



Reporte de Investigación

Generación de Mapas de Pérdidas por Insectos Poscosecha en el Estado de México

Para el proyecto

*Tecnologías integrales para reducir las pérdidas en post-cosecha de maíz
en el Estado de México*

Científico Asociado
Dr. Silverio García-Lara

Director Técnico del Proyecto
Dr. David Bergvinson

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

**EDOMEX-2005-C01-10.
Fondo Mixto CONACYT-Estado de México**



Noviembre del 2005 a Diciembre del 2006



CIMMYT^{MR}

Reporte de Investigación

**Generación de Mapas de Pérdidas por Insectos Poscosecha
en el Estado de México**

Para el proyecto

*Tecnologías integrales para reducir las pérdidas en post-cosecha de maíz
en el Estado de México*

Científico Asociado
Dr. Silverio García-Lara

Director Técnico del Proyecto
Dr. David Bergvinson

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

**EDOMEX-2005-C01-10.
Fondo Mixto CONACYT-Estado de México**



Noviembre del 2005 a Diciembre del 2006



El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT®) (www.cimmyt.org) es un organismo internacional, sin fines de lucro, que se dedica a la investigación científica y la capacitación relacionadas con el maíz y el trigo en los países en desarrollo. Basados en la solidez de nuestra ciencia y en nuestras asociaciones colaborativas, generamos, compartimos y aplicamos conocimientos y tecnologías con el objeto de incrementar la seguridad alimentaria, mejorar la productividad y la rentabilidad de los sistemas de producción agrícola, y conservar los recursos naturales. El CIMMYT recibe fondos para su agenda de investigación de varias fuentes, entre ellas, del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) (www.cgiar.org), gobiernos nacionales, fundaciones, bancos de desarrollo e instituciones públicas y privadas.

El CIMMYT y los autores expresan su reconocimiento al apoyo del Fondo Mixto CONACYT - Estado de México, para la realización del proyecto titulado "Tecnologías integrales para reducir las pérdidas en post-cosecha de maíz en el Estado de México", con clave EDOMEX-2005-C01-10. Parte de los resultados se describen en este reporte.

© Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 2007. Derechos reservados. Las designaciones empleadas en la presentación de los materiales incluidos en esta publicación de ninguna manera expresan la opinión del CIMMYT o de sus patrocinadores respecto al estado legal de cualquier país, territorio, ciudad o zona, o de las autoridades de éstos, o respecto a la delimitación de sus fronteras. El CIMMYT autoriza el uso razonable de este material, siempre y cuando se cite la fuente.

Cita correcta: S. García-Lara y D. J. Bergvinson. 2007. Generación de Mapas de Pérdidas por Insectos Poscosecha en el Estado de México. Reporte Técnico. México, D.F.: CIMMYT.

Documento Interno
Impreso en México.



PREFACIO

Este informe científico forma parte de las actividades que se realizan dentro del proyecto “Tecnologías integrales para reducir las pérdidas en post-cosecha de maíz en el Estado de México” en su fase I.

Este estudio tuvo como objetivo la evaluación y cuantificación de pérdidas poscosecha en el Estado de México y la generación de mapas que reflejen esas pérdidas por insectos en la etapa de poscosecha. Se reportan los resultados obtenidos durante 12 meses de estudio en el año 2006. La compilación de datos en campo y en laboratorio ha permitido generar mapas de superficie que muestran con exactitud las zonas y regiones que presentan mayores afectaciones en términos de porcentaje de pérdidas y de daño producto de la infestación por plagas de poscosecha en almacén así como de los insectos plagas responsable de estas pérdidas.

Este trabajo no pudo ser posible sin la participación decidida y conjunta de la Dirección de Agricultura de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO) del Estado de México y de las 10 delegaciones regionales que la conforman, quienes participaron activamente en la colocación, muestreo y colecta de datos. En este sentido los autores agradecen el valioso apoyo del Director General de Agricultura, Ing. Hermes Noyola Isgleas y del Director de Agricultura Ing. J. Rubén Dávila Mendoza, así como a todo el personal a su digno cargo en las delegaciones agrícolas del Estado.

Enero del 2007

Silverio García-Lara

David J. Bergvinson



MAPAS DE PÉRDIDAS MAÍZ EN POSCOSECHA EN EL ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO.

