



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**INSECTOS FITÓFAGOS ASOCIADOS A MAÍCES CRIOLLOS DE SAN JUAN
IXTENCO, TLAXCALA**

AURELIO PÉREZ CONSTANTINO

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO
2015

La presente tesis, titulada: "INSECTOS FITÓFAGOS ASOCIADOS A MAICES CRIOLLOS DE SAN JUAN IXTENCO, TLAXCALA", realizada por el alumno: Aurelio Pérez Constantino, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO
JULIO SÁNCHEZ ESCUDERO

ASESOR
ALEJANDRO PÉREZ PANDURO

ASESOR
RAMÓN GARZA GARCÍA

ASESOR
SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN

INT

INT

INIFAP

UACH

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mayo de 2015

DEDICATORIA

A mis padres

A mis hermanas y hermano

A mis sobrinos

A mis amigos

AGRADECIMIENTOS

A mi consejo de tesis

A mis profesores en el Colegio de Postgraduados

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)

COTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.	OBJETIVO.....	5
2.	HIPÓTESIS.....	5
3.	METODOLOGÍA	6
3.1.	Descripción del sistema agrícola de maíces criollos de San Juan Ixtenco.	6
3.2.	Incidencia de insectos fitófagos en campo y almacén	6
3.2.1.	Insectos fitófagos en campo	6
3.2.2.	Fitófagos postcosecha	7
3.3.	Mediciones morfológicas y fenológicas de los diferentes maíces evaluados	8
3.3.1.	Ensayo en campo.....	9
3.3.1.1.	<i>Caracteres fenológicos</i>	9
3.3.1.2.	<i>Caracteres morfológicos</i>	9
3.3.1.2.1.	<i>Medición de características de la raíz</i>	9
3.3.1.3.	<i>Evaluación del porcentaje de acame</i>	11
3.3.2.	Ensayo en invernadero	11
3.3.2.1.	<i>Caracteres morfológicos</i>	12
3.3.2.2.	<i>Medición de raíces</i>	12
3.3.3.	Cosecha	12
4.	RESULTADOS	14
4.1.	Caracterización del sistema agrícola de maíces criollos de San Juan Ixtenco.	14
4.2.	Cultivos asociados al maíz	15
4.3.	Rotación de Cultivos.....	16
4.4.	Labores culturales	17
4.4.1.	Quema	17
4.4.2.	Barbecho	18
4.4.3.	Rastreo	18
4.4.4.	Surcado.....	18
4.4.5.	Siembra	18
4.4.6.	Paso de de riel o emparejado de surco.....	19
4.4.7.	Escarda	20

4.4.8.	Fertilizacion y segunda	20
4.4.9.	Dehierbe	21
5.4.10.	Cosecha	21
4.5.	Aprovechamiento de residuos.....	22
4.6.	Incidencia de insectos fitófagos en campo y almacén	23
4.6.1.	Insectos fitófagos en campo	23
4.6.2.	Insectos fitófagos en almacén	28
4.7.	Mediciones morfológicas y fenológicas de los diferentes maíces evaluados	31
4.7.1.	Ensayo en campo.....	31
4.7.2.	Ensayo en invernadero	36
5.	DISCUSIÓN.....	40
6.	LITERATURA.....	43

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Caracteres morfológicos medidos en el ensayo en campo en plantas de siete variedades de maíz en el Colegio de Postgraduados, campus Montecillo.	9
Cuadro 2: Caracteres morfológicos de las raíces en plantas acamadas y no acamadas en el ensayo en campo en el Colegio de Postgraduados, campus Montecillo.	10
Cuadro 3. Contraste de casos de permisividad y no permisividad a plagas identificados en variedades nativas de maíz de San Juan Ixtenco, Tlaxcala, México y un híbrido comercial cultivado en esa zona.	30
Cuadro 4 Prueba de comparación de medias de Tukey para dimensiones y número de hojas de plantas de siete genotipos de maíz cultivados en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco provenientes de semillas de San Juan Ixtenco, Tlaxcala. $\alpha \leq 0.05$, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.	33
Cuadro 5. Prueba de comparación de medias de Tukey para dimensiones de plantas de siete genotipos de maíz cultivados en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco provenientes de semillas de San Juan Ixtenco, Tlaxcala. $\alpha \leq 0.05$, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.	33
Cuadro 6. Prueba de comparación de medias de Tukey para porcentaje de acame en plantas de maíz de siete genotipos provenientes de San Juan Ixtenco Tlaxcala. $\alpha \leq 0.05$, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.	34
Cuadro 7. Prueba de comparación de medias de Tukey para número de raíces adventicias, verticilos y longitud general de plantas acamadas y no acamadas de siete genotipos de maíz cultivados en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco $\alpha \leq 0.05$, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.	36
Cuadro 8. Prueba de comparación de medias de Tukey para altura, numero de nudos, número de hojas, volumen y longitud de raíz de plantas de siete genotipos de maíz cultivados en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texc. $\alpha \leq 0.05$. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Obtención del cepellón de 40x40x40 con las raíces de las plantas en la parcela experimental, del colegio de postgraduados del campus Montecillo, Estado de México. 2013.....	10
Figura 2. Imagen panorámica de plantas acamadas en parcelas experimentales del colegio de postgraduados del campus Montecillo, Estado de México. 2013.....	11
Figura 3. Separación de la tierra del cepellón para obtener una raíz limpia y después medirse, colegio de postgraduados del campus Montecillo, Estado de México. 2013.	12
Figura 4. Cosecha del experimento en campo, Colegio de Postgraduados del Campus Montecillo, Estado de México. 2013.....	13
Figura 5. Distribución de las parcelas de los productores entrevistados en los tres pisos altitudinales del territorio de San Juan Ixtenco Tlaxcala, 2013.	14
Figura 6. Porcentaje de los diferentes genotipos de maíces sembrados por los agricultores entrevistados en San Juan Ixtenco, Tlaxcala.	15
Figura 7. Porcentaje de formas de cultivar los genotipos de maíces sembrados en San Juan Ixtenco, Tlaxcala.....	16
Figura 8. Porcentajes de cultivos según el nivel de asociación con el maíz en San Juan Ixtenco Tlaxcala.	16
Figura 9. Porcentaje de cultivos usados en la rotación con el maíz en San Juan Ixtenco Tlaxcala.	17
Figura 10. Porcentaje de forma de siembra según uso de herramientas en San Juan Ixtenco Tlaxcala.	19
Figura 11. Porcentaje de campesinos entrevistados que usan el riel para nivelar los surcos en el cultivo de maíz en San Juan Ixtenco Tlaxcala.....	19
Figura 12. Porcentaje de campesinos que realizan escarda en el cultivo de maíz en San Juan Ixtenco Tlaxcala.....	20
Figura 13. Porcentaje de fertilizantes que usan los campesinos entrevistados en el cultivo de maíz en San Juan Ixtenco Tlaxcala.	21
Figura 14 Incidencia acumulativa de densidad de población de <i>G. senilis</i> , registradas en genotipos de maíces evaluados en Montecillo, México. 2013.	24
Figura 15 Incidencia acumulativa de densidad de población de <i>N. testaceipes</i> , registradas en genotipos de maíces evaluados en Montecillo, México. 2013.	25
Figura 16 Incidencia acumulativa de la densidad de población de <i>R. maidis</i> , registrada en genotipos de maíces evaluados en Montecillo, México, 2013.	26
Figura 17 Incidencia acumulativa de la densidad de población de <i>R. padi</i> , registrada en genotipos de maíces evaluados en Montecillo, México, 2013.....	27
Figura 18 Incidencia acumulativa de densidad de población de <i>S. frugiperda</i> , registrada en genotipos de maíces evaluados en Montecillo, México. 2013.....	27
Figura 19 Densidad de población de <i>S. cerealella</i> , registrados en mazorcas de genotipos cultivados en el Colegio de Posgraduados, campus Montecillo México.	28

Figura 20 Densidad de población de <i>S. seamais</i> registrados en mazorcas de genotipos cultivados en el Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, México.	29
Figura 21. Densidad de población de los insectos fitófagos registrados en genotipos de maíz evaluados en el Colegio de Posgraduados, campus Montecillo México.....	30
Figura 22. Porcentaje de plantas de maíz jiloteando al 12 de agosto del 2013 en genotipos provenientes de San Juan Ixtenco Tlaxcala.....	31
Figura 23 : Porcentaje de plantas de maíz espigando al 06 de agosto del 2013 en genotipos provenientes de San Juan Ixtenco Tlaxcala.....	32
Figura 24. Porcentaje de acame de plantas de maíz de siete genotipos provenientes de San Juan Ixtenco, Tlaxcala.	34
Figura 25 Mediciones de la altura total de la planta, la mazorca, perímetro del tallo y porcentaje de acame de siete genotipos de maíz evaluados en campo, Montecillo, Estado de México.....	35
Figura 29. Mediciones de altura de planta, numero de nudos y numero de hojas, en plantas de ensayo en invernadero Montecillo 2014.	38
Figura 30. Mediciones de volumen y longitud de raíces en plantas de ensayo en invernadero Montecillo 2014.	38

**INSECTOS FITÓFAGOS ASOCIADOS A MAÍCES CRIOLLOS DE SAN JUAN
IXTENCO, TLAXCALA**

AURELIO PÉREZ CONSTANTINO
COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2015

RESUMEN

Para explorar la presencia de caracteres de autodefensa contra insectos fitófagos en variedades de maíz nativas de San Juan Ixtenco, Tlaxcala y un híbrido comercial se evaluó experimentalmente su abundancia en campo y en postcosecha. Las variedades usadas fueron: blanco, amarillo, rojo, azul, negro, cacahuzintle y el híbrido DK2027[®] de la casa comercial Dekalb. Se contrastó la hipótesis nula de que la abundancia de insectos fitófagos sería igual en todas las variedades de maíz exploradas, asumiendo que el nivel de abundancia de fitófagos es resultado de la expresión de caracteres genéticos presentes en las plantas. Las especies plaga evaluadas fueron: *Geraeus senilis* (Gyllenhal), *Nicentrites testaceipes* (Champion), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) *Spodoptera frugiperda* (Smith), *Sitotroga cerealella* (Oliver), *Sitophilus zeamais* (Motsch). y *Diabrotica spp.*, Los datos recabados produjeron evidencia contra la hipótesis nula, para siete de las ocho especies de insectos, implicando posibles mecanismos de resistencia en las variedades menos permisivas. Todas las variedades manifestaron permisividad (posible susceptibilidad) para unas plagas y no permisividad (posible resistencia) para otras. La permisividad para solo una de las especies plagas ocurrió en los maíces amarillo, azul y rojo; para dos plagas, cacahuzintle y negro, para tres de las especies el blanco y; para cuatro plagas, solo en el híbrido. Por su parte, la no permisividad para solo una de las plagas se manifestó en los maíces azul, blanco e híbrido; para dos, en el amarillo, cacahuzintle y rojo y; para cuatro, en el negro.

Palabras claves: insectos fitófagos, incidencia de insectos, maíces nativos, recursos filogenéticos, Resistencia a insectos.

SELF-DEFENSE AGAINST FIELD AND STORAGE PESTS OF MAIZE LANDRACES OF TLAXCALA, MEXICO

AURELIO PÉREZ CONSTANTINO
COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2015

ABSTRACT

To explore the possibility that maize landraces possess self-defense traits against insect pests, native varieties and a commercial hybrid were assessed experimentally for pest abundance in the field and postharvest. The varieties used were from San Juan Ixtenco, Tlaxcala: white, yellow, red, blue, black, cacahuazintle and the Dekalb hybrid DK2027[®], which is also grown in there. The null hypothesis that the abundance of phytophagous insects would be equal in all of the maize varieties explored was contrasted, assuming that pest abundance is the result of the expression of genetic traits present in the plants. The insect species quantified were *Geraeus senilis* (Gyllenhal), *Nicentrites testaceipes* (Champion), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) *Spodoptera frugiperda* (Smith), *Sitotroga cerealella* (Oliver), *Sitophilus zeamais* (Motsch) and *Diabrotica* spp. The collected data produced evidence against the null hypothesis for seven of the eight insect species, suggesting possible mechanisms of resistance in the less permissive varieties. All of the varieties exhibited permissiveness (possible susceptibility) for some pests but not for others (possible resistance). Permissiveness for only one of the pest species occurred in the yellow, blue and red maize varieties. Cacahuazintle and black permitted two pests, while white permitted three of the species. Only the hybrid was permissive for four pest species. Blue white and the hybrid maize varieties exhibited non-permissiveness for only one of the pests, while yellow, cacahuazintle and red showed non-permissiveness for two species and black for four pests.

