CAMPO

C=Composta, V=Vermicomposta, M.A.=Micorrizas-Azospirillum, T=Testigo, M=Mineral, L=Lixiviado, SI= Infestado, NO= no infestado.

5.2.4 Desarrollo de *S. frugiperda* alimentado con maíces fertilizados mineral, orgánica y biológicamente.

El tiempo y la cantidad de instares para completar el estado larvario es afectado por el tipo de fertilización aplicada al maíz con que se alimentó a las larvas de *S. frugiperda* (Cuadro 16). Larvas alimentadas con hojas de maíz fertilizado con composta pasan el mayor tiempo en estado larvario (31.6 días) distribuidos en 7.6 instares. Larvas alimentadas con hojas de maíz fertilizado con vermicomposta se desarrollan más rápido, comparado con los demás tratamientos, en 20.4 días en 7 instares. La menor cantidad de instares se presenta en larvas alimentadas con hojas de maíz fertilizado con mineral (6.5 instares) en un tiempo de 25.5 días (Cuadro 17).

El tiempo de desarrollo, la longitud y el peso de *S. frugiperda* son afectados por la fertilización que recibe el maíz con el que se alimenta a la larva. Larvas alimentadas con maíz fertilizado con composta presentan las menores longitudes y pesos, las larvas alimentadas con maíz fertilizado mineralmente presentan la mayor longitud y peso (Cuadro 17).

Aún cuando larvas son afectadas por el tipo de fertilización que se aplicó al maíz, las pupas no son afectadas por la fertilización en el tiempo de desarrollo o la longitud, pero si en el peso. Larvas alimentadas con maíz fertilizado con composta que presentaron el menor peso y longitud en los instares larvales, no tiene las pupas menos pesadas. Las larvas alimentadas con maíz fertilizado con mineral que presentaron el mayor peso y longitud en los instares larvales, no presenta las

pupas más pesadas. Las pupas más pesadas provienen de larvas alimentadas con maíz fertilizado con vermicomposta (217 mg).

La población de maíz afecta el tiempo de desarrollo larval, el peso del instar III, V la longitud del instar IV, VI. Larvas alimentadas con maíz amarillo son más lentas en completar su estado larvario (24.05 días) que las larvas alimentadas con los otros maíces (Cuadro 18).

En el análisis de componentes principales del desarrollo de *S. frugiperda* (Figura 21), con los dos primeros componentes, explica el 90.04% de la variación. Las variables de peso instar V (0.737 en CP1), el peso en el instar VI (0.502 en CP1) y peso de la pupa (0.921 en el CP2) son las características con mayor peso.

Larvas alimentadas con maíz fertilizado con mineral presentan un buen peso en el instar VI de la larva, y larvas alimentadas con maíz fertilizado con vermicomposta, presenta buen peso en la pupa. Larvas alimentada con Composta presentan un peso bajo en larvas de VI instar.

Cuadro 16. ANOVA de desarrollo de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio

F.V.	INSTAR														
	I		II			III			IV			V			
	Días	Long	Días	Long	Peso	Días	Long	Peso	Días	Long	Peso	Días	Long	Peso	
Fertilización	0.0110	0.0002	0.0107	0.0020	<0.0001	0.4804	0.0010	<0.0001	0.6344	0.0009	0.0009	0.4299	0.0005	0.0001	
Maíz	0.1821	0.1671	0.0955	0.0713	0.0842	0.5321	0.1209	0.0425	0.3695	0.0434	0.4829	0.0314	0.0944	0.3626	
Fert*maíz	0.4775	0.0309	0.0966	0.0492	0.0497	0.4805	0.0179	0.0268	0.0502	0.0175	0.161	0.1652	0.0053	0.1118	

Cuadro 16. Continuación

F.V.	INSTAR		LARVA		PUPA		
	VI		# Instares	Días	Días	Long	Peso
	Long	Peso					
Fertilización	0.0049	0.0019	0.0391	<0.0001	0.2055	0.0979	< 0.0001
Maíz	0.0103	0.1087	0.6594	0.0001	0.1976	0.3464	0.1055
Fert*maíz	0.0116	0.0528	0.0732	0.0018	0.3073	0.9036	< 0.0001

Cuadro 17. Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad para el factor de fertilización.

FERTILIZACIÓN	INSTAR														
	I		II			III			IV			V			
	Días	Long	Días	Long	Peso	Días	Long	Peso	Días	Long	Peso	Días	Long	Peso	
Composta	2.67 ^c	0.29 ^c	3.30 ^a	0.54 ^c	0.73 ^c	2.67 ^a	0.78 ^c	3.33 ^c	2.87 ^a	0.99 ^b	8.70 ^b	3.20 ^a	1.33 ^c	21.23 ^c	
Vermicomposta	2.87 ^{bc}	0.37 ^{ab}	1.93 ^b	0.69 ^{ab}	3.33 ^{bc}	2.00 ^a	1.07 ^{ab}	13.07 ^b	2.67 ^a	1.49 ^a	35.13 ^a	2.60 ^a	1.89 ^{ab}	65.07 ^{bc}	
Mico-Azos	5.48 ^a	0.39 ^a	3.17 ^a	0.65 ^{abc}	3.34 ^{bc}	2.33 ^a	0.93 ^{abc}	13.07 ^b	2.53 ^a	1.26 ^{ab}	40.10 ^a	3.53 ^a	1.59 ^{bc}	79.80 ^{ab}	
Testigo	4.70 ^{ab}	0.30 ^{bc}	3.02 ^{ab}	0.56 ^{bc}	2.98 ^{bc}	2.72 ^a	0.84 ^{bc}	15.28 ^{ab}	3.03 ^a	1.24 ^{ab}	35.33 ^a	3.43 ^a	1.71 ^{abc}	78.03 ^{ab}	
Mineral	4.08 ^{abc}	0.37 ^{ab}	3.06 ^{ab}	0.70 ^a	8.03 ^a	2.48 ^a	1.08 ^a	22.03 ^a	3.02 ^a	1.55 ^a	55.51 ^a	3.43 ^a	2.05 ^a	124.00 ^a	
Lixiviado	4.20 ^{abc}	0.39 ^a	2.60 ^{ab}	0.69 ^a	6.07 ^{ab}	2.60 ^a	1.03 ^{ab}	18.53 ^{ab}	2.47 ^a	1.36 ^a	36.40 ^a	3.27 ^a	1.73 ^{abc}	68.40 ^{bc}	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Cuadro 17. Continuación

FERTILIZACIÓN	INSTAR		LARVA	PUPA			
	VI			# Instares	Días	Días	Long
	Long	Peso					
Composta	1.70 ^b	48.57 ^b	7.60 ^a	31.67 ^a	12.37 ^a	1.56 ^a	150.50 ^{bc}
Vermicomposta	2.32 ^a	126.10 ^a	7.00 ^{ab}	20.47 ^c	10.63 ^a	1.57 ^a	217.00 ^a
Mico-Azos	1.97 ^{ab}	129.56 ^a	7.17 ^{ab}	29.32 ^{ab}	11.92 ^a	1.48 ^a	142.12 ^c
Testigo	2.15 ^a	124.29 ^a	7.43 ^{ab}	28.65 ^{ab}	10.98 ^a	1.59 ^a	137.80 ^c
Mineral	1.98 ^{ab}	140.28 ^a	6.58 ^b	25.50 ^{bc}	10.81 ^a	1.48 ^a	173.62 ^b
Lixiviado	2.04 ^{ab}	131.73 ^a	7.07 ^{ab}	27.67 ^{ab}	10.77 ^a	1.45 ^a	136.93 ^c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Cuadro 18. Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad para el factor de población de maíz

MAÍZ	INSTAR															
	I		II			III			IV			V			VI	
	Días	Long	Días	Long	Peso	Días	Long	Peso	Días	Long	Peso	Días	Long	Peso	Long	Peso
Blanco	3.45 ^a	0.34 ^a	2.73 ^a	0.61 ^a	3.17 ^a	2.28 ^a	0.92 ^a	11.33 ^b	2.94 ^a	1.27 ^b	31.09 ^a	3.00 ^a	1.70 ^a	67.84 ^a	2.08 ^a	119.87 ^a
Azul	4.35 ^a	0.35 ^a	3.20 ^a	0.62 ^a	5.01 ^a	2.51 ^a	0.93 ^a	14.54 ^{ab}	2.82 ^a	1.24 ^b	35.80 ^a	2.69 ^b	1.62 ^a	68.18 ^a	1.82 ^b	96.93 ^a
Amarillo	4.20 ^a	0.37 ^a	2.60 ^a	0.68 ^a	4.07 ^a	2.61 ^a	1.02 ^a	16.79 ^a	2.53 ^a	1.44 ^a	38.69 ^a	3.13 ^a	1.84 ^a	82.25 ^a	2.18 ^a	133.46 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Cuadro 18. Continuación

MAÍZ	LARVA		PUPA		
	# Instares	Días	Días	Long	Peso
Blanco	7.19 ^a	27.92 ^a	10.83 ^a	1.54a	167.36a
Azul	7.20 ^a	29.67 ^a	11.82 ^a	1.53a	150.96a
Amarillo	7.03 ^a	24.05 ^b	11.09 ^a	1.49a	160.67a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

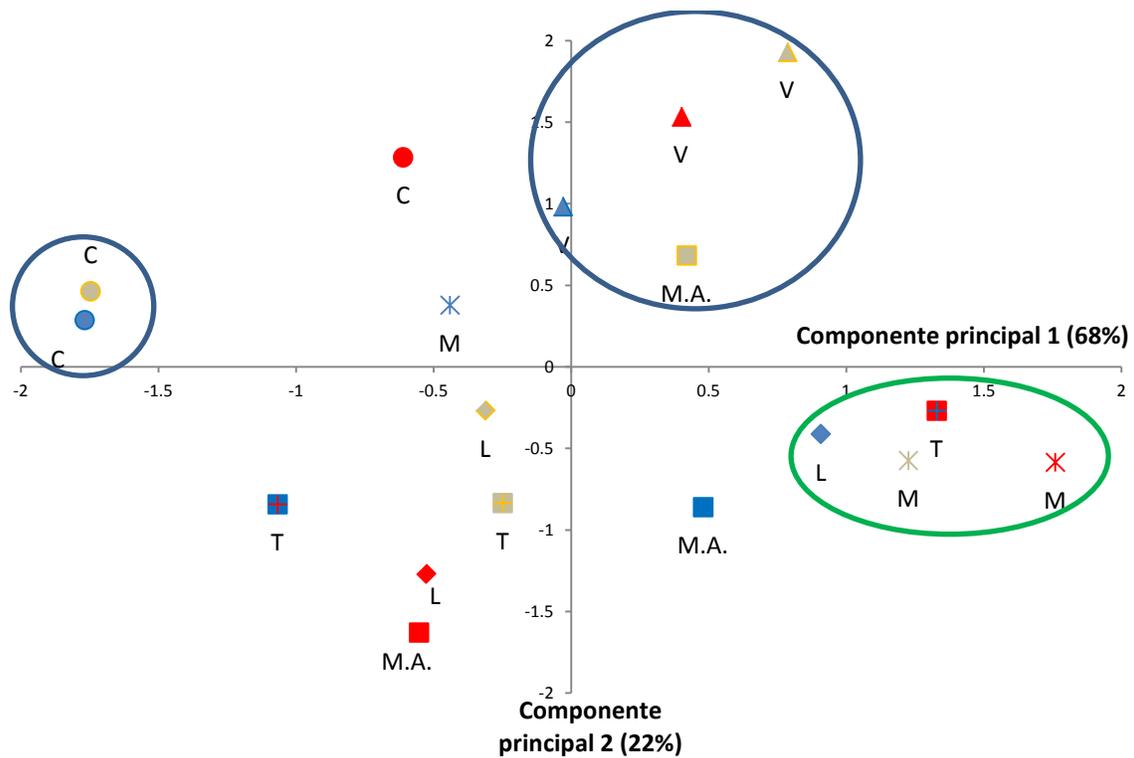


Figura 20. Dispersión de variables físicas de *S. frugiperda*, alimentado con hojas de maíz bolita de distintas coloraciones y bajo diferente fertilización, con base a los dos primeros componentes principales.