Silverio García-Lara y David J. Bergvinson

RESUMEN

El Estado de México (EdoMex) se encuentra entre los principales productores de maíz en México, sin embargo existen limitaciones para que esta producción impacte en la economía de los pequeños agricultores. Dentro de los factores más relevantes se encuentran las plagas de almacén. En el 2006 el Centro Internacional de mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) inicio el proyecto Tecnologías integrales para reducir las pérdidas en post-cosecha de maíz en el EdoMex, auspiciado por el Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECyT) y en coordinación con la Secretaria de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO) del EdoMex. El objetivo consistió en establecer un diagnóstico de pérdidas de post-cosecha de maíz. En este trabajo se presenta los resultados obtenidos de la evaluación y cuantificación de pérdidas en el EdoMex. El estudio se realizó con 120 agricultores de 10 distritos principales de producción de maíz. La evaluación consistió en colocar 4 paquetes de maíz (tres mazorcas y tres con cobertura) durante doce meses. Se muestreo cada tres meses para determinar el porcentaje de perdida de peso, el grado de daño, humedad del grano y plagas presentes. Las variables de temperatura y humedad se registraron con un sensor. Estos datos se integraron en un sistema de información geográfica para generar mapas de superficie. Los resultados ubicaron a la zona sur con mayores perdidas durante 12 meses con promedio de 28% y daño del 60%, seguida de la zona norte que presento perdidas en promedio de 18% y daño del 52%. La zona oriente mostró 10% en pérdidas y 16% en daño, mientras que la zona centro presento 5% en perdidas y 14% en daño. Las plagas de almacén presentaron una distribución específica siendo el gorgojo, *Sitophilus zeamais* para el sur y el barrenador, *Prostephanus truncatus* para el norte. Este tipo de información permitirá al gobierno local enfocar establecer esfuerzos tecnológicos para disminuir el impacto de las plagas en estas regiones.

Abreviaciones: CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.; COMECyT, Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología; EdoMex, El Estado de México; SEDAGRO, Secretaria de Desarrollo Agropecuario.



INTRODUCCION

El Estado de México (EdoMex) ha sido tradicionalmente uno de los principales productores de gramíneas del país. Al respecto, en el campo mexiquense se generan el 6.5% del valor de la producción agrícola nacional, destacando la producción de maíz (SEDAGRO, 2006). En el 2006 el EdoMex ocupó el cuarto lugar en producción de este grano básico en México (SIAP, 2007) con poco más de 1 millón 200 mil toneladas. A pesar de que el maíz ocupa aproximadamente el 85% de actividad agrícola, y esta representa el 64% de la superficie sembrada, sólo se generan el 29% del valor de la producción, prevaleciendo prácticas que generan una baja productividad. Existen varios factores que reducen la eficiencia en productividad y limitan que esta producción impacte en la economía de los pequeños agricultores. Dentro estos factores Pingali y Pandey (2001) han señalado que los más relevantes corresponden a los bióticos y abióticos, siendo las principales causas de pérdidas la infertilidad del suelo y la presencia de plagas. El análisis realizado por el gobierno estatal indica que los principales riesgos y amenaza corresponden al manejo integrado de plagas en los cultivos agrícolas y los altos riesgos de diseminación de las mismas (SEDAGRO, 2006).

Las pérdidas globales de maíz durante el periodo de la poscosecha se encuentran entre el 10 y 40% afectando principalmente a los agricultores de escasos recursos (Markham *et al.*, 1994). El término pérdida se define como el decremento físico y sustancial expresado en la reducción de peso o volumen. Mientras que el daño es la manifestación visible del deterioro el cual puede posteriormente reflejarse como pérdida. Los tipos de pérdidas se agrupan en pérdida de peso, pérdida nutricional, pérdida fisiológica, y pérdida de calidad (Appert, 1987). Las pérdidas más importantes (>50%) ocurren bajo condiciones de manejo deficiente y nula asistencia técnica. Se ha establecido que los problemas de poscosecha se inician cuando el cultivo alcanza la madurez fisiológica y en coincidencia con el secado del grano en el campo de cultivo en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Markham *et al.*, 1994). Las plagas entonces inician la infestación en campo y se trasladarse a las áreas de almacén.

En México se han realizado algunos estudios sobre pérdidas asociadas con la infestación de insectos durante la poscosecha. Se ha establecido que en la zona del Bajío, el 63% del maíz almacenado, después de seis meses, se encontraba infestado con plagas



de almacén (Tigar, *et al.*, 1994a). Estudios en zonas húmedas confirmaron que la presencia de plagas supera el 80%, siendo la primera causa de pérdidas en grano almacenado (Tigar, *et al.*, 1994b), mientras que en el Altiplano los valores referidos oscilan entre el 20 y el 30% (Torres, 1995). Las pérdidas poscosecha en México por tanto no están cabalmente cuantificadas para ciertas áreas del país, especialmente en regiones altas y de transición y donde se presume que las pérdidas a menudo son poco severas.