Key words: phytophagous insects, insect incidence, native maize, phylogenetic resources, insect resistant.

1. INTRODUCCIÓN

La biodiversidad entendida como la variedad de organismos, plantas, animales y microorganismos que conviven en un sistema, regula internamente su funcionamiento mediante una serie de procesos y sinergias como la regulación natural de poblaciones, el reciclamiento de nutrimentos, y la descomposición de la materia orgánica, entre otros, que varían según la estructura y nivel de intervención del ecosistema (Altieri, 2003, Altieri, 1994, Altieri, 1991, Nicholls, 2002 y Southwood y Way, 1970).

El productor agrícola tradicional ha aprovechado estos beneficios desarrollando sistemas basados en asociaciones, rotaciones de cultivos e incluso incorporando diversidad mediante arvenses, bajo esas condiciones, en términos fitosanitarios una diversidad de plantas está asociada a una mayor diversidad de herbívoros lo que a su vez representa mayor posibilidad de diversidad de depredadores y parasitoides que pueden promover la regulación natural del sistema (Altieri y Nicholls 2006, Nicholl y Altieri, 2003, Gómez, 1998 y Vandermeer, 1989). El agricultor tradicional, uno más de los protagonistas de la agricultura, ha creado o diseñado estos sistemas basados en las condiciones ecológicas, tecnológicas, sociales, culturales y económicas a las que se va enfrentando. El adapta métodos y técnicas de producción que pone a prueba y los adopta o rechaza según los beneficios obtenidos (Altieri y Toledo, 2011).

En este ámbito la milpa entendida como un sistema tradicional de cultivo, puede promover, entre otros, los beneficios de control de plagas mediante la diversificación y representa una estrategia que permite la reproducción social campesina; asegurando por lo menos la cosecha de un cultivo o variedad ante un siniestro económico, ambiental o fitosanitario (Hernández, 1995, Ortega, 2004).

A pesar de esto en la actualidad la milpa como policultivo ha tenido una tendencia de cambio sustancial en varias regiones, llamándose ahora milpa solo al lugar donde se siembra maíz (Buenrostro, 2009), y aunque los demás cultivos acompañantes aún prevalecen, su arreglo topológico ha pasado de ser intercalado a un arreglo en

mosaico, en parcelas pequeñas contiguas al cultivo de maíz; sin embargo, su diversidad genética sigue presente en la gran mayoría de las sociedades campesinas indígenas que aún conservan maíces criollos representando una reserva extensa de genes que forman parte de una estrategia o lógica de cultivo campesina (Altieri y Toledo, 2011).

El maíz eje central de la milpa, es el grano básico más producido y uno de los más consumidos como alimento humano en el mundo (Serratos 2009) tiene una amplia variabilidad genética que se manifiesta a través de 400 razas conocidas en América Latina, 60 de las cuales se han documentado en México y son la base de cientos de variedades nativas que los agricultores tradicionales han desarrollado (Serratos 2009). Estas variedades nativas suelen tener adaptaciones para resistir o tolerar a factores ambientales adversos como plagas y enfermedades (Ripusudan et al. 2001) o sequías (Fischer 1984), etc. porque han sido seleccionadas bajo la presión de esos factores y, además, poseen también diversas características organolépticas, culinarias y alimentarias que satisfacen las expectativas de las culturas que las desarrollaron (Rangel et al. 2004).

Dichas adaptaciones y características constituyen una reserva de genes útiles y deseables de conservar e incorporar en variedades nuevas para que éstas también respondan a las expectativas organolépticas, culinarias y nutricionales que la sociedad tiene de los alimentos derivados del maíz y, a la vez, resistan la incidencia de los factores ambientales adversos.

Algunos de esos factores pueden tener un impacto alto en la productividad del maíz o en su conservación en almacén. Por ejemplo, el daño de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) o de *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) puede causar pérdidas hasta del 100 % (García et al. 2007); mientras que el gorgojo *Sitophilus zeamais* (Motsch) (Coleoptera: Curculionidae) pueden generar pérdidas del 20 al 90% del maíz almacenado en áreas subtropicales y tropicales del mundo (García et al. 2003).

A pesar de que la resistencia genética de los cultivos a los factores adversos es un medio estratégico y deseable para mejorar la sostenibilidad de la producción de alimentos, los programas oficiales y comerciales de mejoramiento genético de los cultivos le han dado muy poca atención, como se desprende de la escasa oferta de variedades comerciales con esos atributos. Por el contrario, entre los maíces nativos hay varios ejemplos documentados de resistencia genética a distintas plagas, por ejemplo: contra *Sitotroga cerealella* (Oliver) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Díaz, 1969); contra *S. zeamais* (Candia y Barnes, 1960, García y Sierra 2008); contra *S. frugiperda*, el barrenador del tallo, *Diatraea lineolata* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) (Obando et al. 1999). Por su parte, Nault et al. (1982) describe la resistencia a seis virus del maíz en varias especies de ancestros del maíz y Obando et al. (1999) describe resistencia al virus del achaparramiento del maíz en variedades nativas.

En adición a esos atributos de resistencia genética a factores adversos, algunos maíces nativos tienen también otros caracteres de interés industrial y cultural recientemente valoradas, como la producción de antocianinas en los maíces azules (Gorriti et al. 2009, Salinas et al. 2012).

Contrario a lo deseable por su utilidad social y cultural, los maíces nativos se han estado perdiendo en diversas regiones de México desde hace varias décadas debido a que las políticas públicas impulsan paquetes tecnológicos que conducen a la sustitución y pérdida de dichas variedades nativas, lo cual hace urgente revalorarlos, conservarlos e, incluso, mejorarlos sin descuidar las características organolépticas que ellos tienen.

Con propósito de contribuir a esa revaloración de los maíces nativos como recursos genéticos útiles que deberían ser protegidos, conservados y mejorados, el presente trabajo exploró la presencia de caracteres de autodefensa contra plagas de campo y almacén en variedades de maíz nativas de San Juan Ixtenco, Tlaxcala, una de las regiones de México que mayor diversidad de maíces nativos conserva (Cárcamo et

al. 2011). Para ello, se asumió que el nivel de incidencia de insectos fitófagos sobre las plantas es expresión de caracteres genéticos del cultivo.

1. OBJETIVO

Explorar la presencia de caracteres de autodefensa contra plagas de campo y almacén en variedades de maíz nativas de San Juan Ixtenco, Tlaxcala.

2. HIPÓTESIS

El nivel de incidencia de insectos fitófagos sobre las plantas es expresión de caracteres genéticos del cultivo.

3. METODOLOGÍA

El trabajo de tesis abarcó dos capítulos, el primero consistió registrar la incidencia de insectos fitófagos en campo y en postcosecha en los maíces criollos, el segundo en medir algunas características morfológicas de las plantas de los maíces considerados.

En los siguientes apartados se describe los materiales y métodos utilizados para cada capítulo.

3.1. Descripción del sistema agrícola de maíces criollos de San Juan Ixtenco.

En diversos recorridos se aplicó una encuesta semiestructurada con diferentes informantes clave para la obtención de información específica sobre la forma de cultivo campesina del municipio. .

3.2. Incidencia de insectos fitófagos en campo y almacén

La investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano del 2013, en el Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados. Esta consistió de dos ensayos: uno para evaluar la incidencia de insectos fitófagos de campo y otro para evaluar la incidencia de insectos de almacén. En ambos se utilizaron seis variedades de maíces nativos de San Juan Ixtenco Tlaxcala, los cuales fueron: cacahuazintle y cinco cónicos: el blanco, amarillo, rojo, azul, negro, y el híbrido DK2027®, de la casa comercial Dekalb, utilizado en esta zona.

3.2.1. Insectos fitófagos en campo

El ensayo de campo se estableció en un lote experimental del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Estado de México bajo condiciones de temporal con riego de auxilio. Se usó un diseño en bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Las unidades experimentales (UE) consistieron en parcelas de nueve surcos de 10 m de largo con 40 plantas cada uno,

estableciéndose 28 UE con una separación de 2.4 m entre ellas. Para los muestreos se usó solo la parte central de las parcelas, descartando los surcos de la orilla y dos plantas de cada cabecera de los surcos. En los muestreos se evaluó la abundancia de los principales insectos fitófagos del maíz que se presentaron en las UE: los picudos del maíz *Geraeus senilis* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae) y *Nicentrites testaceipes* (Champion) (Coleoptera: Curculionidae), los pulgones: *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Homoptera: Aphididae) y *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) (Homoptera: Aphididae), el gusano cogollero, *S. frugiperda* y el complejo *Diabrotica spp.* (Coleoptera: Chrysomelidae). Para estimar la cantidad de pulgones se cuantificaron las colonias según su tamaño: 1-50, 51-150, 151-250, 251-350, 351-450 y 451-550 individuos y luego se sumaron las colonias presentes en cada planta.

Desde la germinación de las plantas, el 14 de mayo, se hicieron veinte muestreos semanales para evaluar la abundancia de cada una de las especies fitófagas; pero se descartaron los tres primeros porque no hubo presencia de insectos. En cada muestreo se revisaron doce plantas al azar en cada parcela. La aleatorización se hizo insaculando tres surcos de cada parcela y cuatro plantas de cada surco antes de iniciar cada revisión.

3.2.2. Fitófagos postcosecha

El ensayo de plagas de postcosecha se ejecutó en laboratorio con mazorcas de dos orígenes: unas del campo experimental del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Texcoco, procedentes del experimento anterior y, las otras tomadas de las cosechas en las parcelas de los agricultores de San Juan Ixtenco, Tlaxcala. También se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con siete tratamientos (variedades) y tres repeticiones; donde los bloques se definieron por el origen de las mazorcas. En este ensayo, las UE fueron grupos de tres mazorcas confinadas en frascos de cristal de cinco litros de capacidad, cuya boca fue cubierta con malla para evitar la salida de los insectos emergidos. Las especies observadas fueron *S.*

cerealella y *S. zeamais*. El ensayo se inició 20 días después de la cosecha, periodo durante el cual las mazorcas estuvieron encerradas en bolsas de plástico que impedían la colonización por insectos externos. La variable observada fue la cantidad de insectos adultos derivados de las oviposturas de los adultos colonizadores en campo antes de la cosecha. Los muestreos se realizaron cada 3 días durante un mes utilizando tamices para separar los insectos de las mazorcas. Los datos de abundancia de éstas plagas se analizaron del mismo modo que se indicó en el ensayo anterior.

La abundancia acumulada de cada especie fitófaga se analizó mediante una doble prueba de chi-cuadrada. En la primera se contrastó la hipótesis nula de igual abundancia de cada insecto en las distintas variedades, para lo cual abundancia esperada se determinó como el promedio aritmético de las distintas variedades del ensayo. Donde esta comparación produjo significancia estadística, se procedió con la segunda comparación contrastando la abundancia observada en cada variedad con la esperada, para discernir cuales variedades difirieron significativamente del promedio. En todas las comparaciones se usó una $p=0.05$. El cálculo de la chi-cuadrada se hizo en la hoja de cálculo de Microsoft Excel 2010.

3.3. Mediciones morfológicas y fenológicas de los diferentes maíces evaluados

Se utilizó la metodología CIMMYT –IBPGR para medir los caracteres morfológicos y fenológicos de plantas de las seis variedades de maíz criollo (blanco, amarillo, rojo, azul, negro, Cacahuazintle) y el híbrido DK2027 tanto del ensayo en campo para evaluación de insectos como también de plantas de otro realizado en invernadero.

3.3.1. Ensayo en campo

3.3.1.1. Caracteres fenológicos

Se registraron fecha de espigamiento y jiloteo, así como de madurez de grano de cada variedad de maíz evaluada.

3.3.1.2. Caracteres morfológicos

De cada variedad de maíz en campo se tomaron 8 plantas en la que se midieron el número de hojas, grosor del tallo, altura a la primera y segunda mazorca. Sin embargo debido a una granizada no se consiguió sacar el área foliar con un medidor de área, pero con los datos de largo y ancho de las hojas se realizó una estimación (cuadro 1).

Cuadro 1: Caracteres morfológicos medidos en el ensayo en campo en plantas de siete variedades de maíz en el Colegio de Postgraduados, campus Montecillo.