C=Composta, V=Vermicomposta, M.A.=Micorrizas-Azospirillum, T=Testigo, M=Mineral, L=Lixiviado.

6.- DISCUSIÓN

6.1 Maíz con fertilización mineral, orgánica y biológica en condiciones semicontroladas

6.1.1 Daño de *S. frugiperda* en plantas de maíz sembrado bajo condiciones semicontroladas.

La incidencia del daño causado por *S. frugiperda* es influido por el tipo de fertilización aplicada al maíz, lo cual corrobora lo dicho por Nicholls (2010) y Luna (1988a) en la que la susceptibilidad fisiológica de las plantas puede verse afectada por el tipo de fertilizante utilizado, pues las plantas fertilizadas con el Lixiviado resultaron menos dañadas, esto puede deberse a la gran abundancia y diversidad de microorganismos benéficos presentes en el Lixiviado, por lo que según Litterick *et al.* (2004) puede considerar como un plaguicida.

6.1.2 Desarrollo de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio, alimentada con maíces fertilizados mineral, organica y biológicamente.

El número de instares para completar la fase larvaria se corrobora con lo dicho por Clavijo y Pérez (2010), *S. frugiperda* con frecuencia presenta 7 instares.

El ANOVA muestra que la diferencia en el número de instares para completar la fase larvaria es debida al tipo de fertilización, no sólo por la temperatura como menciona Clavijo y Pérez (2010), pues las larvas alimentadas con maíces sin fertilizar presentan más instares que los de fertilización mineral. Lo que confirma lo

dicho por Arévalo y Zenner (2009) el número de instares no solo depende de la temperatura medias, sino también de la calidad y tipo de alimento.

No todos los instares larvales presenta diferencias significativas en su duración como en el caso de Murúa *et al.* (2003).

El tiempo de desarrollo en algunos instares y la cantidad de instares larvales son afectados por la fertilización que recibió el maíz que alimentó a las larvas, esto puede ser confirmado por lo expuesto por Murúa *et al.* (2003) y Arévalo & Zenner (2009) quienes afirman que la duración larval varía con la calidad y el tipo de alimento. Larvas del instar V y VI alimentadas con mineral tardan más tiempo en estos estadíos, pero se desarrollan en menor cantidad de instares, lo cual concuerda con Arévalo & Zenner (2009), la larva puede prolongar o acortar el ciclo dependiendo del alimento que disponga.

El peso de la pupa coincide con los reportados por Pantoja *et al.* (1987) y Arévalo & Zenner (2009) que va de 153.8 ± 11 y 197.2 ± 17.5 mg con dieta de hojas de maíz.

6.2 Maíz con fertilización mineral, orgánica y biológica en campo abierto

6.2.1 Caracterización del suelo

Suelo de textura franco arenosa.

6.2.1.1 pH

El pH aumentó en todos los tratamientos, contrario a lo reportado por Mutegi *et al.*, (2012) donde el pH del suelo incrementó en donde se aplicó composta de estiércol, disminuyó en tratamientos con fertilizante mineral combinado con Callandria y se mantuvo en el tratamiento control. A pesar del aumento del pH, la clasificación sigue siendo para la mayoría: medianamente alcalino a excepción de donde se aplicó el fertilizante Mineral, y Lixiviado-maíz Azul y Amarillo. El incremento del pH del suelo con la adición de composta, vermicomposta y micorrizas-azospirillum podría atribuirse al incremento de bases intercambiables (Mutegi *et al.*, 2012).

Según Unger *et al.*, (1991) el aumento del pH puede deberse a la retención de humedad del suelo por la cual se incrementa la concentración de H^+

6.2.1.2 CE

La conductividad eléctrica aumentó en todos los tratamientos, al igual que lo reportado por Golabi *et al.*, (2007) la CE de su suelo experimental aumentó con la adición de composta.

Contradice lo dicho por Piccinini & Bertone (1991) y López *et al.*, (2001), quienes encontraron que al aplicar abonos orgánicos no hay cambios en la CE al igual que López-Martínez *et al.*, (2001) no encontraron diferencias significativas para este parámetro.

6.2.1.3 Velocidad de infiltración y capacidad de campo

La velocidad de infiltración aumentó para algunos tratamientos, se mantuvo o disminuyó al igual que la capacidad de campo, en la mayoría de los fertilizantes orgánicos, el aumento en la capacidad de campo aumenta la velocidad de infiltración, lo que concuerda con Rubio (1974), la adición de abono orgánico incrementa la humedad de los suelos, aunque no se muestren diferencias significativas (López-Martínez *et al.*, 2001) y esto puede deberse a que se espera que la visualización de los cambios en la velocidad de infiltración se vea en menos de un año (Arnold *et al.*, 1990).

Es importante resaltar que para la fertilización mineral, la capacidad de campo disminuyó después del tratamiento, y la velocidad de infiltración disminuyó también, lo cual no sucedió con la fertilización del Lixiviado, donde la capacidad de campo disminuyó y la velocidad de infiltración aumentó.

6.2.1.4 Materia orgánica

La M. O. disminuyó, lo que no concuerda con Castellano (1986) quien señala que la adición de abonos orgánicos al suelo afecta positivamente el contenido de M.O. y otros elementos, aunque pudiera ser que aún no se expresa el efecto acumulativo de los fertilizantes orgánicos (Golabi *et al.*, 2007).

6.2.1.5 Nitrógeno total

Los suelos en donde se pierde más Nitrógeno son los fertilizados con Composta, Micorrizas-Azospirillum y Lixiviado, con un promedio de 0.08%, 0.07% y 0.06%

respectivamente, esto puede ser explicado por el consumo de la planta y de la biota del suelo (Li *et al.*, 2003; Quezada *et al.*, 2007), los microorganismos en el suelo necesitan grandes cantidades de N para su crecimiento y multiplicación (Navarro & Navarro, 2003) y toman el N de los fertilizantes aplicados para satisfacer sus necesidades. En el caso del tratamiento de Micorrizas-Azospirillum, al agregar estos microorganismos al suelo y bajo el supuesto de que existe fauna nativa (Marshner *et al.*, 2004) que compite con los microorganismos agregados, existe una mayor demanda de N por la subsistencia de ambas poblaciones.

El suelo donde se aplicó Vermicomposta, se mantiene casi estable en el porcentaje de N total a excepción de la interacción con maíz Blanco, que baja de categoría. Esta supuesta estabilidad del N puede deberse a la composición química de la vermicomposta como la relación C:N, esta relación puede ser baja y deriva en una lenta mineralización del N, por ello podríamos ver la supuesta estabilidad en la vermicomposta; además el contenido de N en el suelo puede ser muy cambiante como lo muestran Ayuque *et al.*, (2003) en su experimento, y esto depende de la microbiota presente en el suelo y la calidad de los residuos orgánicos aplicados.

El tratamiento Testigo se mantiene casi estable en el porcentaje de N total a excepción de la interacción con el maíz Amarillo en donde sube de categoría. Esta ganancia de N puede ser por los microorganismos del suelo que están fijando N atmosférico, esta población nativa mantiene su equilibrio, o bien podemos estar ante la observación del momento en que el dato parece haber estado fijo pero que

sufrió varios cambios en el tiempo intermedio en el que no se midió el N como lo experimentado por Ayuque *et al.*, (2003).

El tratamiento Mineral se mantiene casi estable en el porcentaje de N total a excepción de la interacción con el maíz Amarillo en donde baja de categoría. En este caso del mismo porcentaje de N antes y después de la fertilización puede estar mermado por la falta de observaciones en diferentes tiempos mientras se mantuvo el cultivo como en el experimento realizado por Ayuque *et al.*, (2003). En cuanto a la baja del porcentaje de N puede deberse al consumo de la planta o la lixiviación del elemento (Gutierrez-Micelli *et al.*, 2008).

La gran mayoría de los parámetros evaluados disminuyeron, esto puede deberse a que el maíz es un cultivo muy demandante por lo cual bajan todos los parámetros.

6.2.1.6 Fósforo aprovechable

Es natural que el contenido de Fósforo, al igual que del Nitrógeno (Below, 2002) del suelo disminuya pues la planta absorbe estos nutrientes para suplir sus necesidades (Delgado *et al.*, 2004).

6.2.2 Daño de *S. frugiperda* en plantas de maíz bolita en campo abierto

Aunque se esperaría que las plantas que fueron infestadas presentaran mayor daño, no resultó así. Las plantas infestadas presentan menor daño, las plantas no infestadas tienen mayor daño por *S. frugiperda*. Esto puede atribuirse a la llegada de una población silvestre de *S. frugiperda*, pues se sabe que el insecto adquiere

un comportamiento gregario, que lo impulsa a desplazarse en grandes grupos de larvas (Clavijo y Pérez, 2000). Real-Castillan *et al.*, (2015) obtuvieron plantas sin fertilizar con menor daño que las fertilizadas. Al final al ingresar esta variable en el análisis de componentes principales, no se observa como una variable de gran peso para la obtención del rendimiento.

6.2.3 Crecimiento y rendimiento de maíz

En este experimento, al igual que en los estudios realizados por García-Olivares *et al.* (2007) y Aguilar *et al.* (2015) no se encontraron efectos importantes derivados de la biofertilización en el crecimiento del maíz y el rendimiento del grano. Quizás habría que combinar los fertilizantes orgánicos con los minerales como lo mencionan Okalebo *et al.* (2003), pues de esta forma logró incrementar el rendimiento del maíz.