Caracteres	Unidades	Descripción
Perímetro de tallo (PT)	cm	Tomado a 30 cm de la base de la planta
Diámetro de tallo (DT)	cm	Tomado a 30 cm de la base de la planta
Altura de mazorca (AM)	cm	Tomada desde la superficie del suelo hasta el nudo de la mazorca principal
Altura de la planta (AP)	cm	De la base de la planta a la primera ramificación de la espiga
Número de hojas (NH)	#	Se contabilizo el total de las hojas de la planta
Área foliar estimada (AE)	cm ²	Se multiplico el largo por el ancho de la hoja

3.3.1.2.1. Medición de características de la raíz

Con un muestro dirigido donde el criterio de selección fue el acame, se eligieron cuatro UE representativas con alto porcentaje de acame y cuatro UE con bajo nivel del mismo (azul, negro, hibrido y cacahuazintle), asimismo dentro de estas UE se eligieron dos plantas acamadas y dos sin acamarse.

Después se extrajeron las cuatro plantas elegidas por UE cortando un cepellón de 40x40x40 cm procurando traer la raíz y se colocaron en bolsas de plástico (figura 1), luego se sumergieron en agua por 24 hr, para después lavarlas y dejar libre la raíz.



Figura 1. Obtención del cepellón de 40x40x40 con las raíces de las plantas en la parcela experimental, del colegio de postgraduados del campus Montecillo, Estado de México. 2013.

Una vez lo anterior se procedió a cuantificar el número de raíces adventicias, número de verticilos con raíces, número de raíces por verticilo y el diámetro y longitud de cuatro raíces de cada verticilo (cuadro 2).

Cuadro 2: Caracteres morfológicos de las raíces en plantas acamadas y no acamadas en el ensayo en campo en el Colegio de Postgraduados, campus Montecillo.

Caracteres	Unidades	Descripción
N. Verticilos	#	Se contabilizo los números de verticilos incluyendo el de las raíces adventicias
N. raíces/verticilo	#	Se contabilizo el número de las raíces de cada verticilo
Diámetro raíces	cm	Se midió el diámetro a 5 cm de la base de tres raíces de cada verticilo
Angulo	cm	Se midió el ángulo interno de tres raíces de cada verticilo
Long G. raíz	cm	Tomada desde el primer verticilo hasta la punta de la ultima raíz

3.3.1.3. *Evaluación del porcentaje de acame*

Es posible que factores ambientales como precipitación y tipo de suelo junto con una disposición de la propia planta por su arquitectura de raíz o características morfológicas, pudieran haber influido en el nivel de plantas acamadas. Por lo que se registraron datos morfológicos de plantas en pie y aquellas que yacían tiradas.



Figura 2. Imagen panorámica de plantas acamadas en parcelas experimentales del colegio de postgraduados del campus Montecillo, Estado de México. 2013.

3.3.2. Ensayo en invernadero

Este ensayo consistió en un diseño en bloques al azar establecido en un invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, donde se evaluaron siete variedades de maíz (blanco, negro, rojo, amarillo, azul, cacahuazintle y el híbrido DK2027) a las que se le midieron caracteres morfológicos basados en la metodología de CIMMYT-IBPGR.

Los maíces se sembraron en costales de plástico como recipientes, colocando dos semillas por bolsa para asegurar la germinación, una semana después de la germinación se realizó aclareo dejando solo una planta/maceta, siendo el tamaño del experimento 28 plantas en total.

3.3.2.1. Caracteres morfológicos

De cada planta de maíz cultivada se midió el número de hojas, la altura y grosor del tallo, longitud de raíces también largo y ancho de las hojas.

3.3.2.2. Medición de raíces

Cuando las plantas alcanzaron la etapa de espigamiento se arrancaron y se limpiaron para contabilizar el número de raíces adventicias, número de verticilos, número de raíces por verticilo, y diámetro y longitud de tres raíces de los primeros tres nódulos del sistema radicular de cada planta (figura 3).



Figura 3. Separación de la tierra del cepellón para obtener una raíz limpia y después medirse, colegio de postgraduados del campus Montecillo, Estado de México. 2013.

3.3.3. Cosecha

La cosecha se realizó manualmente del ensayo en campo cuando las mazorcas habían alcanzado su madurez fisiológica. Se separaron las mazorcas buenas de las que tenían algún daño por pudrición o eran pequeñas o carentes de granos, y se obtuvo el peso de las mazorcas buenas y de las de desecho (figura 4).



Figura 4. Cosecha del experimento en campo, Colegio de Postgraduados del Campus Montecillo, Estado de México. 2013.

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización del sistema agrícola de maíces criollos de San Juan Ixtenco.

Los resultados obtenidos indican que el 48 % de los campesinos encuestados son propietarios de una o dos parcelas que no pasan las tres hectáreas, de estas el 52 % están distribuidas en al menos dos de los tres pisos altitudinales, lo que a decir de ellos y debido a las a las variadas condiciones agroecológicas particulares de estas tres zonas les puede asegurar la producción ante un suceso ambiental: heladas, sequías, exceso de humedad etc.

Según las encuestas realizadas el 51% de los campesinos tiene la mayoría de sus parcelas en la parte baja que son los suelos más fáciles de laborar con yunta o con maquinaria, seguido por un 29% en la parte alta y el resto en la parte baja (figura 5).

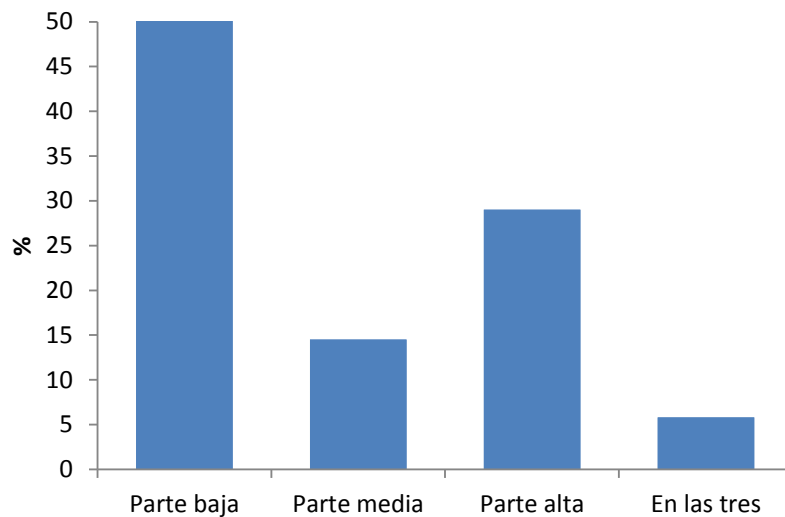


Figura 5. Distribución de las parcelas de los productores entrevistados en los tres pisos altitudinales del territorio de San Juan Ixtenco Tlaxcala, 2013.

El cultivo más sembrado en Ixtenco es el maíz en asociación o en rotación con otros cultivos secundarios como leguminosa y cucurbitácea.

El 97 % de los campesinos encuestados siembran maíces criollos, entre los que destacan los maíces blanco, azul, amarillo, negro, rojo y cacahuazintle.

De estos campesinos el 29% siembra maíces blancos por ser el más demandado, solo un 3% de los productores ha introducido variedades mejoradas, sin embargo, a pesar de que estas tienen poco uso su superficie de siembra es mayor ya que los agricultores que la utilizan tienen parcelas ubicadas en el piso altitudinal bajo con una superficie de hasta 60 ha (figura 6).

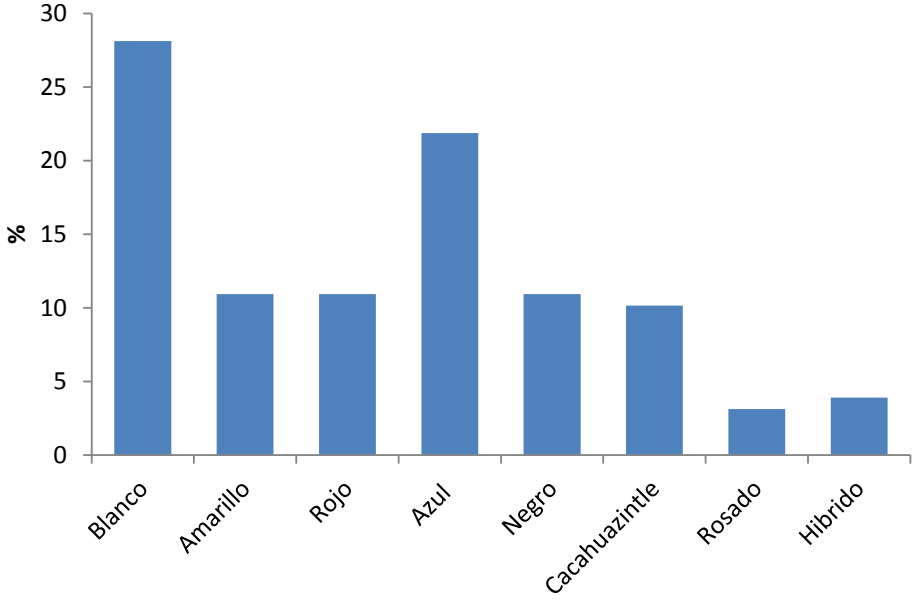


Figura 6. Porcentaje de los diferentes genotipos de maíces sembrados por los agricultores entrevistados en San Juan Ixtenco, Tlaxcala.

4.2. Cultivos asociados al maíz

El maíz es sembrado en un 73% en asociación con otros cultivos como frijol, haba, calabaza y solo un 27% en monocultivo (figura 7).

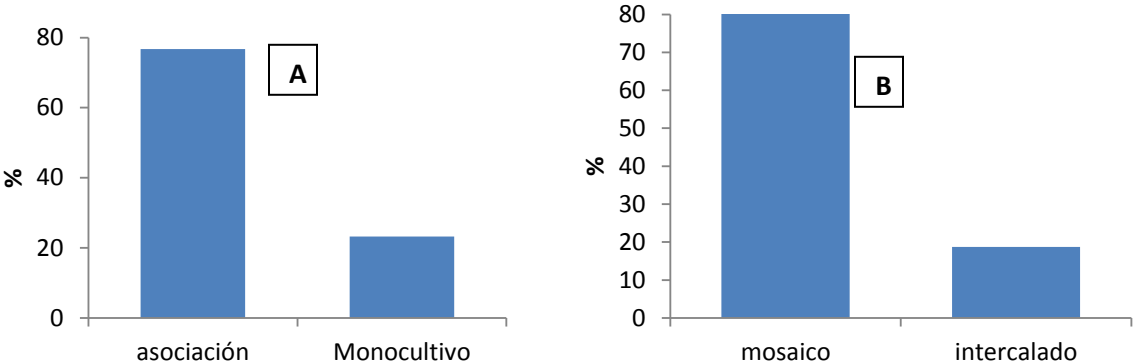


Figura 7. Porcentaje de formas de cultivar los genotipos de maíces sembrados en San Juan Ixtenco, Tlaxcala.

Las formas de asociación es un 83 % en mosaico y un 17 % intercalado (figura 7), esto dependen del cultivo que se asocie al maíz, es decir calabazas, habas y frijoles generalmente se cultivan en una asociación en mosaico, es decir 4 surcos de estos por 4 surcos de maíz, o cierto porcentaje de la parcela de uno de estos cultivo por otro porcentaje de maíz, el motivo de esta siembra según ellos es porque una siembra intercalada les dificulta el control químico de las malezas.

Los cultivos con los que más se asocia el maíz son frijol, calabaza y haba en un porcentaje de 31, 28 y 28 %, respectivamente como se muestra en la figura 6.

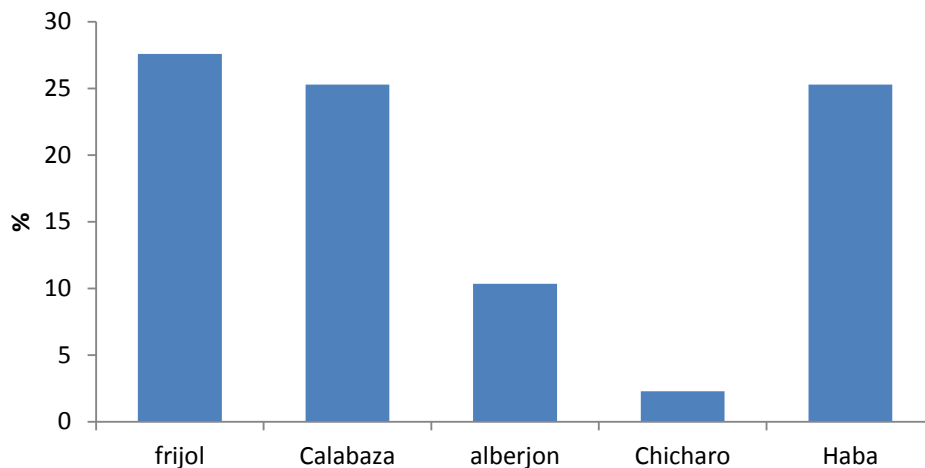


Figura 8. Porcentajes de cultivos según el nivel de asociación con el maíz en San Juan Ixtenco Tlaxcala.

4.3. Rotación de Cultivos

El 43 % de los campesinos realiza rotación de cultivo y los principales cultivos son haba, trigo, frijol y avena (figura 9).

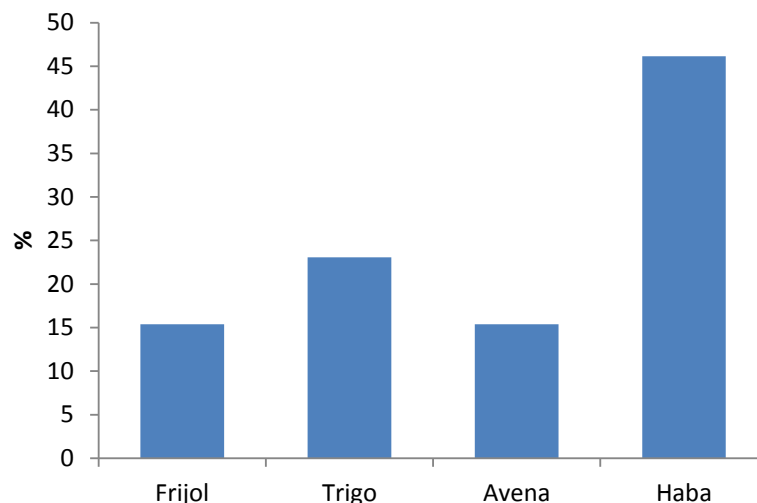


Figura 9. Porcentaje de cultivos usados en la rotación con el maíz en San Juan Ixtenco Tlaxcala.

4.4. Labores culturales

Los campesinos entrevistados destacan que las labores culturales de preparación del terreno en Ixtenco se empiezan hasta un mes después de la cosecha o una semana e incluso un día antes de la siembra, de tal manera que se tenga tiempo de picar el rastrojo del cultivo anterior e incorporarlo con el primer barbecho.

El tractorista sr. Antonio Vargas Mexicano indica que para empezar los trabajos de preparación del terreno es necesario que el suelo tenga cierto contenido de humedad, si está seco el tractor o la yunta se le dificulta la penetración del implemento, si está demasiado húmedo el implemento saca grandes porciones de tierra en forma de lonjas

4.4.1. Quema

La quema del rastrojo o esquilmos del cultivo es una práctica que ha ido desapareciendo en este municipio debido a los incendios que se han provocado y que han afectado la parte arbolada, solo el 5% de los campesinos entrevistados declaro que quema los residuos de cosecha, el resto los incorporan o venden como pastura.

4.4.2. Barbecho

En general solo el 33 % de los campesinos realiza barbecho, según los entrevistados independientemente de que se realice con tractor o yunta, el arado debe de penetrar a una profundidad de 25 a 30 centímetros, asimismo el que se realice con uno u otro depende de las capacidades económicas del campesino y disponibilidad de tiempo de los animales de tiro.

4.4.3. Rastreo

El 95 % de los campesinos entrevistados rastrean con tractor asimismo el resto no rastrea, la yunta no se usa debido a que resulta más rápido y barato usar el tractor. Esta labor se hace para desmenuzar los terrones que hayan quedado y así facilitar la siembra, por otra parte, también permite emparejar el suelo para que no se encharque el agua.

Cubículo 5

4.4.4. Surcado

Los surcos se trazan con una separación de 90 cm entre sí, sin embargo, la distancia varía según el implemento que se usen para surcar. El 95 % de los campesinos realiza surcado con tractor debido a la rapidez y practicidad de sembrar a la vez que se surca. Solo un 5 % de los campesinos entrevistados usa la yunta, según palabras de campesinos la yunta es más lenta que el tractor pero la siembra es más pareja dejando pocos claros entre los surcos, asimismo es importante recalcar que las personas que realizan esta labor con yunta son las que cuentan con una menor superficie de siembra.

4.4.5. Siembra

La siembra se puede realizar el mismo día de la surcada o uno o dos después, el 54% realiza la siembra con tractor, el 25 % con yunta, el 17 % siembra con pala, y solo un 4 % realiza una combinación de estos instrumentos

La siembra es profunda y va de los 15 a los 25 cm, con la idea de aprovechar la humedad residual del suelo (figura 10).

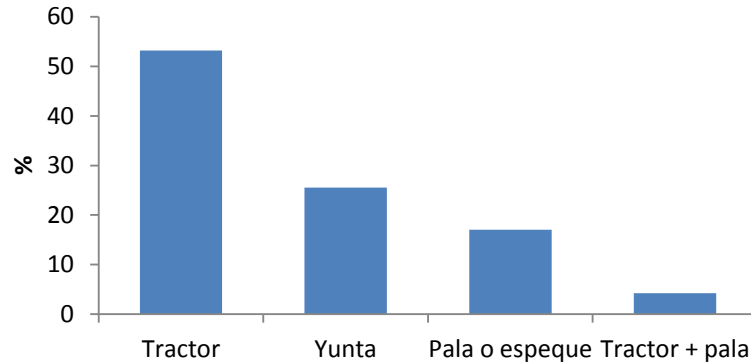


Figura 10. Porcentaje de forma de siembra según uso de herramientas en San Juan Ixtenco Tlaxcala.

4.4.6. Paso de de riel o emparejado de surco

Esta practica consiste en amarrar rieles o troncos pesados al tractor y arrastrarlos con el objetivo de nivelar los surcos facilitando la escarda y enterrar la hierba pequeña. Es una práctica que el 59% de los campesinos entrevistados realiza asimismo el resto no lo hace por falta de recursos o por que no le parece conveniente ni necesario (Figura 11).

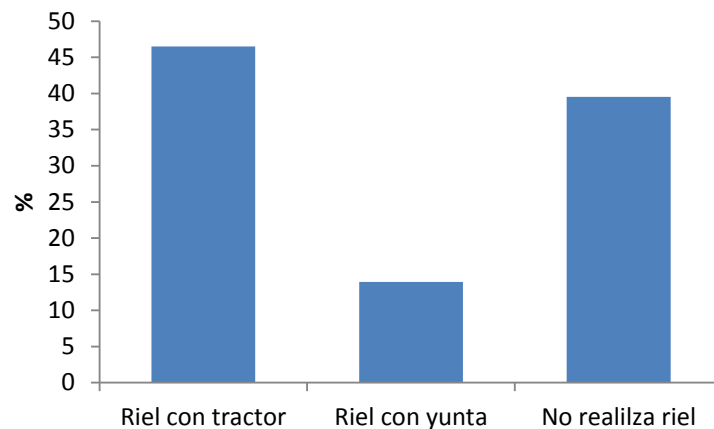


Figura 11. Porcentaje de campesinos entrevistados que usan el riel para nivelar los surcos en el cultivo de maíz en San Juan Ixtenco Tlaxcala.

4.4.7. Escarda

La escarda se realiza dos semanas despues del riel para arrancar la hierba entre los surcos y el 91 % de los campesinos entrevistados la realiza con tractor, el resto con yunta, y aunque según los campesinos con esta maltratan menos la planta se usa mas el tractor por ser mas rapido (figura 12).

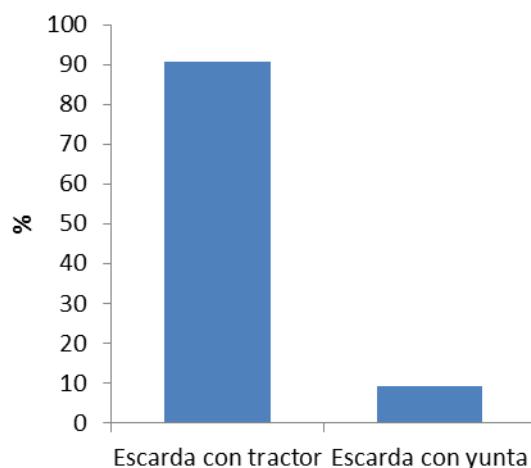


Figura 12. Porcentaje de campesinos que realizan escarda en el cultivo de maíz en San Juan Ixtenco Tlaxcala.

4.4.8. Fertilizacion y segunda

Los entrevistados realizan la fertilizacion con abonos quimicos como urea y sulfato de amonio y/o abonos orgánicos como lombricompostas y estiercol animal, el 78 % aplica quimicos, el 4 % orgánicos y el 18% combina urea mas lombricomposta en una proporcion 50/50, siendo la combinacion urea mas lombricomposta la mas usada (figura 13).

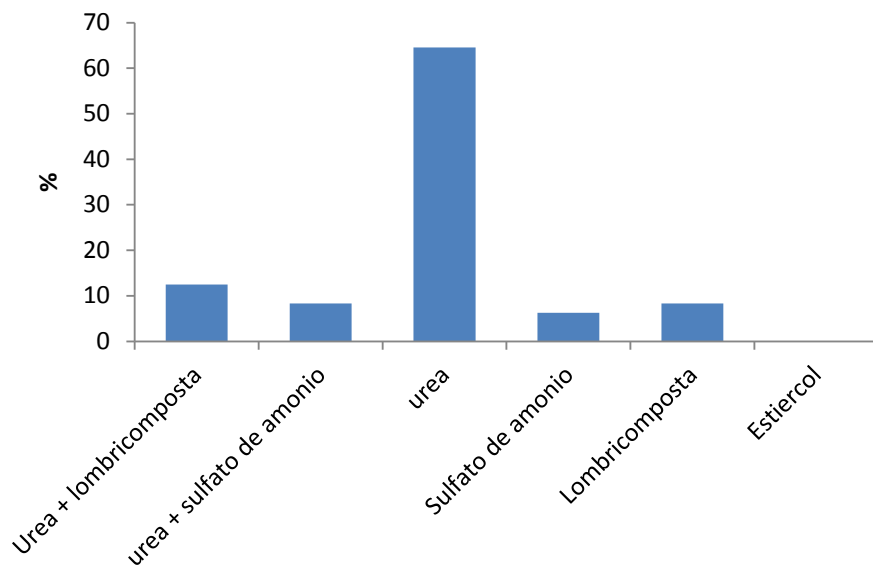


Figura 13. Porcentaje de fertilizantes que usan los campesinos entrevistados en el cultivo de maíz en San Juan Ixtenco Tlaxcala.

La segunda escarda se hace al mismo tiempo que la fertilización para enterrar el fertilizante siendo el 82% quien lo realiza con tractor y el 18 % con yunta.

4.4.9. Dehierbe

El deshierbe lo realizan en un 59 % de forma química y un 41 % de forma manual. Las herramientas que se usan para el deshierbe manual son azadones y palas. El herbicida más usado es el gramocil, usado en un 81 %, y los menos son el gesaprim cal 90 con un 13 % y atrazina en 6 %.

5.4.10. Cosecha

La cosecha se realiza en tres formas, la primera es engavillar y consiste en cortar la planta de maíz a treinta centímetros y luego colocarla en el suelo haciendo filas a lo largo del surco de forma perpendicular a este. Después del engavillado la planta se levanta, se pone en pie y se junta en montones nombrados mogotes, ambas prácticas se realizan para acelerar el secado de la mazorca y cosechar el rastrojo para su venta.

Después de que la mazorca se secó se cosecha directamente de la gavilla o del mogote según sea el caso y el rastrojo se vende. Al respecto, solo un 44 % realiza engavillado, 35 % lo amogota y el resto cosecha con la planta en pie. En promedio en condiciones óptimas del territorio los entrevistados dicen alcanzar un rendimiento de 3 a 4 ton/ha de maíz.

4.5. Aprovechamiento de residuos

Los residuos de cosecha se venden como pastura o se incorporan al suelo dependiendo de el precio de la paca de pastura. Cuando hay un buen precio un 46 % de los campesinos entrevistados empaca los residuos, de esos el 67% lo vende y el 33 % lo utiliza para el consumo de sus animales.

4.6. Incidencia de insectos fitófagos en campo y almacén

La comparación de las abundancias observadas contra la esperada bajo la hipótesis nula (igual abundancia en todas las variedades), produjo significancia estadística para siete de los ocho insectos analizados: seis de campo y dos de almacén. Para cada plaga, las variedades con mayor abundancia que la esperada fueron consideradas permisivas y, aquellas con menor abundancia que la esperada, fueron consideradas no permisivas. Dicha permisividad (o no permisividad) se asume como un indicador de posible resistencia (o susceptibilidad) de la variedad a la plaga en cuestión.