El rendimiento de maíz no presenta diferencias significativas en el tratamiento con aplicación de *Azospirillum*-Micorrizas al igual que el experimento realizado por Aguilar *et al.*, (2015) realizado con la aplicación de *Azospirillum*. Esta respuesta puede atribuirse a la capacidad del biofertilizante para establecerse (Pecina-Quintero *et al.*, 2005).

La falta de diferencias significativas entre los tratamientos puede deberse al corto plazo de monitoreo, pues los efectos de los fertilizantes orgánicos, en suelos y plantas, son detectados después de un periodo largo (Phelan *et al.*, 1995, Morales *et al.*, 2001).

Plantas sin fertilizar, o fertilizadas con micorrizas-azospirillum y mineral son las más altas y llegan a medir 2 m, lo que concuerda con la descripción de Welhausen *et al.* (1951). Las plantas fertilizadas con mineral no se diferencian de las plantas no fertilizadas como lo encontrado por Real-Santillan *et al.*, (2015).

La fertilización influye en el ancho de las hojas. Plantas fertilizadas con mineral presentan hojas más anchas y las fertilizadas con composta y micorrizas-azospirillum tiene hojas angostas.

Se obtuvieron hojas más largas a las reportadas por Wellhausen *et al.* (1951) esto puede deberse a la fertilización que aumenta su longitud.

Micorrizas-azospirillum produce más mazorcas blancas y azules que las demás fertilizaciones. Según Fernández (2002), la infestación por *Spodoptera frugiperda* no reduce el número de mazorcas por planta, y argumenta que se debe mayormente a factores bióticos y abióticos que influyen sobre la planta para la producción de mazorcas.

El diámetro de las mazorcas producidas, coincide con lo reportado por Welhausen *et al.* (1951) quienes describen el diámetro de la mazorca con 4.2 cm. El diámetro es influido por la fertilización, población de maíz e infestación.

La longitud de las mazorcas producidas es mayor a lo reportado por Welhausen *et al.* (1951) en su descripción de la raza "bolita" nos muestra que las mazorcas miden en promedio 11.6 cm de largo.

En el experimento realizado, no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento entre las plantas que fueron infestadas con *S. frugiperda* y las plantas libres de la infestación, lo que apoya lo dicho por Clavijo y Pérez (2010) quienes mencionan que la defoliación causada por esta plaga es de escasa importancia económica, pues no afecta de manera directa el rendimiento. O puede que estemos ante una raza resistente a *S. frugiperda*, como lo es la raza zapalote chico reportada por Wiseman y Widstrom (1986), pues Wellhausen *et al.* (1951) plantea la posibilidad de que el maíz bolita proviene de la hibridación entre las razas de zapalote chico y tabloncillo.

Para estudio posteriores, se debería aumentar la dosis de composta y vermicomposta a 20 o 30 t ha⁻¹, en la cual, López-Martínez *et al.*, (2001) reportan cambios en las propiedades químicas del suelo.

Las prácticas agrícolas que causan desbalances nutricionales, disminuyen la resistencia de las plantas a plagas (Magdoff y Van Es, 2000).

6.2.4 Desarrollo de *S. frugiperda* alimentado con maíces fertilizados mineral, orgánica y biológicamente.

El número de instares llega a ocho, como lo reportado por (Sosa, 2002), pero hay larvas que se desarrollan hasta en seis instares, y esto puede deberse a la calidad de la alimentación recibida mas no a la temperatura, como lo reportan Clavijo y Pérez (2000). Hernández *et al.*, (2009) mencionan que dosis crecientes de fertilizante nitrogenado provoca mayor potencial biótico, aumenta poblaciones y

acorta el ciclo biológico de *Sipha flava* en cambio la fertilización potásica provoca lo contrario.

El desarrollo larval fue de 21.6 días en promedio, el periodo pupal ocupó alrededor de 20.3 días (Chacón *et al.*, 2009).

Marengo (1988) menciona que la metamorfosis de *S. frugiperda* esta sumamente influenciada por la temperatura, humedad y la alimentación.

Urretabizkaya (2010) menciona que la duración de la fase larvaria varía de 15 a 30 días, en este experimento se llega a concluir la etapa larvaria a los 37 días, esto al igual que el número de instares puede ser influido por la alimentación recibida.

Morales *et al.* (2010) reportan el tiempo en estado de pupa de *S. frugiperda* entre 6 y 17 días y Vickery (1929) dice que el periodo varía dependiendo de la longitud de la pupa y la temperatura. En este experimento la pupa duró de 10 a 14.6 días.

Chen *et al.*, (2008) y Real-Santillan *et al.*, (2015) mencionan que hay una correlación positiva entre la cantidad de nitrógeno adicionado a las plantas y a la eficiencia de los insectos para transformar el alimenticio en tejidos de su cuerpo (peso y longitud).

Urretabizkaya (2010) dice que la pupa mide de 1.5 a 1.8 cm, en este experimento la longitud varía de 1.4 a 1.7 cm.

Flores (2000) reporta que el peso de las larvas de *S. frugiperda*, la duración de los estadios larvales, el peso de las pupas y el tiempo en estado de pupa es afectada

por la variedad de maíz con que se alimenta. Pero también puede deber a la fertilización que recibe esa variedad de maíz con la que se alimenta, como lo reportado por Real–Santillan *et al.*, (2015) en donde las larvas alimentadas con plantas bajo fertilización mineral presentan mayor peso que las alimentadas con plantas sin fertilización.

7.- CONCLUSIONES

Las propiedades químicas del suelo no tienen cambios muy expresivos del tipo de fertilización aplicada .Habría que tener un mayor tiempo para evaluar los cambios en diferentes periodos y así poder concluir cual es el efecto de la fertilización en las propiedades químicas del suelo.

Las plantas responden a la presencia de *S. frugiperda*, la fertilización afecta la susceptibilidad de la planta al daño.

La población de maíz, fertilización e infestación no influyen en el rendimiento

El desarrollo de *S. frugiperda* es influido por la fertilización de la población de maíz.

8.- LITERATURA CITADA

- Alarcón, A. & Ferrera-Cerrato, R. 2000. Biofertilizantes: Importancia y utilización en la agricultura. *Agricultura Técnica en México*, 26 (2): 191-203.
- Altieri M. A. y Nicholls, C. 2006. Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología*. 30-38.
- Álvarez, J. A. 1991. Reseña histórica y aspectos bioecológicos del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). In *Memorias Seminario Spodoptera frugiperda en sorgo, maíz y otros cultivos*. Zuluaga, J. L. Muñoz, G. (comp., ed.) Calí, Colombia 96p: 12-16.
- Anderson, T.-H., & Domsch, K.H., 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biology & Biochemistry* 21, 471-479.
- Ángeles, G. E., Ortiz, T. E., López, P. A., López, R. G. 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33:287-296.
- Antonio, M. M., Arellano, V. J. L., García, S. G., Miranda, C. S., Mejía, C. A., González, C. F. 2004. Variedades criollas de maíz azul raza chalqueño. Características agronómicas y calidad de semilla. *Rev. Fitotec. Mex.* 27 (1): 9-15.
- Aragón Cuevas, F. et al., 2006. Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales

Agrícolas y Pecuarias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS002
México, D.F.

Aragón-Cuevas. F. 2008. Tecnología para la producción de maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca. Revista Agroproduce. Julio 2008. Oaxaca, Oaxaca. pp. 18.

Aragón-Martínez, M. C. 2011. Variación genética en maíces criollos de la región Loxicha, Oaxaca. Tesis. Revisado 01/04/2016 http://www.conacyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/Fomento-investigacion/Tesis/Tesis_julio_2011_97-2003.pdf.

Arellano, V. J. L., Tut, C. C., María, R. A., Salinas, M. Y., Taboada, G. O. 2003. Maíz azul de los valles altos de México. Rendimiento de grano y caracteres agronómicos. Rev. Fitotec. Mex. 26(2):101-107.

Arévalo, M. H. & Zenner, de P. I. 2009. Evaluación de dietas merídicas para la cría en laboratorio de *Spodoptera frugiperda* (j. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Revista U. D. C. A. Actualidad y divulgación científica. 12 (1):79-90.

Arnold, R. W., Szabolcs, I., Targuliam, V. O. 1990. Global Soil Change. Report of an International Institute for Applied System Analysis. International Society of Soil Science, UNE. Laxenburg, Austria. 110p.

ARS/USDA Agricultural Research Service, Corn. Boosting Quality, Productivity and Safety. U.S. Department of Agriculture, EEUU., 2010.

Arteaga, L. E. 1997. Bacterias fijadoras de nitrógeno de la rizosfera, cualosfera y filosfera de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Programa de Edafología. Montecillo, Edo. de Méx., México.

Ávila, C. J., Degrande, P. E., Gómez, S. A. 1997. Insetos prega: reconhecimento, comportamento, danos e controle, pp. 157-180. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA. Milho informações técnicas. Dourados.

Ayuque, F. O., Rao, M. R., Swiff, M. J., Opondo-Mbai, M. L. 2003. Effect of organic and inorganic nutrient sources on soil mineral nitrogen and maize yields in western Kenya. En: Managing nutrient cycles to sustain soil fertility in sub-Saharan Africa. Edited Batonio, André. 67:76

Bahena, J., F., Arredondo, B. H.C., Vázquez G. M., González H. A., Miranda S. M. A. 2002. Parasitoides del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lep.: Noctuidae) en el occidente de México. Entomol. . Mex 1: 260 - 265.

Bashan, Y 1998. Azospirillum plant growth-promoting strains are nonpathogenic on tomato, pepper, cotton and wheat, Cd Can J. Microbiol. 44: 168-174.

- Bashan, Y; Ream, Y; Levanony, H. and Sade, A. 1989. Nonspecific responses in plant growth, yield, and root colonization of noncereal crop plants to inoculation with *Azospirillum brasilense* Can. J. Bot. 67:1317-1324.
- Below, F. E. 2002. Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho. Informações Agronômicas, n. 99, p. 7-12, 2002.
- Blanco, C. A., M. Portilla, J. L. Jurat-Fuentes, J. F. Sánchez, D. Viteri, P. Vega-Aquino, A. P. Terán-Vargas, A. Azuara-Domínguez, J. D. López, R. Arias, *et al.* 2010. Susceptibility of isofamilies of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to Cry1Ac and Cry1Fa proteins of *Bacillus thuringiensis*. Southwest. Entomol. 35: 409 – 415.
- Borbolla, I. S. 1981. Estudio comparativo de insecticidas a diferentes dosis y número de aplicaciones para el control de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en maíz de temporal. Agronomía en Sinaloa-UAS 1:21-30.
- Broadway, R. M., Duffey, S. S., Pearce, G., Ryan, C. A. 1986. Plant proteinase inhibitors: a defense against herbivorous insects? Entomol. Exper. Appl. 41: 33-38.
- Butler, D. M., Ranells, N. M., Franklin, D. H., Poore, M. H., Green, J. T. 2007. Ground cover impacts on nitrogen export from manured riparian pasture. J. Environ. Qual. 36:155-162.