4.6.1. Insectos fitófagos en campo

De las seis especies de fitófagos analizados en campo, cinco tuvieron niveles de abundancia estadísticamente diferentes a lo esperado en las diferentes variedades de maíz ensayadas.

La abundancia del picudo grande del maíz, *G. senilis*, en las variedades ensayadas fue significativamente distinta entre ellas X^2 cal ($p = 0.05, 6$)=18.8. El maíz híbrido fue el único que tuvo más población que la esperada X^2 cal ($p = 0.05, 1$)=5.65, mientras que el maíz negro fue el único con menos población que lo esperado X^2 cal ($p = 0.05, 1$)=6.22. Todas las demás variedades tuvieron abundancias estadísticamente semejantes a las esperadas X^2 cal ($p = 0.05, 1$)<3.84 (Figura 14).

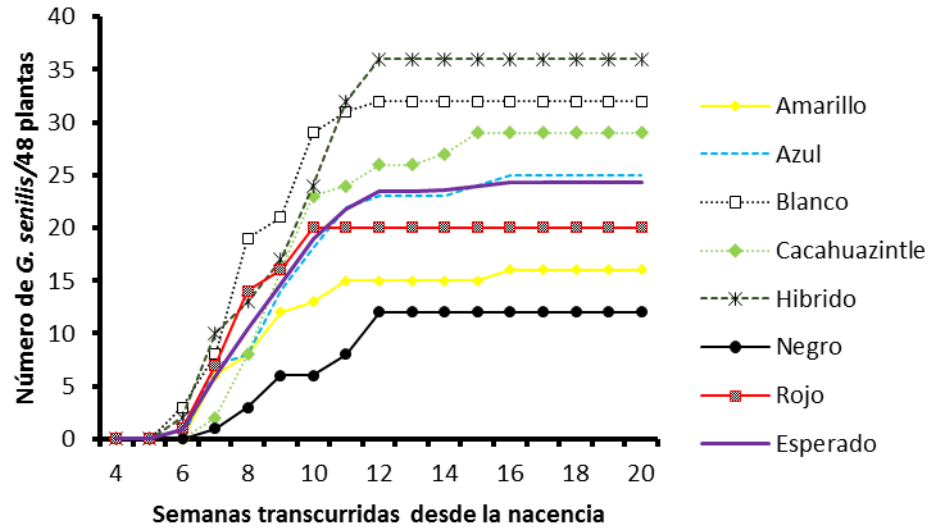


Figura 14 Incidencia acumulativa de densidad de población de *G. senilis*, registradas en genotipos de maíces evaluados en Montecillo, México. 2013.

Para la abundancia del picudo chico del maíz, *N. testaceipes*, se obtuvo significancia estadística contra la hipótesis de igual abundancia de esta especie entre las distintas variedades X^2 cal ($p = 0.05, 6$)=35.1. Los maíces que tuvieron significativamente más individuos de esta plaga que lo esperado fueron el blanco, cacahuazintle y azul X^2 cal ($p = 0.05, 1$) ≥ 3.86 , ordenadas de menor a mayor abundancia; mientras que, el maíz negro fue el único con abundancia significativamente menor a la esperada X^2 cal ($p = 0.05, 1$)=16.8 (Figura 15).

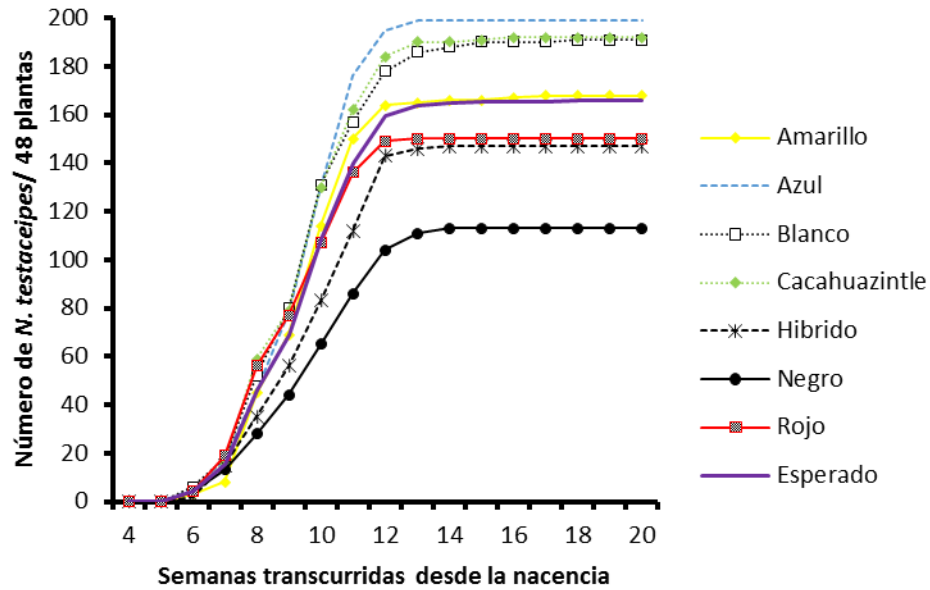


Figura 15 Incidencia acumulativa de densidad de población de *N. testaceipes*, registradas en genotipos de maíces evaluados en Montecillo, México. 2013.

La abundancia de *R. maidis* en los maíces produjo diferencias significativas X^2 cal ($p = 0.05, 6$)=492.4. En este caso cuatro variedades tuvieron abundancias mayores a lo esperado: rojo, cacahuazintle, híbrido y blanco, ordenadas de menor a mayor incidencia X^2 cal ($p = 0.05, 1$) ≥ 23.73 y; por debajo del nivel esperado se ubicaron tres variedades: azul, amarillo y negro, ordenados de mayor a menor incidencia X^2 cal ($p = 0.05, 1$) ≥ 38.08 (Figura 16).

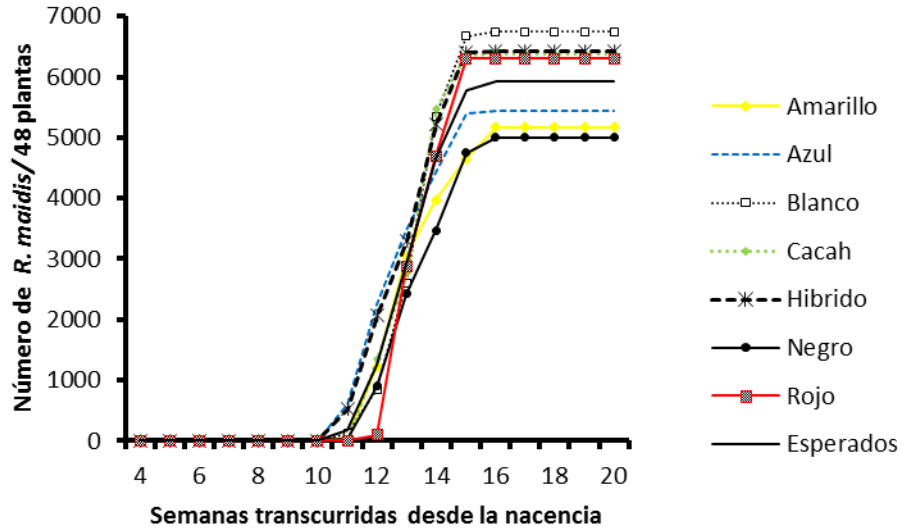


Figura 16 Incidencia acumulativa de la densidad de población de *R. maidis*, registrada en genotipos de maíces evaluados en Montecillo, México, 2013.

También la abundancia observada de *R. padi* en los maíces fue estadísticamente distinta a la esperada X^2 cal ($p = 0.05, 6$)=902.1. Por arriba de ese nivel se ubicaron los maíces blanco e híbrido, ordenados de menor a mayor incidencia, X^2 cal ($p = 0.05, 1$) ≥ 200.85 . Por debajo del nivel esperado se ubicaron las variedades: rojo, cacahuazintle, amarillo y negro, ordenados de mayor a menor incidencia X^2 cal ($p = 0.05, 1$) ≥ 5.57 (Figura 17).

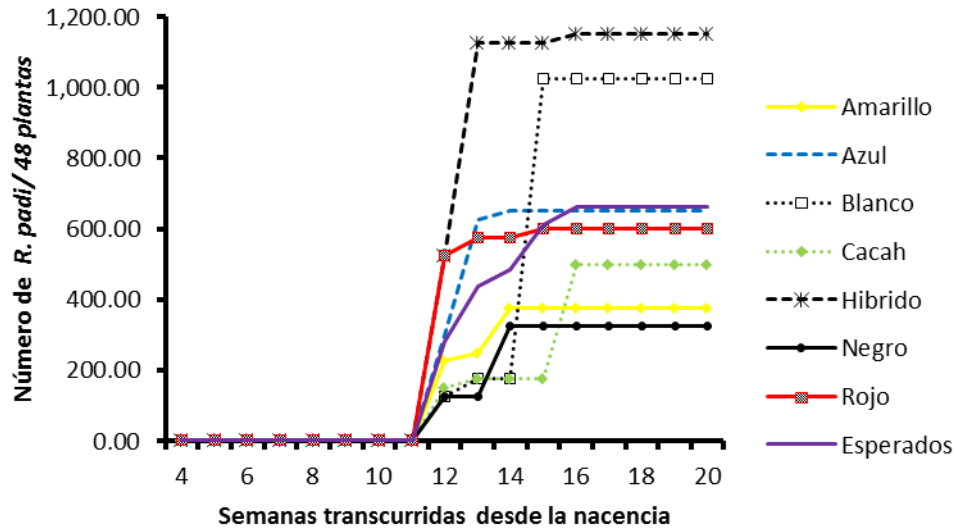


Figura 17 Incidencia acumulativa de la densidad de población de *R. padi*, registrada en genotipos de maíces evaluados en Montecillo, México, 2013.

La abundancia de *S. frugiperda* también produjo diferencia significativa entre los distintos maíces χ^2 cal ($p = 0.05, 6$)=15.7. En este caso solo el maíz negro tuvo mayor incidencia que la esperada χ^2 cal ($p = 0.05, 1$)=6.27. Las abundancias observadas en todas las demás variedades fueron estadísticamente iguales a la esperada (Figura 18).

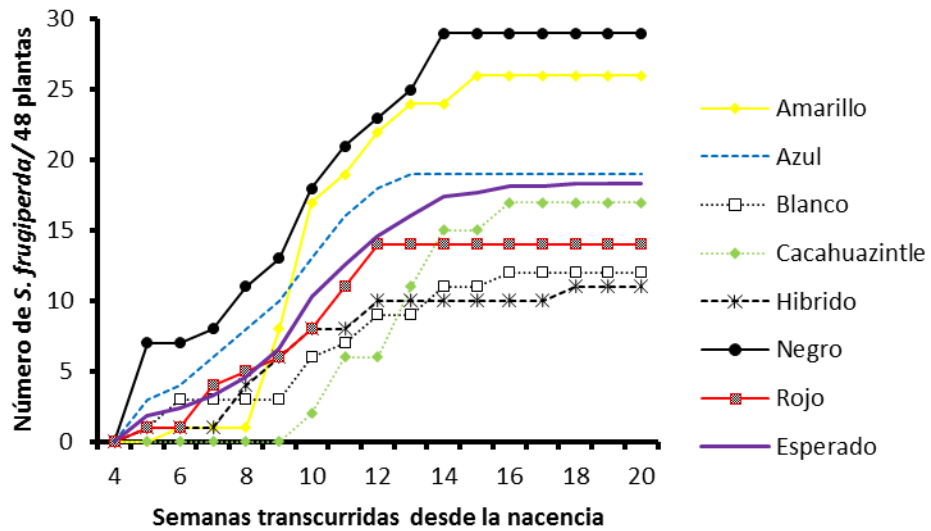


Figura 18 Incidencia acumulativa de densidad de población de *S. frugiperda*, registrada en genotipos de maíces evaluados en Montecillo, México, 2013.

El único fitófago de campo que no produjo diferencia significativa fue el del complejo de *Diabrotica spp.* cuyos datos se analizaron como uno solo debido a que su abundancia fue escasa X^2 cal ($p = 0.05, 6$)=11.5.