- Casmuz, A., Juárez, M. L., Socías, M. G., Murúa, M. G., Prieto, S., Medina, S., Willink, E. Gastaminza, G. 2010. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae). Rev. Soc. Entomol. Argent. Vol 69(3).
- Castellanos, J. Z. 1986. Evaluación del estiércol de bovino y gallinaza como fuente de fósforo en el cultivo de alfalfa. Agric. Tec. México 12: 247-258.
- Chaboussou, F. 1987. Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos (A teoría da Trafobiose), Ed. L. y PM. Porto Alegre, 256 pp.
- Clavijo, A. S. Fernández-Badillo, A., Ramírez, A. A., Delgado, A., Lathullerie, J. M. 1991. Influencia de la temperatura sobre el desarrollo de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE). Agronomía Tropical. 41(5-6):245-256.
- Clavijo, S. & Perez G, 2000. Protección y Sanidad Vegetal (Capítulo 6). En: Fontana Nieves, H. & C. González Narváez (eds.), Insectos plagas del maíz (Sección 2). Fundación Polar, Caracas, Venezuela, pp. 345-361.
- Cortez-Mondaca, E., J. Pérez-Márquez, and F. Bahena-Juárez. 2012. Control biológico natural del gusano cogollero (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz y sorgo, en el norte de Sinaloa, México. Southwest. Entomol. 37: 423– 428.
- Cruz, S. E. 2009. Evaluación del parasitismo natural en *Spodoptera frugiperda* (Smith) (LEPIDOPTERA:NOCTUIDAE) en Maíz. Tesis de Maestría. Instituto

Politécnico Nacional. CIIDIR-Unidad Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, 47 p.

Cruz-Sosa, E., Martínez-Martínez L., Briones-Salas, M. Á. 2010. Diversidad de los parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en Oaxaca, México. *Entomología Mexicana* 9: 138-142.

De la Cruz R. E., Manalo, M. Q., Aggangan, N .S. y Tambalo, J. D. 1988. Growth of three legume trees inoculated with VA mycorrhizal fungi and Rhizobium. *Plant and Soil* 88:111-115.

Delgado, R., Núñez, U. M. C., Velásquez, L. 2004. Acumulación de materia seca, absorción de nitrógeno, fósforo y potasio por el maíz en diferentes condiciones de manejo de la fertilización nitrogenada. *Agronomía Trop.* 54(4): 371-389.

Dirzo, R. y Domínguez, C. A. 1995. Plant-herbivore interactions in Mesoamerican tropical dry forests. In S. H. Bullock, H. Mooney, and E. Medina (Eds.) *Seasonally dry tropical forests*. pp. 304–325, UK: Cambridge University Press.

Espinosa A., E.; Venegas G., J., Quintero S., R., Martínez B. E., 1995. Aislamiento e inoculación de *Azospirillum* spp. en maíz en invernadero. *Terra (México)* 13:264-275.

- Estrada-Virgen, O., Cambero-Campos, A. J., Robles-Bermudez, C., Ríos-Velasco, Carvajal-Cazola, C., Isiordia-Aquino, N., Ruíz-Cancino, E. 2013. Parasitoides y entomopatógenos nativos asociados al gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en Nayarit, México. Southwest. Entomol. 38: 339 –344.
- Fernández, J. & Expósito, I., 2000. Nuevo método para el muestreo de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) en el cultivo del maíz en Cuba. Centro Agrícola.
- Fernández, J. L. 2002. Nota corta: Estimación de umbrales económicos para *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz. Invest. Agr.:Prod. Prot. Veg. 17(3) 467-474.
- Flores, H. R. 2000. Efecto de la variedad de maíz sobre el desarrollo y susceptibilidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (lepidóptera:Noctuidae) a *Bacillus thuringiensis*. Tesis de Maestría. Universidad de Colima. Tecomán Colima.
- Flores, H. R. 2000. Efecto de la variedad de maíz sobre el desarrollo y susceptibilidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (lepidóptera:Noctuidae) a *Bacillus thuringiensis*. Tesis de Maestría. Universidad de Colima. Tecomán Colima.
- García, J. L. & Clavijo, S. 1989. Efecto de la alimentación sobre la duración y sobrevivencia de las fases de larva, prepupa y pupa de *Spodoptera frugiperda*. Bol. Entomol. Ven. N.S. 5(3): 28-36.

- García, J. L. 1982. Estudio sobre la biología, comportamiento y ecología de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera:Noctuidae). Tesis de Doctorado. Fac. Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay. 222 pp.
- García, L., Castillejos, V., Willians, T. 1998. Sinergismo entre un nucleopolihedrovirus y un granulovirus para el combate biológico de *Spodoptera frugiperda* (LEP.:NOCTUIDAE) En: Memorias XXI Congreso Nacional de Control Biológico. 300-302.
- García, S. J. A., Villareal, R. M., Sánchez, P. P., Parra, T. S., Hernández, V. S. 2013. Fertilización con vermicomposta en maíz criollo y su tasa de descomposición en el suelo.
- Gassen, D. N. 1993. Manejo de plagas. En: Eds. Centro Nacional de Pesquisa de trigo-EMBRAPA, Fundação centro de experimentação e pesquisa-fecotrigo. Fundação abc para assistência e divulgação técnica agropecuária. Plantio direto no Brasil. p. 129-140.
- Golabi, M. H., Denney, M. J., Iyekar, C. 2007. Value of composted organic wastes as an alternative to synthetic fertilizers for soil quality improvement and increased yield. *Compost science & utilization* 15(4) 267-271.
- González R., L. P. 1994. Caracterización de microorganismos de mucigel y rizosfera de maíz olotón de la región Mixe, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma "Benito Juárez". Oaxaca, Oax., México.

- Gutiérrez-Micelli, F. A., García-Gómez, R. C., Rincón, R. R., Abud-Archila, M., Oliva, L. M. A., Guillén, C. M. J., Dendooven, L. 2008. Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate.
- Han, S. O. & New, P. B. 1998. Variation in nitrogen fixing ability among natural isolates of *Azospirillum*. *Microb. Ecol.* 36: 193-201.
- Harms, D., & Mattson, W. 1992. The dilemma of plants: to grow or defend. *Quart. Rev. Biol.* 67, 283-333.
- Hernández C. J. 1994. Reproducción de lepidópteros de cereales *Diatraea* spp, *Heliothis zea* (Boddie) y *Spodoptera frugiperda* (Smith). Técnicas para la cría de insectos. Colegio de Postgrados en Ciencias Agrícolas: 49 p.
- Hernández M. J. L. 1989. Ecopathologie et degats de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en culture de mais au Mexique (etat de Colima) possibilite de lutte a l'aide de la bacterie entomopatogene *Bacillus thuringiensis*. Tesis Doctorado, Escuela Nacional Superior de Agronomía, ENSAM Montpellier, Francia: 147 p.
- Hernández, M. C. A., Días, S. J., Gómez, S. J. R. 2009. Influencia de la fertilización nitrogenada y potásica sobre algunos parámetros biológicos del áfido *Sipha flava* Forbes en caña de azúcar. *Centro Agrícola* 26(1):47-51.

- INEGI, 1997. El maíz en el Estado de Oaxaca. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/380/702825118259/702825118259.pdf, revisado el 30/03/2016.
- INEGI, 2006. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.
- Ju, X. T., C. L. Kou, F. S. Zhang, and P. Christie. 2006. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. *Environ. Pollut.* 143:117-125.
- Kato, T. A., Mapes, S. C., Mera, O. L. M., Serratos, H. J. A., Bye, Boettler, R. A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F.
- LAMP (Proyecto Latinoamericano de Maíz). 1991. ARS-USDA, CIMMYT, Pioneer Hi-Bred International Inc., Universidad Agraria La Molina (Perú).
- Li, J., Zhang, J., Ren, L. 2003. Water and nitrogen distribution as affected by fertirrigation of ammonium nitrate from a point source. *Irrig. Sci.* 22:19-30.
- Litterick, A. M., Harrier, L., Wallace P., Watson, C. A., Wood, M. 2004. The role of uncomposted materials, compost, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate

agricultural and horticultural crop production: A review. *Crit. Rev. Plant Sci.* 23: 453-479.

López, M. J. D., Díaz, E. A., Martínez, R. E., Valdez, C. R. D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra*, 19 (4).

López-Martínez, J. D., Días, E. A., Martínez, R. E., Valdez, C. R. D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra* 19: 293-299.

Luna, J. M. 1988a. Influence of soil fertility practices on agricultural pests. In: *Global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems. Proc. Sixth: Int. Sci. Conference of IFOAM, Santa Cruz, CA, 589-600.*

Luna, J. M. 1988b. En *Global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems. Proc. Sixth. Int. Sci. Conference of IFOAM Santa Cruz, CA. 589-600.*

Marschner, P., D. Crowley y C. Hong Yang. 2004. Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plant species, nutrition and soil type. *Plant Soil* 261:199-208.

Martínez, A. M., Caballero, P., Villanueva, M., Miralles, N., San Martín, I., López, E., Williams, T. 2004 Formulation with an optical brightener does not

- increase probability of developing resistance to *Spodoptera frugiperda* nucleopolyedrovirus in the laboratory. J. Econ. Entomol. 97:1202-1208.
- Martínez-Martínez, L., R. Jarquín-López y M. E. Silva-Rivera. 2011. Fauna benéfica en cultivos de maíz y maíz-frijol en Oaxaca, México: Arácnidos. Entomología Mexicana 10: 118-122.
- Martínez-Martínez, L., R. Jarquín-López., Sánchez, J. A. 2013. Fluctuación poblacional de dos especies de parasitoides del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Smith). Entomología Mexicana 12: 360-364.
- Massieu, T. Y. & Lechuga, M. J. 2002. El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. En Análisis económico 281:303.
- Meyer, G. A. 2000. Interactive effects of soil fertility and herbivory on *Brassica nigra*. Oikos 22:433-441.
- Mitchell, E. R., J. N. Mcneil, J. K. Westbrook, J. F. Silvain, B. Lalanne-Cassou, R. B. Chalfant, S.D. Pair, V. H. Waddill, A. Sotomayor-Ríos & F. I. Proshold. 1991. Seasonal periodicity of fall armyworm, (Lep.: Noctuidae) in the Caribbean Basin and Northward to Canada. Journal of Entomological Science 26 (1): 39-50.
- Mitchell, E. R., W. W. Copeland, A. N. Sparks & A. A. Sekul. 1974. Fall armyworm: disruption of pheromone communication with synthetic acetates. Environmental Entomology 3: 778- 780.

- Molina-Ochoa, J., J.E.J. Carpenter, R. Lezama-Gutiérrez, J. E. Foster, M. González-Ramírez, C. A. Angel-Sahagún, and J. Farías-Larios. 2004. Natural distribution of hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. *Fla. Entomol.* 87: 461– 472.
- Morales, H. 1998 Pest control and soil management in the Guatemalan highlands: understanding traditional agricultural practices. Ph D. Dissertation. School of Natural Resources and Environment, The University of Michigan, Ann Arbor, M. I.
- Morales, H., Perfecto, I., Ferguson, B. 2001. Traditional fertilization and its effect on corn insect populations in the Guatemalan highlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84:145-155.
- Morales, H., Perfecto, I., Ferguson, B. 2001. Traditional fertilization and its effect on corn insect populations in the Guatemalan highlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84:145-155.
- Morales, P., Noguera, Y., Escalona, E., Fonseca, O., Rosales, C., Salas, B., Ramos, F., Sandoval, E., Cabañas, W., 2010. Sobrevivencia larval de *Spodoptera frugiperda* Smith con dietas artificiales bajo condiciones de laboratorio. *Agronomía Trop.* 60 (4):375-380.
- Morón, A. M. y Terrón, R. 1988. *Entomología práctica*. Instituto de Ecología. México: 12, 373, 423.

- Muñozcano, R. M. 2011. Diversidad genética del maíz, prespectivas para su conservación y desarrollo en una comunidad mixteca de Oaxaca: Santa María Tataltepec. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, campus Montecillo. Texcoco, Edo. de México.
- Murillo, A. 1991. Distribución, importancia y manejo del complejo *Spodoptera* en Colombia. En: Memorias Seminario *Spodoptera frugiperda* (El gusano cogollero) en sorgo, maíz y otros cultivos. Zuluaga, J. L. Muñoz, G. (comp.,ed.) Calí, Colombia 96p. Pag. 15-23.
- Murúa, M. G., Virla, E. G., Defagó, V. 2003. Evaluación de cuatro dietas para la cría de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) destinada a mantener poblaciones experimentales de himenópteros parasitoides. Bol. San. Veg. Plagas (Argentina). 29:43-51.
- Mutegi, E. M., Biu, K. J., Mucheru-Muna, Pypers, P., Mugendi, D. N. 2012. Complementary effects of organic and mineral fertilizers on maize production in the smallholder farms of Meru South District, Kenya. Agriculture science 3 (2): 221-229.
- Navarro, B. S. & Navarro, G. G. 2003. El Nitrógeno en la planta. En: Química agrícola 2da edición. Eds. Mundi-Prensa. Madrid, España. 487pp.
- Nicholls, C. I. 2010. Contribuciones agroecológicas para renovar las fundaciones del manejo de plagas.

- Ochoa, M., Figueroa, V., Cano, R., Preciado, A., Moreno, R., Rodríguez, D. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 15 (3): 245-250.
- Oka, I.N., & Pimentel D. 1976. Herbicide (2,4D) increases insect and pathogen pests on corn. *Science* 143:239-240.
- Ortega Paczka, R. A., Sánchez, G. J. J., Castillo, G. F., Hernández, C. J. M. 1991. Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México. En Ortega P., Palomino, H. G., Castillo, G. F., González, H. V. A., Livera, M. M. (eds.). *Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México*. Soc. Mex. de Fitogenética, A.C., Chapingo, México.: 161-185.
- Ortega, P. R. 2003. La diversidad del maíz en México. In: *Sin Maíz no hay País. Culturas populares de México*. México, D. F. pp: 123-154.
- Paerl, H. W. 2006. Assessing and managing nutrient-enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters: Interactive effects of human and climatic perturbations. *Ecol. Eng.* 26:40-54.
- Painter, R. H. 1951. *Insect resistance in crop plants*. Macmillan Publ. Co., New York: 520 p.

- Pantoja, A., Smith, C. M., Robinson, J. F. 1987. Development of fall armiworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), strains from Louisiana and Puerto Rico. *Environ. Entomol.* 16 (1):116-119.
- Phelan P. L., Mason J. F., Stinner, B. R. 1995. Soil fertility management and host preference by European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, on *Zea mays*: a comparison of organic and conventional chemical farming. *Agric. Ecosyst. And Env.* 56:1-8.
- Phelan P. L., Mason J. F., Stinner, B. R. 1995. Soil fertility management and host preference by European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, on *Zea mays*: a comparison of organic and conventional chemical farming. *Agric. Ecosyst. And Env.* 56:1-8.
- Piccinini, S. & Bortone, G. 1991. The fertilizer value of agricultura manure: simple rapid methods of assessment. *J. Agric. Eng. Res.* 49: 197-208.
- Poneleit, G. C. 2001. Breeding white endosperm corn. In. *Specialty corn*. Edited. Hallauer, A. R. second edition. CRC Press.
- Quezada, C., Vidal, I., Lemus, L. Sánchez, H. 2007. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre rendimiento y calidad de fruta de frambuesa (*Rubus ideaus* L.) bajo dos programas de fertirrigación. *R. C. Suelo Nutr. Veg.* 7:1-15.

- Ramírez-Gama, R.M. y Luna-Millán, B. 1995. Simbiosis asociativas. In: Ferrera-Cerrato, R y Pérez-Moreno, J. (eds.). Agromicrobiología, Elemento útil en la agricultura sostenible. Colegio de Montecillo, Edo. de Méx., México. p. 143-165.
- Real-Santillan, R. O., de Gortaria, E. Martínez- Castillo, A. M., Zamora-Avilés, N., Williams, T., Larsen, J. 2015. Efectos de la fertilización e irrigación sobre las interacciones entre el gusano cogollero y el maíz. Entom. Mex. (2): 380-385.
- Reyes, C. P.1990. El maíz y su cultivo. Primera edición. AGT Editor. México 640 pp.
- Rodríguez, H.C., 2005. Plantas contra plagas 2. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Esatdo de México, p. 209.
- Rojas, J. C., Virgen, A., Cruz-López, L. 2003. Chemical and tactile cues influencing oviposition of a generalist moth, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Environ Entomol 32:1386-1392.
- Rubio, M. D. 1974. Evaluación de residuos orgánicos estabilizados (compost) obtenidos en el basurero de Monterrey, N. L. desde el punto de vista de su utilización agrícola. Seminarios Técnicos 1 (1):13. Centro de Investigación Agrícola del Noreste. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Torreón, Coahuila, México.

Ryan, C. A. 1983. Insect-induced chemical signals regulating natural plant protection strategies, pp. 43-60 in R. F. Denno and M. S. McClure (ed.), *Variable plants and herbivores in natural and managed systems*. Academic, New York.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. 2016. <http://www.numerosdelcampo.sagarpa.gob.mx/publicnew/productosAgricolas/cargarPagina/3>. Revisado el día 07/03/2016

Salinas M. Y., Soto H. M., Martínez B. F., González H. V., y Ortega P. R. 1999. Análisis de antocianinas en maíces de grano azul y rojo provenientes de cuatro razas. *Rev. Fitotec. Mex.* 22: 161-174.

Sánchez, G., Goodman, M. M., Stuber, C. W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54(1):43-59.

Sanz, M., H. L. A. M. L., 1975. Correlation index between organic carbon and nitrogen in the soils of the Ebro Valley. *Aula Dei* 13 (1/2), 140-149.

Scheer, C., R. Wassman, K. Kienzler, N. Ibragimov, and R. Eschanov. 2008. Nitrous oxide emissions from fertilized, irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in the Aral Sea Basin, Uzbekistan: Influence of nitrogen applications and irrigation practices. *Soil Biol. Biochem.* 40: 290–301.

SEMARNAT, 2001. NOM-021-SEMARNAT-2000. Diario Oficial.

SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2014.
<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

Revisado en 07/03/2016.

Simpson, K. 1986. Abonos y estiércoles. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Sosa, M. A. 2002. Daño por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz bajo siembra directa en diferentes épocas en el noreste santafesio. INTA.

Sparks, A. 1979. A review of the biology of the fall armyworm. Florida Entomologist 62: 82-87.

Thorburn, P., J. S. Biggs, K. L. Weier, and B. A. Keating. 2003. Nitrate in groundwaters of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. Agr. Ecosyst. Environ. 94:49-58.

Unger, P. W., Steward, B. A., Parr, J. F., Singh, R. P. 1991. Crop residue management and tillage methods for conserving soil and water in semi-arid regions. Soil Tillage Res. 20: 219-240.

Urretabizkaya, N.V., A.; Saini, E. (Ed), 2010. Insectos perjudiciales de importancia agropecuaria: 1. Lepidopteros. INTA.

Vigouroux, Y., Glaubitz, J. C., Matsuoka, Y., Goodman, M. M., Sánchez, G. J., Doebley, J. 2008. Population structure and genetic diversity of new world

maize races assessed by DNA microsatellites. *Amer. J. Bot.* 95(10):1240-1253.

Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M.; Hernández, E. X. y Mangelsdorf, P. C. 1951. Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. Oficina de Estudios Especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). México, D. F. Folleto técnico Núm. 5. 195-199.

Werner, D. 1992. Physiology of nitrogen-fixing legume nodules. Compartments and functions. En: Stacey, G.; Burris, R.H. and Evans, H.1. (eds.). *Biological nitrogen fixation*. Chapman & Hall. New York, N.Y., U.S.A. :399-431.

Wiseman B. R. & F. M. Davis. 1979. Plant resistance to the fall armyworm. *Fla. Entomol.* 62 (2): 123-130.

Wiseman B. R. 1985. Development of resistance in corn and sorghum to foliar and ear/panicle-feeding worm complex. *Proc 49th Annu. Corn and Soybean Ind. Res. Conf.* 40:108-124.

Yu-kui, R. Shii-ling, J. Fu-suo, Z., Jian-bo, S. 2009. Effects of nitrogen fertilizer input on the composition of mineral elements in corn grain. En: *Agrociencia* 43:21-27.

Zamora, M., Martínez, A. Nieto, M., Schneider, M., Figueroa, J., Pineda, S. 2008. Actividad de algunos insecticidas biorracionales contra el gusano cogollero. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 31 (4): 351-357.

Zerbino, M. S. & Fassio, A. 1991. Incidencia de algunos insectos plaga sobre el rendimiento de maíz. Montevideo, Uruguay. INIA. Hoja de divulgación N° 13.

Zhao, X., C. Zhang, C. Guigas, Yue Ma, M. Corrales, B. Tauscher, and X. Hu. 2009. Composition, antimicrobial activity, and antiproliferative capacity of anthocyanin extracts of purple corn (*Zea mays* L.) from China. *Eur. Food Res. Technol.* 228: 759-765.