4.6.2. Insectos fitófagos en almacén

Para los dos insectos de almacén evaluados: *S. cerealella* y *S. zeamais*, se obtuvo significancia contra la hipótesis de igual abundancia entre las variedades. En caso de *S. cerealella* la X^2 cal ($p = 0.05, 6$)=143.83. Las variedades con abundancia superior a la esperada fueron amarillo e híbrido, ordenados de menor a mayor incidencia X^2 cal ($p = 0.05, 1$) \geq 32.54; mientras que los que tuvieron abundancia inferior a la esperada fueron rojo, cacahuacintle y blanco, ordenados de mayor a menor incidencia X^2 cal ($p = 0.05, 1$) \geq 5.50 (Figura 19).

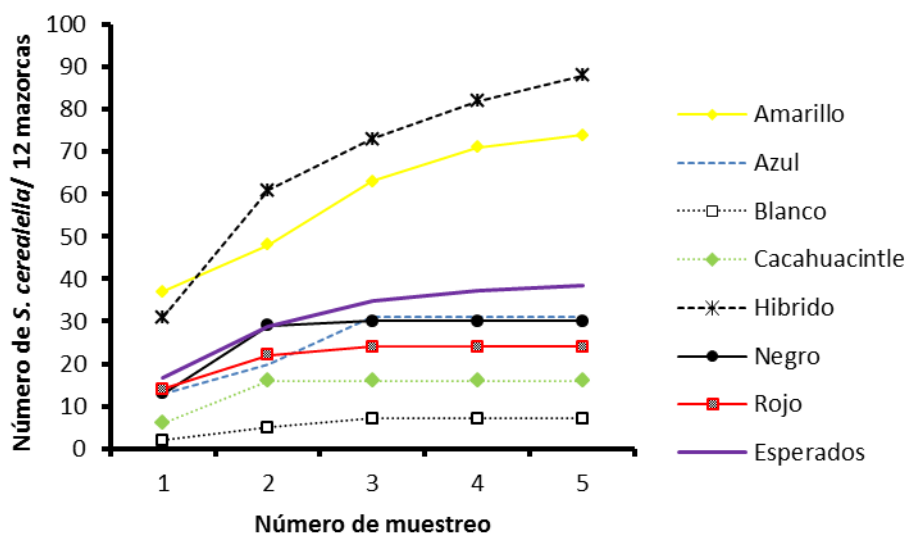


Figura 19 Densidad de población de *S. cerealella*, registrados en mazorcas de genotipos cultivados en el Colegio de Posgraduados, campus Montecillo México.

La abundancia de *S. zeamais*, en mazorcas de los maíces explorados, produjo diferencia significativa contra la hipótesis de igual abundancia ente las variedades X^2 cal ($p = 0.05, 6$)=29.73. El maíz negro tuvo mayor abundancia que la esperada X^2 cal ($p =$

0.05, 1)=17.71, mientras que el maíz híbrido, fue el único con abundancia significativamente menor a la esperada X^2 cal ($p = 0.05, 1$)=4.28 (Figura 20).

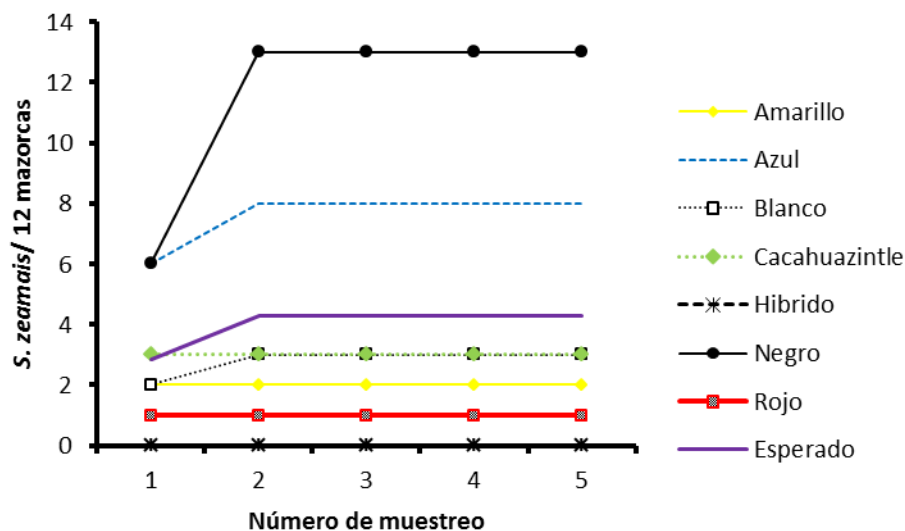


Figura 20 Densidad de población de *S. zeamais* registrados en mazorcas de genotipos cultivados en el Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, México.

El escenario global muestra que cada una de las variedades tuvo diferente perfil de permisividad con las plagas. Todas las variedades fueron permisivas para unas plagas y no permisivas para otras. La permisividad (posible susceptibilidad) para una sola de las especies plagas ocurrió en los maíces amarillo, azul y rojo; para dos insectos, cacahuazintle y negro, para tres insectos en el blanco y, para cuatro plagas, solo en el híbrido. En contaparte, la no permisividad (posible resistencia) para una de las plagas se manifestó en los maíces azul, blanco e híbrido; para dos, en el amarillo, cacahuazintle y rojo y; para cuatro, en el negro (Cuadro 3, figura 21).

Cuadro 3. Contraste de casos de permisividad y no permisividad a plagas identificados en variedades nativas de maíz de San Juan Ixtenco, Tlaxcala, México y un híbrido comercial cultivado en esa zona.

Genotipo	Permisividad	No permisividad
Amarillo	Sc	Rm,Rp
Azul	Nt	Rm
Blanco	Nt, Rm, Rp 2	Sc
Cacahuazintle	Nt,Rm	Rp, Sc
Negro	Sf, Sz	Gs, Nt, Rm, Rp
Rojo	Rm	Rp, Sc
Hibrido DK2027 [®]	Gs, Rm, Rp, Sc	Sz.

Gs: *Geraeus senilis*, **Nt:** *Nicentrites Testaceipes*, **Rm:** *Rhopalosiphum madis*, **Rp:** *Rhopalosiphum padi*, **Sf:** *Spodoptera Frugiperda*, **Sc:** *Sitotroga. cerealella*, **Sz:** *Sitophilus Zeamais*.

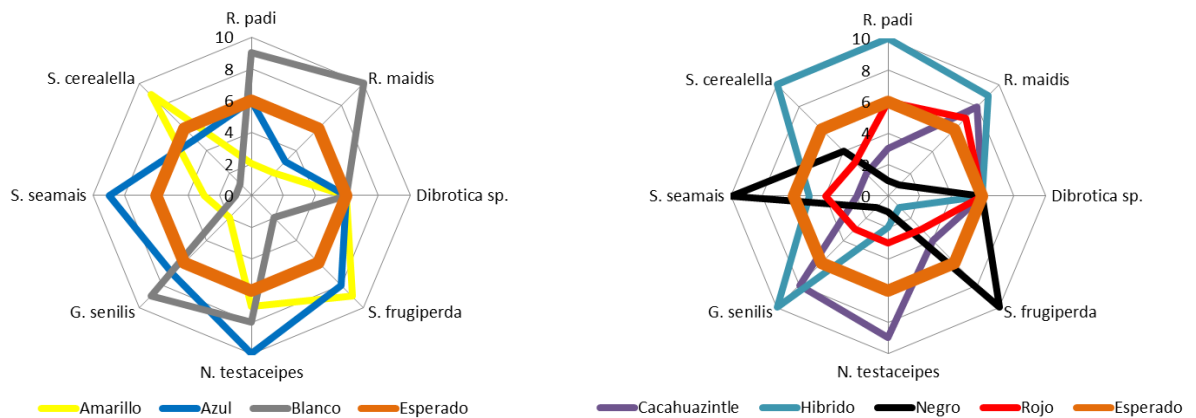


Figura 21. Densidad de población de los insectos fitófagos registrados en genotipos de maíz evaluados en el Colegio de Posgraduados, campus Montecillo México.

Nota: las líneas de maíces más cerca al centro que la densidad esperada presentan mayor resistencia que las líneas más cerca al borde la planta

4.7. Mediciones morfológicas y fenológicas de los diferentes maíces evaluados

4.7.1. Ensayo en campo

4.7.1.1. Caracteres fenológicos

Las variedades evaluadas presentaron diferencias en cuanto al jiloteo o emergencia de estigmas de la mazorca. El maíz híbrido hizo evidente su precocidad al jilotear de manera homogénea a los 144 días de la siembra, por el contrario el jiloteo fue heterogéneo entre los individuos de las otras variedades alcanzando el cien por ciento de emergencia de estigmas dos semanas después que el híbrido (figura 22).

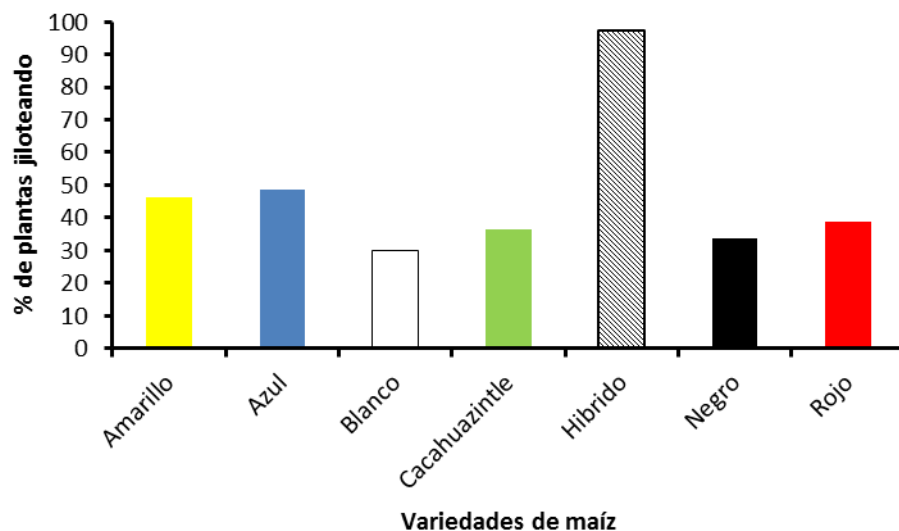


Figura 22. Porcentaje de plantas de maíz jiloteando al 12 de agosto del 2013 en genotipos provenientes de San Juan Ixtenco Tlaxcala.

La inflorescencia masculina tuvo un comportamiento similar entre las variedades evaluadas siendo el híbrido DK2027 el más precoz y homogéneo en emergencia de la panícula en sus individuos a los 133 días de la siembra, por el contrario el resto de las variedades tuvo una inflorescencia más heterogénea siendo el maíz blanco el más tardío, para la fecha 4 de muestreo el 100% de los individuos de las demás variedades ya tenían su panícula (figura 23).

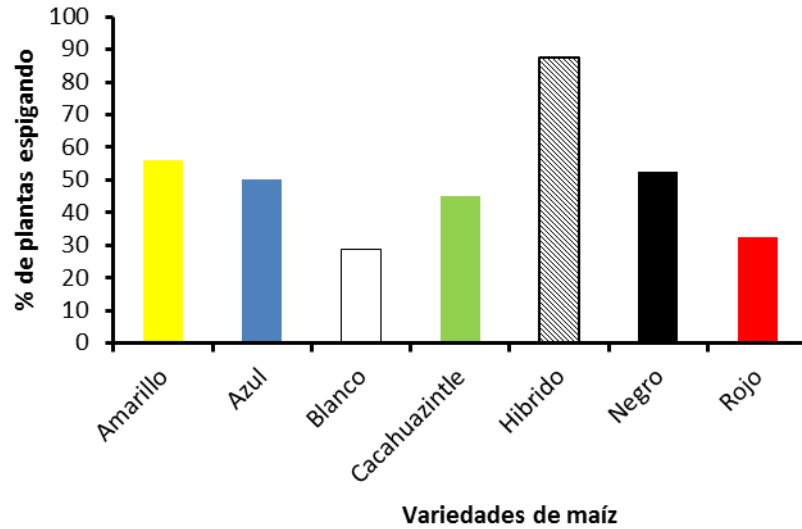


Figura 23 : Porcentaje de plantas de maíz espigando al 06 de agosto del 2013 en genotipos provenientes de San Juan Ixtenco Tlaxcala.

4.7.1.2. Caracteres morfológicos

Los siete maíces mostraron variabilidad en el número y dimensiones de hojas en las plantas, el maíz negro y el híbrido presentaron un largo y ancho de hojas intermedio pero con un área foliar menor que las demás variedades, el amarillo y el azul por el contrario presentaron un área foliar mayor, el análisis estadístico de los datos evidencian diferencias significativas solo para largo y ancho de la hoja, siendo el azul, rojo y blanco maíces con hojas significativamente más anchas que el Cacahuazintle, y el amarillo y este con hojas más largas que el híbrido DK2027 (cuadro 4).