ANEXOS

ANEXO 1. Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad del daño por *S. frugiperda* en plantas en condiciones semicontroladas

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	Media
MICO-AZOS	AMARILLO	2.28 ^a
MINERAL	AZUL	2.24 ^a
VERMICOMPOSTA	AZUL	2.16 ^{ab}
COMPOSTA	AMARILLO	2.13 ^{ab}
TESTIGO	AMARILLO	2.09 ^{abc}
TESTIGO	AZUL	2.08 ^{abcd}
MICO-AZOS	AZUL	2.00 ^{abcd}
MICO-AZOS	BLANCO	1.83 ^{abcde}
COMPOSTA	AZUL	1.82 ^{abcde}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	1.77 ^{abcde}
TESTIGO	BLANCO	1.62 ^{abcde}
MINERAL	AMARILLO	1.32 ^{bcde}
COMPOSTA	BLANCO	1.27 ^{bcde}
MINERAL	BLANCO	1.19 ^{cde}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	1.17 ^{de}
LIXIVIADO	BLANCO	1.07 ^e
LIXIVIADO	AZUL	1.03 ^e
LIXIVIADO	AMARILLO	1.01 ^e

ANEXO 2. Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad del daño por *S. frugiperda* en plantas en campo abierto

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	INFESTACIÓN	Medias
VERMICOMPOSTA	AZUL	SIN	2.29 ^a
TESTIGO	AZUL	SIN	2.22 ^{ab}
MICO-AZOS	AZUL	SIN	2.10 ^{abc}
MICO-AZOS	BLANCO	CON	2.10 ^{abc}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	SIN	2.08 ^{abc}
LIXIVIADO	BLANCO	SIN	2.07 ^{abc}
COMPOSTA	AMARILLO	SIN	2.07 ^{abc}
COMPOSTA	BLANCO	SIN	2.06 ^{abc}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	CON	2.01 ^{abc}
LIXIVIADO	AMARILLO	SIN	1.99 ^{abc}
TESTIGO	BLANCO	SIN	1.95 ^{abc}
MINERAL	AZUL	SIN	1.95 ^{abc}

LIXIVIADO	AZUL	SIN	1.94 ^{abc}
MINERAL	BLANCO	SIN	1.92 ^{abc}
MICO-AZOS	AZUL	CON	1.92 ^{abc}
VERMICOMPOSTA	AZUL	CON	1.90 ^{abc}
TESTIGO	AMARILLO	SIN	1.86 ^{abc}
TESTIGO	AZUL	CON	1.85 ^{abc}
COMPOSTA	AZUL	CON	1.84 ^{abc}
COMPOSTA	AZUL	SIN	1.84 ^{abc}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	CON	1.84 ^{abc}
MICO-AZOS	AMARILLO	SIN	1.82 ^{abc}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	SIN	1.81 ^{abc}
MICO-AZOS	AMARILLO	CON	1.78 ^{abc}
COMPOSTA	AMARILLO	CON	1.78 ^{abc}
TESTIGO	BLANCO	CON	1.75 ^{abc}
MICO-AZOS	BLANCO	SIN	1.74 ^{abc}
MINERAL	AZUL	CON	1.72 ^{abc}
MINERAL	AMARILLO	CON	1.72 ^{abc}
MINERAL	BLANCO	CON	1.72 ^{abc}
MINERAL	AMARILLO	SIN	1.70 ^{bc}
COMPOSTA	BLANCO	CON	1.70 ^{bc}
TESTIGO	AMARILLO	CON	1.68 ^{bc}
LIXIVIADO	BLANCO	CON	1.61 ^c
LIXIVIADO	AZUL	CON	1.59 ^c
LIXIVIADO	AMARILLO	CON	1.57 ^c

ANEXO 3. Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad del diámetro de la hoja de maíz a los 30DDS

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	INFESTACIÓN	Medias
LIXIVIADO	AZUL	SIN	2.64 ^a
LIXIVIADO	AMARILLO	SIN	2.58 ^{ab}
LIXIVIADO	BLANCO	SIN	2.57 ^{ab}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	SIN	2.53 ^{abc}
LIXIVIADO	AZUL	CON	2.53 ^{abc}
MINERAL	AZUL	CON	2.4 ^{abcd}
LIXIVIADO	BLANCO	CON	2.4 ^{abcd}
MINERAL	BLANCO	SIN	2.32 ^{abcde}
MICO-AZOS	AZUL	CON	2.31 ^{abcde}
MINERAL	BLANCO	CON	2.3 ^{abcde}
LIXIVIADO	AMARILLO	CON	2.3 ^{abcde}

MICO-AZOS	AZUL	SIN	2.29 ^{abcde}
MINERAL	AZUL	SIN	2.26 ^{abcde}
TESTIGO	BLANCO	CON	2.23 ^{abcdef}
TESTIGO	AZUL	SIN	2.22 ^{abcdef}
TESTIGO	AMARILLO	SIN	2.19 ^{abcdef}
COMPOSTA	BLANCO	SIN	2.19 ^{abcdef}
MICO-AZOS	BLANCO	CON	2.17 ^{abcdef}
MINERAL	AMARILLO	SIN	2.16 ^{abcdef}
COMPOSTA	AZUL	CON	2.16 ^{abcdef}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	CON	2.16 ^{abcdef}
MICO-AZOS	AMARILLO	SIN	2.15 ^{abcdef}
MINERAL	AMARILLO	CON	2.14 ^{abcdef}
MICO-AZOS	AMARILLO	CON	2.12 ^{abcdef}
COMPOSTA	AZUL	SIN	2.08 ^{abcdef}
VERMICOMPOSTA	AZUL	SIN	2.06 ^{abcdef}
TESTIGO	BLANCO	SIN	2.03 ^{bcdef}
COMPOSTA	AMARILLO	CON	1.99 ^{bcdef}
COMPOSTA	BLANCO	CON	1.96 ^{cdef}
TESTIGO	AZUL	CON	1.95 ^{cdef}
MICO-AZOS	BLANCO	SIN	1.93 ^{cdef}
VERMICOMPOSTA	AZUL	CON	1.91 ^{def}
COMPOSTA	AMARILLO	SIN	1.83 ^{def}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	SIN	1.81 ^{def}
TESTIGO	AMARILLO	CON	1.74 ^{ef}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	CON	1.66 ^f

ANEXO 4. Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad del diámetro de la hoja de maíz a los 60DDS

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	INFESTACIÓN	Medias
MINERAL	BLANCO	SIN	3.62 ^a
TESTIGO	BLANCO	SIN	3.29 ^{ab}
COMPOSTA	AMARILLO	CON	3.22 ^{ab}
LIXIVIADO	BLANCO	SIN	3.22 ^{ab}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	CON	3.21 ^{ab}
COMPOSTA	AZUL	SIN	3.21 ^{a^b}
LIXIVIADO	AMARILLO	CON	3.18 ^{ab}
MINERAL	AZUL	SIN	3.17 ^{ab}
MICO-AZOS	BLANCO	SIN	3.14 ^{abc}
MINERAL	BLANCO	CON	3.1 ^{abc}

LIXIVIADO	AZUL	SIN	3.09 ^{abc}
MINERAL	AMARILLO	SIN	3.05 ^{abc}
COMPOSTA	BLANCO	CON	3.01 ^{abc}
LIXIVIADO	BLANCO	CON	2.99 ^{abc}
MINERAL	AMARILLO	CON	2.97 ^{abc}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	SIN	2.95 ^{abc}
LIXIVIADO	AZUL	CON	2.94 ^{abc}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	CON	2.92 ^{abc}
COMPOSTA	BLANCO	SIN	2.9 ^{abc}
LIXIVIADO	AMARILLO	SIN	2.9 ^{abc}
TESTIGO	AMARILLO	SIN	2.87 ^{abc}
MINERAL	AZUL	CON	2.82 ^{abc}
TESTIGO	AZUL	SIN	2.82 ^{abc}
TESTIGO	BLANCO	CON	2.77 ^{abc}
VERMICOMPOSTA	AZUL	SIN	2.73 ^{bc}
MICO-AZOS	AMARILLO	SIN	2.71 ^{bc}
COMPOSTA	AZUL	CON	2.7 ^{bc}
MICO-AZOS	BLANCO	CON	2.69 ^{bc}
VERMICOMPOSTA	AZUL	CON	2.66 ^{bc}
MICO-AZOS	AZUL	SIN	2.66 ^{bc}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	SIN	2.65 ^{bc}
MICO-AZOS	AZUL	CON	2.59 ^{bc}
TESTIGO	AZUL	CON	2.56 ^{bc}
MICO-AZOS	AMARILLO	CON	2.56 ^{bc}
COMPOSTA	AMARILLO	SIN	2.52 ^{bc}
TESTIGO	AMARILLO	CON	2.31 ^c

ANEXO 5. Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad de la altura de la planta de maíz a los 30DDS

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	INFESTACIÓN	Medias
TESTIGO	AZUL	SIN	75.05 ^a
MINERAL	AZUL	CON	73.78 ^{ab}
MICO-AZOS	AZUL	CON	73.07 ^{ab}
MINERAL	BLANCO	SIN	72.19 ^{abc}
MINERAL	AZUL	SIN	68.83 ^{abcd}
MICO-AZOS	AZUL	SIN	68.41 ^{abcd}
LIXIVIADO	AZUL	CON	67.85 ^{abcd}

MINERAL	BLANCO	CON	67.11 ^{abcd}
MICO-AZOS	BLANCO	CON	67.06 ^{abcd}
MICO-AZOS	AMARILLO	CON	66.32 ^{abcde}
LIXIVIADO	BLANCO	SIN	65.71 ^{abcdef}
LIXIVIADO	AMARILLO	SIN	65.3 ^{abcdef}
VERMICOMPOSTA	AZUL	SIN	65.1 ^{abcdef}
MINERAL	AMARILLO	CON	63.86 ^{abcdef}
MICO-AZOS	AMARILLO	SIN	63.79 ^{abcdef}
COMPOSTA	AZUL	CON	63.32 ^{abcdef}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	SIN	62.67 ^{abcdef}
MINERAL	AMARILLO	SIN	62.66 ^{abcdef}
TESTIGO	AZUL	CON	60.68 ^{abcdefg}
TESTIGO	BLANCO	SIN	60.38 ^{abcdefg}
TESTIGO	AMARILLO	SIN	60.36 ^{abcdefg}
TESTIGO	BLANCO	CON	60.03 ^{abcdefg}
LIXIVIADO	BLANCO	CON	59.76 ^{abcdefg}
LIXIVIADO	AMARILLO	CON	59.09 ^{abcdefg}
MICO-AZOS	BLANCO	SIN	58.23 ^{abcdefg}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	SIN	57.78 ^{abcdefg}
LIXIVIADO	AZUL	SIN	56.08 ^{bcdefg}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	CON	55.8 ^{bcdefg}
COMPOSTA	AMARILLO	CON	55.45 ^{bcdefg}
VERMICOMPOSTA	AZUL	CON	54.1 ^{cdefg}
COMPOSTA	BLANCO	CON	53.28 ^{defg}
TESTIGO	AMARILLO	CON	52.6 ^{defg}
COMPOSTA	AZUL	SIN	52.45 ^{defg}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	CON	47.79 ^{efg}
COMPOSTA	BLANCO	SIN	47.3 ^{fg}
COMPOSTA	AMARILLO	SIN	42.23 ^g

ANEXO 6 Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad de la altura de la planta de maíz a los 60DDS

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	INFESTACIÓN	Medias
MINERAL	AZUL	CON	235.25 ^a

MICO-AZOS	AZUL	SIN	231.33 ^{ab}
MICO-AZOS	AZUL	CON	224.8 ^{abc}
MINERAL	AMARILLO	CON	224.13 ^{abc}
VERMICOMPOSTA	AZUL	SIN	220.75 ^{abc}
MINERAL	AMARILLO	SIN	216.8 ^{abcd}
MICO-AZOS	AMARILLO	SIN	216.22 ^{abcd}
TESTIGO	AZUL	CON	211.1 ^{abcd}
COMPOSTA	BLANCO	CON	209.2 ^{abcd}
MINERAL	BLANCO	CON	208.5 ^{abcd}
TESTIGO	AMARILLO	SIN	202.25 ^{abcd}
MINERAL	AZUL	SIN	197.28 ^{abcd}
MINERAL	BLANCO	SIN	196.2 ^{abcd}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	CON	193.14 ^{abcd}
TESTIGO	BLANCO	CON	191.8 ^{abcd}
MICO-AZOS	AMARILLO	CON	190.95 ^{abcd}
TESTIGO	AMARILLO	CON	189.7 ^{abcd}
COMPOSTA	AMARILLO	CON	188.1 ^{abcd}
LIXIVIADO	AMARILLO	CON	186.9 ^{abcd}
LIXIVIADO	BLANCO	CON	186.7 ^{abcd}
TESTIGO	AZUL	SIN	184.89 ^{abcd}
COMPOSTA	AZUL	SIN	183.1 ^{abcde}
COMPOSTA	AMARILLO	SIN	182.78 ^{abcde}
LIXIVIADO	AMARILLO	SIN	181.2 ^{abcde}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	SIN	180.85 ^{abcde}
TESTIGO	BLANCO	SIN	177.9 ^{abcde}
LIXIVIADO	AZUL	CON	170.4 ^{bcde}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	SIN	169 ^{bcde}
LIXIVIADO	AZUL	SIN	168.88 ^{bcde}
MICO-AZOS	BLANCO	SIN	168.83 ^{bcde}
COMPOSTA	AZUL	CON	166.33 ^{cde}
COMPOSTA	BLANCO	SIN	164.12 ^{cde}
LIXIVIADO	BLANCO	SIN	154.3 ^{de}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	CON	152.5 ^{de}
VERMICOMPOSTA	AZUL	CON	152.44 ^{de}
MICO-AZOS	BLANCO	CON	119.43 ^e

ANEXO 7. Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad en el ancho de las hojas de maíz con la interacción de los tres factores evaluados

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	INFESTACIÓN	Medias
MINERAL	BLANCO	CON	9.38 ^a
VERMICOMPOSTA	BLANCO	CON	9.36 ^a
MINERAL	BLANCO	SIN	9.3 ^a
TESTIGO	BLANCO	SIN	9.14 ^{ab}
VERMICOMPOSTA	AZUL	CON	9.03 ^{abc}
MINERAL	AZUL	SIN	8.91 ^{abcd}
VERMICOMPOSTA	AZUL	SIN	8.86 ^{abcd}
LIXIVIADO	AZUL	CON	8.82 ^{abcd}
MINERAL	AMARILLO	SIN	8.79 ^{abcd}
LIXIVIADO	AZUL	SIN	8.67 ^{abcd}
COMPOSTA	AZUL	SIN	8.66 ^{abcd}
TESTIGO	AMARILLO	SIN	8.59 ^{abcd}
MINERAL	AZUL	CON	8.59 ^{abcd}
MICO-AZOS	BLANCO	SIN	8.52 ^{abcd}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	SIN	8.47 ^{abcd}
COMPOSTA	AMARILLO	CON	8.45 ^{abcd}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	SIN	8.45 ^{abcd}
TESTIGO	AZUL	SIN	8.44 ^{abcd}
LIXIVIADO	BLANCO	CON	8.42 ^{abcd}
LIXIVIADO	AMARILLO	SIN	8.36 ^{abcd}
COMPOSTA	AMARILLO	SIN	8.31 ^{abcd}
MICO-AZOS	AZUL	CON	8.27 ^{abcd}
MICO-AZOS	AMARILLO	CON	8.27 ^{abcd}
MINERAL	AMARILLO	CON	8.26 ^{abcd}
TESTIGO	AZUL	CON	8.23 ^{abcd}
LIXIVIADO	AMARILLO	CON	8.19 ^{abcd}
LIXIVIADO	BLANCO	SIN	8.17 ^{abcd}
COMPOSTA	BLANCO	CON	8.15 ^{abcd}
MICO-AZOS	AMARILLO	SIN	8.01 ^{abcd}
MICO-AZOS	BLANCO	CON	7.91 ^{abcd}

VERMICOMPOSTA	AMARILLO	CON	7.87 ^{abcd}
COMPOSTA	BLANCO	SIN	7.81 ^{abcd}
MICO-AZOS	AZUL	SIN	7.73 ^{abcd}
TESTIGO	BLANCO	CON	7.58 ^{bcd}
COMPOSTA	AZUL	CON	7.40 ^{cd}
TESTIGO	AMARILLO	CON	7.31 ^d

ANEXO 8. Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad en la longitud de las hojas con la interacción de los tres factores evaluados

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	INFESTACION	MEDIAS
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	SIN	103.56 ^a
VERMICOMPOSTA	BLANCO	CON	103.34 ^a
LIXIVIADO	BLANCO	CON	101.52 ^{ab}
MINERAL	BLANCO	CON	100.44 ^{abc}
MINERAL	AMARILLO	SIN	98.19 ^{abcd}
VERMICOMPOSTA	AZUL	SIN	97.16 ^{abcd}
TESTIGO	BLANCO	CON	96.31 ^{abcde}
MICO-AZOS	AMARILLO	SIN	95.61 ^{abcdef}
TESTIGO	AMARILLO	SIN	94.84 ^{abcdefg}
MINERAL	AMARILLO	CON	94.61 ^{abcdefg}
COMPOSTA	BLANCO	CON	94.25 ^{abcdefg}
MINERAL	AZUL	CON	94.19 ^{abcdefg}
TESTIGO	AZUL	CON	93.12 ^{abcdefg}
LIXIVIADO	AMARILLO	CON	92.92 ^{abcdefg}
TESTIGO	AMARILLO	CON	92.71 ^{abcdefg}
TESTIGO	BLANCO	SIN	92.42 ^{abcdefg}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	CON	92.34 ^{abcdefg}
COMPOSTA	AZUL	CON	90.82 ^{abcdefg}
LIXIVIADO	AMARILLO	SIN	90.37 ^{abcdefg}
MINERAL	AZUL	SIN	90.12 ^{abcdefg}
MINERAL	BLANCO	SIN	89.55 ^{abcdefg}
VERMICOMPOSTA	AZUL	CON	89.54 ^{abcdefg}
COMPOSTA	AMARILLO	SIN	89.45 ^{abcdefg}
MICO-AZOS	AMARILLO	CON	88.43 ^{abcdefg}
MICO-AZOS	BLANCO	CON	87.9 ^{abcdefg}
LIXIVIADO	BLANCO	SIN	87.46 ^{abcdefg}
LIXIVIADO	AZUL	CON	85.91 ^{bcdefg}

MICO-AZOS	BLANCO	SIN	85.6 ^{bcdefg}
COMPOSTA	BLANCO	SIN	85.48 ^{bcdefg}
MICO-AZOS	AZUL	SIN	85.34 ^{bcdefg}
COMPOSTA	AZUL	SIN	85.3 ^{cdefg}
MICO-AZOS	AZUL	CON	84.02 ^{defg}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	SIN	83.15 ^{defg}
COMPOSTA	AMARILLO	CON	80.91 ^{efg}
TESTIGO	AZUL	SIN	79.77 ^{fg}
LIXIVIADO	AZUL	SIN	78.94 ^g

ANEXO 9 Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad en el diámetro de la mazorca con la interacción de los tres factores evaluados.

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	INFESTACIÓN	Medias
TESTIGO	BLANCO	SIN	2.1 ^a
VERMICOMPOSTA	AZUL	CON	1.8 ^{ab}
MINERAL	BLANCO	CON	1.8 ^{ab}
MICO-AZOS	BLANCO	SIN	1.75 ^{ab}
LIXIVIADO	AZUL	CON	1.6 ^{ab}
MICO-AZOS	AZUL	SIN	1.56 ^{ab}
LIXIVIADO	AMARILLO	SIN	1.5 ^{ab}
MINERAL	AMARILLO	SIN	1.5 ^{ab}
LIXIVIADO	AMARILLO	CON	1.5 ^{ab}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	SIN	1.44 ^{ab}
MINERAL	AZUL	CON	1.38 ^{ab}
MINERAL	AMARILLO	CON	1.38 ^{ab}
VERMICOMPOSTA	AZUL	SIN	1.38 ^{ab}
MICO-AZOS	AMARILLO	SIN	1.33 ^{ab}
COMPOSTA	AZUL	CON	1.33 ^{ab}
LIXIVIADO	BLANCO	SIN	1.3 ^{ab}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	SIN	1.3 ^{ab}
LIXIVIADO	BLANCO	CON	1.3 ^{ab}
TESTIGO	BLANCO	CON	1.3 ^{ab}
TESTIGO	AMARILLO	CON	1.3 ^{ab}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	CON	1.22 ^{ab}
COMPOSTA	AMARILLO	SIN	1.2 ^{ab}
MINERAL	BLANCO	SIN	1.2 ^{ab}
COMPOSTA	AZUL	SIN	1.2 ^{ab}
LIXIVIADO	AZUL	SIN	1.14 ^{ab}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	CON	1.14 ^{ab}

TESTIGO	AMARILLO	SIN	1.13 ^{ab}
MINERAL	AZUL	SIN	1.11 ^{ab}
COMPOSTA	BLANCO	SIN	1.11 ^{ab}
TESTIGO	AZUL	SIN	1.11 ^{ab}
COMPOSTA	BLANCO	CON	1.1 ^{ab}
TESTIGO	AZUL	CON	1.1 ^{ab}
MICO-AZOS	AZUL	CON	1.1 ^{ab}
MICO-AZOS	AMARILLO	CON	1.1 ^{ab}
COMPOSTA	AMARILLO	CON	1 ^b
MICO-AZOS	BLANCO	CON	1 ^b

ANEXO 10 Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad en la longitud de la mazorca con la interacción de los tres factores evaluados.