Cuadro 4 Prueba de comparación de medias de Tukey para dimensiones y número de hojas de plantas de siete genotipos de maíz cultivados en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco provenientes de semillas de San Juan Ixtenco, Tlaxcala. $\alpha \leq 0.05$, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tipo de Maíz	Nudos	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área foliar estimada (cm)
Amarillo	13	10.3 AB	114.3 A	1177.29
Azul	11	11 A	110 AB	1210
Rojo	13	10.5 A	108 AB	1134
Blanco	11	10.5 A	101 AB	1060.5
Cacahuazintle	12	9 B	114.7 A	1032.3
Híbrido	10	10 AB	96.3 B	963
Negro	10	10 AB	99.3 AB	993

En campo las variedades expresaron diferencias en las características morfológicas de las plantas, la figura 28 muestra una relación directa entre la altura de las plantas y la altura de la mazorca que en combinación con los factores ambientales pudo haber contribuido al acame de los individuos en campo, el perímetro también presenta un comportamiento semejante con el acame entre las variedades. El análisis estadístico de los datos encontró diferencias significativas en altura a la mazorca, altura total de la planta y perímetro de tallo (cuadro 5). El maíz negro fue el de mayor altura total y a la mazorca y el híbrido el de menor para ambas características, el perímetro tuvo un comportamiento semejante, asimismo el negro y el cacahuazintle fueron los de mayor y el amarillo el de menor perímetro de tallo (Figura 25).

Cuadro 5. Prueba de comparación de medias de Tukey para dimensiones de plantas de siete genotipos de maíz cultivados en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco provenientes de semillas de San Juan Ixtenco, Tlaxcala. $\alpha \leq 0.05$, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Maíz	Altura de mazorca	Altura de planta	Perímetro de tallo
Negro	265.3 A	329 A	23.5 A B
Cacahuazintle	226.7 B	311 AB	26.2 A
Azul	226.5 B	300 B	21 BC
Blanco	197.5 C	302.1 AB	23.1 A B

Amarillo	195.2	C	327.2	A	18.5	C
Rojo	185	C	308	AB	21	BC
Híbrido	151.2	D	296.2	B	22	BC

4.7.1.2.1. Evaluación de acame

El acame afectó de manera diferente a los maíces evaluados. El análisis estadístico mostro diferencias significativas para esta variable siendo el hibrido DK2027 quien tuvo un menor porcentaje de plantas acamadas y el maíz blanco el que presento mayor daño por esta causa (figura 24, cuadro 6).

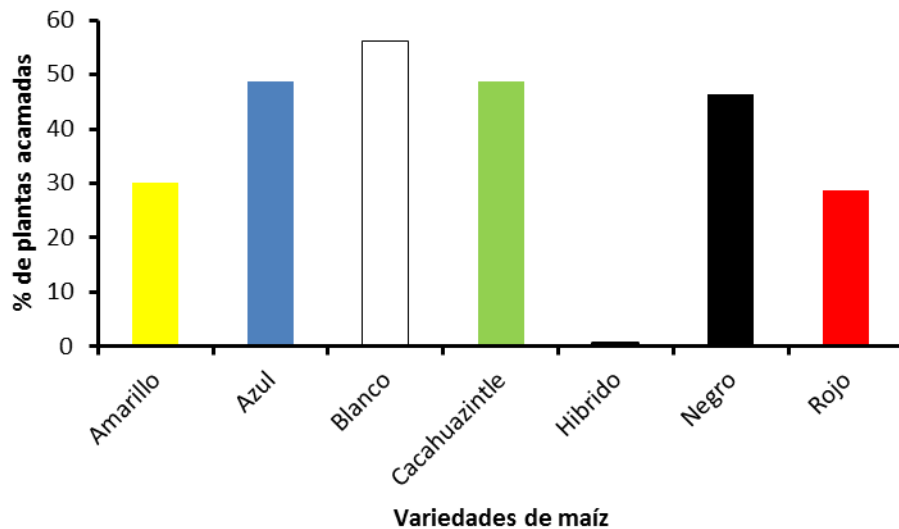


Figura 24. Porcentaje de acame de plantas de maíz de siete genotipos provenientes de San Juan Ixtenco, Tlaxcala.

Cuadro 6. Prueba de comparación de medias de Tukey para porcentaje de acame en plantas de maíz de siete genotipos provenientes de San Juan Ixtenco Tlaxcala. $\alpha \leq 0.05$, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tipo de maíz	% de acame	Letra
Blanco	56.25	A

Azul	48.75	A
Cacahuazintle	48.75	A
Negro	46.25	AB
Amarillo	30	AB
Rojo	28.75	AB
Híbrido	1.25	B

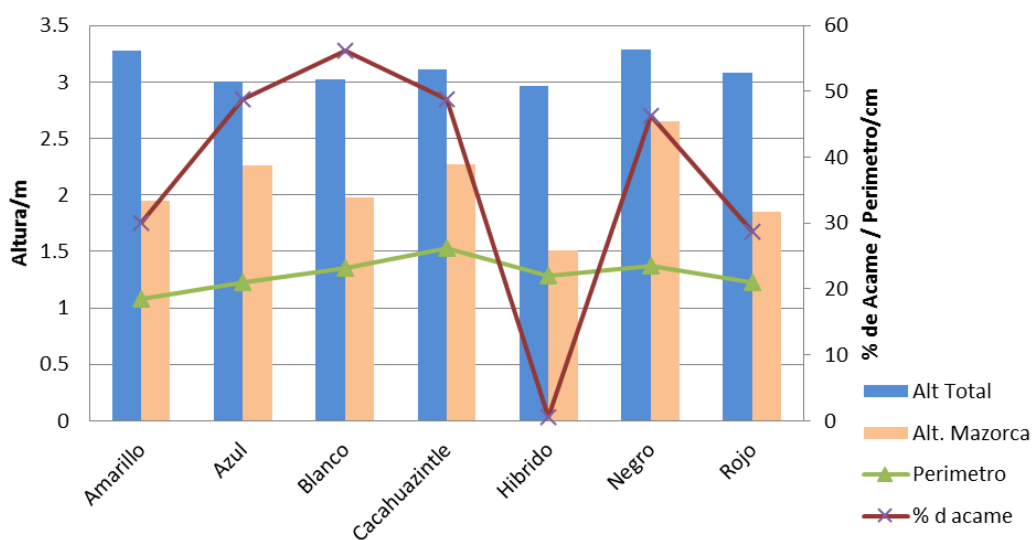


Figura 25 Mediciones de la altura total de la planta, la mazorca, perímetro del tallo y porcentaje de acame de siete genotipos de maíz evaluados en campo, Montecillo, Estado de México.

4.7.1.2.2. Medición de características de la raíz

Las cuatro variedades comparadas en el desarrollo de las raíces de plantas acamadas y no acamadas en campo no presentaron diferencias significativas en cuanto al número de raíces adventicias, número de verticilos y longitud general de raíces (cuadro 7).

Cuadro 7. Prueba de comparación de medias de Tukey para número de raíces adventicias, verticilos y longitud general de plantas acamadas y no acamadas de siete genotipos de maíz cultivados en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco $\alpha \leq 0.05$, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Maíz	Raíces adventicias		Verticilos		Longitud de Raíz (cm)	
	No Acamada	Acamada	No Acamada	Acamada	No Acamada	Acamada
Azul	16	13.7	5	5	28	32.5
Cacahuazintle	12.7	11.2	5.5	4.5	32.5	26.5
Híbrido	15.2	13.2	5.5	5.7	34.2	29.5
Rojo	14.75	12	5.25	5.2	30.5	31

Las mediciones tomadas indican que hay una relación entre la longitud de raíces, numero de raíces adventicias y numero de verticilos con el acame ya que entre menor es la longitud de raíces, numero de raíces adventicias y verticilos hay mayor probabilidad de acame.

4.7.2. Ensayo en invernadero

4.7.2.1. Caracteres morfológicos

Los siete genotipos demostraron variabilidad en altura de planta, número de nudos, numero de hojas, volumen y longitud de raíz. El análisis estadístico evidencio diferencias significativas solo para altura de la planta, siendo el maíz hibrido DK2027 el de menor altura y el rojo el de mayor (cuadro 8).

Tipo de Maíz	Nudos	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área foliar estimada (cm)
Rojo	13	10	105	1050
Cacahuazintle	12.2	9	111	999
Blanco	11.7	11	104	1092
Amarillo	13	10	110	1100
Negro	10.2	9	102	918
Azul	11.2	11	108	1188

Cuadro 8. Prueba de comparación de medias de Tukey para altura, número de nudos, número de hojas, volumen y longitud de raíz de plantas de siete genotipos de maíz cultivados en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texc. $\alpha \leq 0.05$. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tipo de Maíz	Altura de planta	Perímetro de tallo
Rojo	3.3 A	21 BC
Cacahuazintle	3.2 A	26.2 A
Blanco	3.1 AB	23.1 AB
Amarillo	3.1 AB	18.5 C
Negro	2.7 AB	23.5 AB
Azul	2.7 AB	21 BC
Hibrido	2.4 B	22 BC

En la figura 29 y 30 se expresa gráficamente la relación que hay entre el promedio de hojas y nudos y la altura por planta entre los siete genotipos de maíz, las plantas más altas como el maíz rojo presentan mayor cantidad de nudos en la caña y por consiguiente mayor número de hojas, el hibrido por el contrario presenta menor altura y menor cantidad de nudos y hojas. El volumen y longitud de las raíces indican que entre más altas son las plantas más largas son las raíces y por consecuencia tienen más volumen de raíz.

Tipo de Maíz	Adventicias	No. De verticilos	Volumen de raíz	Long. general	Incepciones
Rojo	15.2	6	147.2	85.7	378
Cacahuazintle	13.4	6	147.2	93	404.5
Blanco	13.4	6	138.5	98.5	390.25

Amarillo	14.1	5	112.5	90.5	389
Negro	15.6	6	129.8	84	356.5
Azul	14.2	6	121.2	79.7	337.75
Hibrido	14.3	6	86.5	84.5	363.75

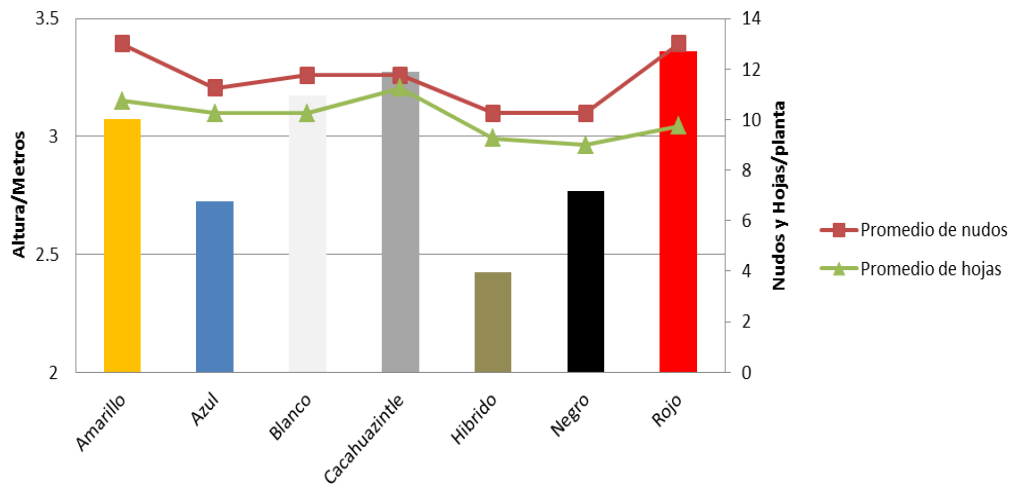


Figura 26. Mediciones de altura de planta, numero de nudos y numero de hojas, en plantas de ensayo en invernadero Montecillo 2014.