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	INFESTACIÓN	Medias
COMPOSTA	BLANCO	CON	17.15 ^a
VERMICOMPOSTA	BLANCO	CON	17.15 ^a
MICO-AZOS	BLANCO	CON	16.93 ^a
COMPOSTA	AMARILLO	SIN	16.72 ^{ab}
TESTIGO	AMARILLO	SIN	16.45 ^{ab}
VERMICOMPOSTA	AZUL	SIN	16.22 ^{ab}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	CON	16 ^{ab}
LIXIVIADO	BLANCO	CON	15.95 ^{ab}
MINERAL	AZUL	SIN	15.92 ^{ab}
LIXIVIADO	AMARILLO	CON	15.8 ^{ab}
TESTIGO	AZUL	CON	15.67 ^{ab}
MICO-AZOS	AMARILLO	SIN	15.58 ^{ab}
MINERAL	BLANCO	SIN	15.58 ^{ab}
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	SIN	15.46 ^{ab}
MINERAL	AMARILLO	SIN	15.45 ^{ab}
VERMICOMPOSTA	BLANCO	SIN	15.33 ^{ab}
MINERAL	AZUL	CON	15.13 ^{ab}
COMPOSTA	AMARILLO	CON	14.84 ^{ab}
COMPOSTA	BLANCO	SIN	14.69 ^{ab}
TESTIGO	AMARILLO	CON	14.65 ^{ab}
MICO-AZOS	AZUL	CON	14.64 ^{ab}
MINERAL	AMARILLO	CON	14.59 ^{ab}
MICO-AZOS	AMARILLO	CON	14.33 ^{ab}
TESTIGO	BLANCO	SIN	14.24 ^{ab}
LIXIVIADO	AMARILLO	SIN	14.03 ^{ab}

TESTIGO	BLANCO	CON	14 ^{ab}
LIXIVIADO	BLANCO	SIN	13.93 ^{ab}
LIXIVIADO	AZUL	SIN	13.84 ^{ab}
MICO-AZOS	BLANCO	SIN	13.74 ^{ab}
MICO-AZOS	AZUL	SIN	13.37 ^{ab}
MINERAL	BLANCO	CON	13.2 ^{ab}
VERMICOMPOSTA	AZUL	CON	13.14 ^{ab}
COMPOSTA	AZUL	CON	13.01 ^{ab}
COMPOSTA	AZUL	SIN	12.99 ^{ab}
LIXIVIADO	AZUL	CON	12.41 ^b
TESTIGO	AZUL	SIN	12.27 ^b

ANEXO 11 Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad en el peso de la mazorca con la interacción de los tres factores evaluados.

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	INFESTACIÓN	Medias
COMPOSTA	BLANCO	CON	158.37a
MINERAL	BLANCO	SIN	127.81ab
TESTIGO	AZUL	CON	125.71ab
COMPOSTA	BLANCO	SIN	125.01ab
VERMICOMPOSTA	BLANCO	CON	123.97ab
COMPOSTA	AMARILLO	SIN	118.11ab
MICO-AZOS	AZUL	CON	116.73ab
TESTIGO	AMARILLO	SIN	115.4ab
MICO-AZOS	AMARILLO	SIN	114.33ab
TESTIGO	BLANCO	CON	112.91ab
MINERAL	AZUL	SIN	112.06ab
VERMICOMPOSTA	AZUL	SIN	110.31ab
LIXIVIADO	AZUL	SIN	109.5ab
MICO-AZOS	BLANCO	CON	107.76ab
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	SIN	107.49ab
MINERAL	AZUL	CON	106.13ab
LIXIVIADO	BLANCO	CON	105.59ab
TESTIGO	BLANCO	SIN	101.42ab
COMPOSTA	AMARILLO	CON	101.34ab
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	CON	99.85ab
MINERAL	AMARILLO	CON	99.37ab
COMPOSTA	AZUL	SIN	98.45ab
VERMICOMPOSTA	BLANCO	SIN	98.39ab
LIXIVIADO	BLANCO	SIN	96.42ab

TESTIGO	AMARILLO	CON	96.22ab
LIXIVIADO	AMARILLO	CON	91.87ab
MICO-AZOS	AZUL	SIN	90.35ab
MICO-AZOS	AMARILLO	CON	88.85ab
MINERAL	AMARILLO	SIN	86.83ab
LIXIVIADO	AMARILLO	SIN	83.34ab
MICO-AZOS	BLANCO	SIN	82.27ab
VERMICOMPOSTA	AZUL	CON	81.17ab
TESTIGO	AZUL	SIN	78.12b
COMPOSTA	AZUL	CON	76.11b
LIXIVIADO	AZUL	CON	69.1b
MINERAL	BLANCO	CON	60.12b

ANEXO 12 Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad en el peso del grano con la interacción de los tres factores evaluados.

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	INFESTACIÓN	Medias
COMPOSTA	BLANCO	CON	118.27a
COMPOSTA	BLANCO	SIN	100.76ab
MINERAL	BLANCO	SIN	100.27ab
MICO-AZOS	AZUL	CON	97.13ab
TESTIGO	AZUL	CON	96.08ab
COMPOSTA	AMARILLO	SIN	95.77ab
MICO-AZOS	AMARILLO	SIN	94.06ab
VERMICOMPOSTA	BLANCO	CON	91.91ab
TESTIGO	AMARILLO	SIN	89.98ab
LIXIVIADO	AZUL	SIN	89.61ab
MINERAL	AZUL	SIN	89.56ab
TESTIGO	BLANCO	CON	89.18ab
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	SIN	86.08ab
MINERAL	AZUL	CON	85.52ab
VERMICOMPOSTA	AZUL	SIN	84.47ab
TESTIGO	BLANCO	SIN	83.13ab
MICO-AZOS	BLANCO	CON	82.52ab
COMPOSTA	AMARILLO	CON	81.9ab
COMPOSTA	AZUL	SIN	81.74ab
TESTIGO	AMARILLO	CON	80.19ab
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	CON	79.9ab
LIXIVIADO	BLANCO	CON	78.06ab
MINERAL	AMARILLO	CON	76.85ab

VERMICOMPOSTA	BLANCO	SIN	74.85ab
LIXIVIADO	AMARILLO	CON	73.51ab
LIXIVIADO	BLANCO	SIN	72.22ab
MICO-AZOS	AMARILLO	CON	70.63ab
MICO-AZOS	AZUL	SIN	70.04ab
LIXIVIADO	AMARILLO	SIN	67.18ab
MINERAL	AMARILLO	SIN	67.16ab
TESTIGO	AZUL	SIN	63.48ab
VERMICOMPOSTA	AZUL	CON	62.96ab
COMPOSTA	AZUL	CON	61.33ab
MICO-AZOS	BLANCO	SIN	60.55ab
LIXIVIADO	AZUL	CON	55.42ab
MINERAL	BLANCO	CON	41.48b

ANEXO 13 Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad en el peso del lote, con la interacción de los tres factores evaluados.

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	INFESTACIÓN	Medias
COMPOSTA	BLANCO	CON	39.82a
VERMICOMPOSTA	BLANCO	CON	32.06ab
TESTIGO	AZUL	CON	29.63abc
TESTIGO	AMARILLO	SIN	29.57abc
MINERAL	BLANCO	SIN	27.54abcd
LIXIVIADO	BLANCO	CON	27.51abcd
VERMICOMPOSTA	AZUL	SIN	25.84abcd
MICO-AZOS	BLANCO	CON	25.24abcd
COMPOSTA	BLANCO	SIN	25.13abcd
VERMICOMPOSTA	BLANCO	SIN	24.24abcd
LIXIVIADO	BLANCO	SIN	24.2abcd
TESTIGO	BLANCO	CON	23.73bcd
MINERAL	AMARILLO	CON	22.53bcd
MINERAL	AZUL	SIN	22.5bcd
COMPOSTA	AMARILLO	SIN	22.34bcd
MICO-AZOS	BLANCO	SIN	21.72bcd
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	SIN	21.42bcd
MINERAL	AZUL	CON	20.61bcd
MICO-AZOS	AMARILLO	SIN	20.26bcd
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	CON	19.95bcd
LIXIVIADO	AZUL	SIN	19.89bcd
MICO-AZOS	AZUL	CON	19.61bcd

COMPOSTA	AMARILLO	CON	19.44bcd
MICO-AZOS	AZUL	SIN	19.42bcd
MINERAL	AMARILLO	SIN	19.31bcd
LIXIVIADO	AMARILLO	CON	18.36bcd
TESTIGO	BLANCO	SIN	18.29bcd
MICO-AZOS	AMARILLO	CON	18.23bcd
VERMICOMPOSTA	AZUL	CON	18.22bcd
MINERAL	BLANCO	CON	17.85bcd
COMPOSTA	AZUL	SIN	16.71bcd
TESTIGO	AMARILLO	CON	16.02cd
LIXIVIADO	AMARILLO	SIN	15.78cd
COMPOSTA	AZUL	CON	14.78cd
TESTIGO	AZUL	SIN	14.64cd
LIXIVIADO	AZUL	CON	13.68d

ANEXO 14 Comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad en el rendimiento de maíz, con la interacción de los tres factores evaluados.

FERTILIZACIÓN	MAÍZ	INFESTACIÓN	Medias
COMPOSTA	BLANCO	CON	179.28a
MINERAL	BLANCO	SIN	148.69ab
COMPOSTA	BLANCO	SIN	148.23ab
MICO-AZOS	AZUL	CON	144.53ab
COMPOSTA	AMARILLO	SIN	142.51ab
MICO-AZOS	AMARILLO	SIN	139.98ab
TESTIGO	AZUL	CON	139.47ab
VERMICOMPOSTA	BLANCO	CON	138.2ab
TESTIGO	AMARILLO	SIN	133.89ab
MINERAL	AZUL	SIN	133.27ab
LIXIVIADO	AZUL	SIN	130.63ab
TESTIGO	BLANCO	CON	129.98ab
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	SIN	128.09ab
MINERAL	AZUL	CON	126.32ab
VERMICOMPOSTA	AZUL	SIN	124.95ab
COMPOSTA	AZUL	SIN	124.7ab
TESTIGO	BLANCO	SIN	122.6ab
COMPOSTA	AMARILLO	CON	120.91ab
VERMICOMPOSTA	AMARILLO	CON	119.42ab
TESTIGO	AMARILLO	CON	119.33ab
MICO-AZOS	BLANCO	CON	117.68ab

MINERAL	AMARILLO	CON	114.36ab
VERMICOMPOSTA	BLANCO	SIN	111.38ab
LIXIVIADO	AMARILLO	CON	109.39ab
LIXIVIADO	BLANCO	SIN	107.48ab
LIXIVIADO	BLANCO	CON	107.3ab
MICO-AZOS	AMARILLO	CON	105.09ab
MICO-AZOS	AZUL	SIN	104.23ab
LIXIVIADO	AMARILLO	SIN	99.97ab
MINERAL	AMARILLO	SIN	99.95ab
VERMICOMPOSTA	AZUL	CON	93.68ab
COMPOSTA	AZUL	CON	92.6ab
MICO-AZOS	BLANCO	SIN	90.1ab
TESTIGO	AZUL	SIN	89.82ab
LIXIVIADO	AZUL	CON	82.48ab
MINERAL	BLANCO	CON	61.72b