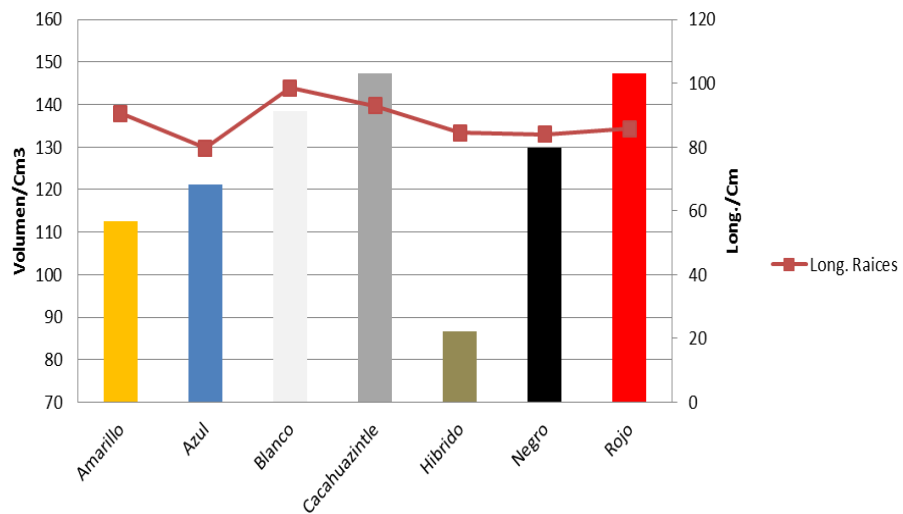


Figura 27. Mediciones de volumen y longitud de raíces en plantas de ensayo en invernadero Montecillo 2014.

5. DISCUSIÓN

El estado de Tlaxcala cuenta con gran diversidad de zonas agroecológicas en las que el campesino se ha adaptado creando diferentes sistemas de cultivo así como una gran variedad de recursos genéticos gracias a la selección campesina y natural de estos, un ejemplo son los maíces criollos de variedades predominantes en la región, que se han adaptado a estas condiciones ambientales y de manejo, generando diferencias fenotípicas y genotípicas, las cuales podrían resultar en cualidades específicas como resistencia a plagas y enfermedades y cualidades organolépticas específicas benéficas y demandadas por el agricultor (Sánchez et al. 2008).

La diversidad genética de los cultivos autóctonos y la biodiversidad asociada a estos son una reserva extensa de genes que forman parte de la estrategia o lógica productiva de sociedades indígenas campesinas del mundo, con la que han podido asegurar la producción anual y la estabilidad de sus cultivos (Altieri y Toledo 2011).

En San Juan Ixtenco según los resultados del presente trabajo la variabilidad de genes está asentada en una diversidad de sistemas de cultivo con variables tipos de manejo condicionadas a la capacidad económica que el productor tenga en el año, pero con una fuerte tendencia a un manejo mecanizado y a la utilización total o parcial del paquete tecnológico comercial (fertilizantes químicos, herbicidas, plaguicidas etc.) según la clasificación de los sistemas de cultivo que hace Huato (mecanizado, tradicional y en transición) 2010 y Primo 2012 el sistema prevaleciente en Ixtenco podría considerarse como intermedio o en transición debido a que mezcla prácticas convencionales como la maquinaria y los químicos con prácticas tradicionales como el uso en ocasiones de yuntas, semillas autóctonas, la rotación y asociación de cultivos.

En cuanto al trabajo realizado en campo en el Colegio de Postgraduados los resultados muestran que los maíces nativos tienen caracteres que los hacen no permisivos para el desarrollo de poblaciones de las plagas analizadas y se postula que esos casos de no permisividad podrían implicar alguna forma de resistencia genética contra ellas. La mayoría de las variedades nativas mostró no ser permisiva

para dos o más plagas simultáneamente. Esta evidencia experimental, en conjunto con otras aportadas por Candia y Barnes (1960), García et al. (2003) y Palafox y Sierra (2008), sobre la resistencia de maíces nativos a *S. zeamais*; por Díaz (1969), sobre resistencia a *S. cerealella* y por Obando et al. (1999), sobre resistencia a *S. frugiperda* y al virus del achaparramiento sugieren que los maíces nativos son reservorios de genes potencialmente útiles para el desarrollo de variedades modernas con atributos de autodefensa contra plagas y enfermedades.

Así mismo, también se evidencia que las variedades modernas tienen pocos atributos de autodefensa contra plagas, lo cual es una característica indeseable que debería ser corregida en el mediano plazo para mejorar la sustentabilidad de la producción agrícola y reducir el uso de insumos externos a los sistemas agrícolas como los plaguicidas.

Colateralmente, durante la ejecución de este trabajo se observó también que algunos maíces nativos pueden tener caracteres indeseables como susceptibilidad al acame, a la pudrición de mazorcas, alta heterogeneidad en la altura de las plantas, lo cual, desalienta a los productores a conservarlos (Ceccarelli y Grando 2000 y Ortega 2004) y facilita que sean sustituidas por variedades modernas a pesar del valor estratégico que aquellas representan.

Frecuentemente se atribuye baja productividad a las variedades nativas, pero no siempre es así o, no es algo insuperable. En la región oriental del Estado de México se han encontrado diversas poblaciones de maíces nativos con rendimiento igual o mayor que el de los híbridos usados en esa zona (Herrera et al. 2013) y, mediante estrategias de mejoramiento participativo se ha logrado menguar la expresión genética de caracteres indeseables (Herrera et al. 2004, Márquez et al. 2003), conservar las características organolépticas y potenciar su productividad (Ortega 2004 y García et al. 2002). Experiencias similares en maíz se han desarrollado en Cuba (Montes 2004), así como en cultivos distintos al maíz (chayote) (Avendaño et al. 2014) en Veracruz y San Luis Potosí, México.

Mientras los maíces comerciales se han beneficiado del esfuerzo acumulado durante ocho décadas de mejoramiento genético asistido por científicos, solo algunos pocos

maíces nativos han recibido asistencia mediante el mejoramiento participativo en algunas regiones de México, como los casos citados líneas arriba; no obstante, esas pocas experiencias han mostrado que ellos pueden alcanzar producciones competitivas, al tiempo que conservan su resistencia a los factores adversos y las características organolépticas demandadas por la sociedad para los alimentos derivados del maíz, las cuales se han perdido en los maíces comerciales porque son seleccionados solo por su productividad.

Se estima que la evidencia generada en este estudio y en otros como los referidos aquí, sustentan robustamente la idea de que las variedades nativas de maíz y, muy posiblemente también de todos los demás cultivos, constituyen recursos genéticos con valor estratégico que amerita ser protegido, conservado y mejorado para alcanzar mejores niveles de bienestar social no solo para quienes lo conservan sino también para la sociedad en conjunto.

6. LITERATURA

- Altieri, M., & V. M. Toledo. 2011. la revolucion Agroecologica en America Latina, rescatar la naturaleza, asegurar la soberania alimentaria y empoderar al campesino. *Sociedad cientifica latinoamericana de agroecología*, 38: 2-34.
- Altieri, M. A. (2003). Manejo agroecologico de viñedos. *Sociedad cientifica latinoamericana de agroecología*. 1-6.
- Altieri M.A. 1994. Experiencia en el Valle de Aconcagua: Conversión de viñedos de exportación a un manejo agroecológico, *Ambiente y Desarrollo, ciencia y ambiente*.
- Altieri, 1991. Por qué estudiar la agricultura tradicional. División de Control Biológico - Universidad de California, Berkeley.1: 1-14.
- Avendaño, A., I. J Cadena, G. M. Arévalo., S. V. Morales., y P. L. Ruiz. 2014. Mejoramiento genético participativo en chayote. *Agroproductividad*. 07: 30-39.
- Buenrostro, M. 2009. Las bondades de la milpa. *Ciencias*. 92: 30-32.
- Candia, Z. D y D. Barnes. 1960. Infestación del maíz en campo por *Sitophilus orizae* (L.). *Agricultura Técnica en México*. 09: 9-10.
- Cárcamo, M. I., M. García, M. I. Manzur, Y. Montoro, W. Pengue, A. Salgado, H. Velásquez. y G. Vélez. 2011. Biodiversidad, erosión y contaminación genética del maíz nativo en América Latina. Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Ceccarelli S.y S. Grandó. 2000. Fitomejoramiento participativo descentralizado. *LEISA Revista de Agroecología*. 15: 35-36.
- Díaz, J.P., 1969. Susceptibilidad relativa de variedades colombianas de maíz al ataque de la palomilla de los granos *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Peruana de Entomología*. 13: 15-22.

- Fischer, K. S.; E. C. Johnson, y. G. O. Edmeades. 1984. Mejoramiento y selección de maíz tropical para incrementar su resistencia a la sequía. CYMMYT. Distrito Federal, Mex.
- García,-L., S., A. J. Burt, J. A. Serratos, M. D. Díaz; T. J. Arnason, y J. D. Bergvinson. 2003. Defensas naturales en el grano de maíz al ataque de *Sitophilus zeamais* (Motsch, Coleoptera: Curculionidae), mecanismos y bases de la resistencia. Revista de Educación Química. 22: 138-145.
- García. S. L., C. Espinosa y D.J. Bergvinson. 2007. Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. México, D.F.: CIMMYT.
- García, Z. J., R. J. López, G. J. Molina, y S. T. Cervantes. 2002. Selección masal visual estratificada y de familias de medios hermanos en una crusa intervarietal F2 de maíz. Fitotecnia. 25: 387-391.
- Gorriti, G. A., J.F. Quispe, A. J. Arroyo, R. A. Córdova, T. B. Jurado, y A. I. Santiago. 2009. Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. "maíz morado". Ciencia e Investigación. 12: 64-74.
- Hernández, E. (2003). La milpa en Yucatan. *Colegio de post graduados*, 6-60.
- Herrera, C. E., G. G. Castillo, P. R. Ortega, y A. A. Delgado. 2013. Poblaciones superiores de la diversidad de maíz en la región oriental del estado de México. Fitotecnia. 36: 33-43.
- Herrera, C. E., G. F. Castillo, G. J. Sánchez, C. M. Hernández, P. R. Ortega, y M. M. Goodman. 2004. Diversidad del maíz chalqueño. Agrocienca. 38: 190-206.
- Márquez, S. F., C. L. Sahagún, V. J. Carrera, G. E. Barrera, R. I. Morales y M. I. Cervantes. 2003. El Centro Nacional de Rescate y Mejoramiento de Maíces Criollos del CRUOC. Revista de Geografía Agrícola. 32: 7-24.
- Montes, G. A. 2004. Fitomejoramiento participativo en Cuba. Estudio de caso. Redalyc, Bogota, Col.

- Nicholls, C.I. 2002. Manipulando la biodiversidad vegetal para incrementar el control biológico de insectos plaga: un estudio de caso de un viñedo orgánico en el Norte de California. Pag: 495 -514. En: Sarandon, S. J. 2002. Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científica Americanas. Buenos Aires, Argentina. 557.
- Nault, L. R., V. D. Gordon, y Damsteegt. 1982. Response of annual and perennial teosintles to six maize viruses. *Plant Disease*, 66: 61-32.
- Obando, S., G. A. Oyervides, C. de León, L. B. Humberto; y M. Q. García. 1999. Selección de genotipos de maíz con resistencia múltiple al achaparramiento, cogollero y barrenador. *Agraria UAAAN*. 15: 20-37.
- Ortega, P. R. 2004. Experiencias del proyecto Milpa en maíz (*Zea mays* L.) en Chalco-Amecameca México en su primera etapa, manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto internacional de recursos fitogenéticos. Cali, Col.
- Palafox, A., y M. Sierra, 2008. Tolerancia a infestación por gorgojos (*Sitophilus* spp.) en genotipos de maíz comunes y de alta calidad proteica. *Agronomía Mesoamericana*. 19: 39-46.
- Rangel, M. E., O. A. Muños, C. G. Vázquez, S. J. Cuevas, C. J. Merino, y C. S. Miranda. 2004. Nixtamalización, elaboración y calidad de tortilla de maíces de Ecatlan, Puebla, México. *Agrociencia*. 38: 53-61.
- Ripusudan, L. P., G. D. Gonzalo, y A. Violic. 2001. El maíz en los trópicos mejoramiento y producción. Dirección de Producción y Protección Vegetal de la FAO. http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s18.htm#P0_0.
- Sanchez, M., Ocampo, F., Sánchez , H., & Martínez , S. (2008). Proceso autogestivo para la conservación de suelo y agua en sistemas campesinos sustentables. Los casos de Vicente Guerrero y la Reforma. *Universidad Autónoma Indígena de México*. 4: 165-181.

Southwood y Way, 1970 Southwood, R. E., & Way, M. J. (1970). Ecological background to pest management. North Carolina State University, 415-431.

Salinas, M. Y., A. J. Pérez, C. G. Vázquez, C. F. Aragón, y C. G. Velázquez. 2012. Antocianinas y actividad antioxidante en maíces (*Zea mays* L.) de las razas chalqueño, elotes cónicos y bolita. *Agrociencia*. 46: 693-706.

Serratos H. J. A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Nueva imagen, México, Mex.