Un estudio realizado por el Centro Internacional de mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) entre 1999 y 2000 permitió realizar una aproximación cuantitativa de las pérdidas durante la poscosecha en México (Bergvinson *et al.*, 2001; Bellon *et al.* 2005; Lilja y Bellon, 2006). Utilizando 11 localidades de México, sistemas de información geográfica y modelos de predicción de pérdidas y daño, este estudio generó mapas de superficie donde se ubicaron y cuantificaron pérdidas entre el 1%, para regiones secas, al 40% para regiones húmedas. Esta aproximación permitió establecer que en ciertas regiones del centro del país se presentaban pérdidas significativas. Los datos reportados también establecieron una enorme influencia de la temperatura y humedad con respecto a la presencia de plagas y a los niveles de daño y pérdida (Bergvinson *et al.*, 2001).

En el 2006 el CIMMYT inició el proyecto tecnologías integrales para reducir las pérdidas en post-cosecha de maíz en el EdoMex (Bergvinson, 2005), auspiciado por el Fondo Mixto -CONACYT y Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECyT) y con el apoyo y soporte de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO) del EdoMex. La demanda del gobierno estatal fue la de generar investigación en variedades de maíz resistentes a las plagas y condiciones ambientales en zonas del Estado de México, incluyendo metodologías de manejo poscosecha y almacenamiento. Para cumplir con esta solicitud, el primer paso consistió en establecer un diagnóstico de pérdidas poscosecha para el ciclo agrícola 2006. Este diagnóstico permitirá a las entidades locales enfocar y establecer esfuerzos tecnológicos para disminuir el impacto de las plagas en estas regiones.

Por lo tanto el objetivo del presente trabajo consistió en 1) establecer un diagnóstico de pérdidas poscosecha para el Estado de México y 2) generar mapas de superficie que precise la ubicación de las pérdidas causadas en almacén y 3) determinar y ubicar las principales plagas presentes en maíz durante el almacenamiento.



MATERIALES Y METODOS

Selección de Sitios

De los 11 distritos agrícolas que alberga el EdoMex, 10 fueron elegidos para este estudio. Los distritos seleccionados fueron agrupados en cinco regiones con dos distritos cada uno. Las regiones fueron Norte, Centro, Sur, Noreste y Este. En cada distrito se eligieron entre 10 y 12 localidades que representaran a los diferentes municipios considerando como criterios de selección la superficie sembrada de maíz y la importancia del cultivo (SEDAGRO, 2006).

La selección de los agricultores que participaron en el estudio se realizó con base en características de colaboración, participante activo, que almacenara maíz, con estructura de almacenamiento, y que fuese representativo de la región (Bellon, 2001). En la muestra se incluyó como criterio adicional la capacidad tecnológica para abarcar a los agricultores pequeños, medianos y altamente tecnificados.

Levantamiento de Entrevistas

Con base en los criterios mencionados más de 100 agricultores participaron en el proyecto representando a los 10 distritos de producción de maíz. A cada agricultor se le aplicó un cuestionario siguiendo las recomendaciones de Bellon (2001) con el objetivo de evaluar las siguientes parámetros de prácticas en poscosecha: variedad que utiliza, forma de almacén, tipo de construcción, forma en que almacena, tiempo de almacenamiento, cantidad que almacena, destino de lo almacenado, tratamientos y problemas con plagas.

Colocación de Muestras

En este estudio se utilizó el maíz híbrido CML244 X CML349 (cruza simple de valles altos, blanco dentado), el cual ha sido catalogado como susceptible al ataque de plagas (García-Lara et al., 2004). Para evaluar las pérdidas en poscosecha, muestras de maíz fueron entregadas a los más de 100 agricultores participantes de manera simultánea. Las muestras consistieron de un paquete que contenía 4 sub-muestras empaquetadas en grupo con 3 mazorcas y 3 mazorcas con cubierta. Cada sub-muestra fue rotulada con los datos de la localidad y tiempo de almacenamiento. Estas muestras fueron colocadas en el sitio de almacenamiento que el agricultor utiliza y el manejo del almacén fue de forma similar a la práctica habitual del agricultor. Las muestras



permanecieron hasta por 12 meses para simular el tiempo de almacenadas dentro de cada región.

Registro de Variables Físicas y Coordenadas Geográficas

Las condiciones de almacenamiento fueron monitoreadas durante 12 meses utilizando sensores tipo HOBO (Temp/RH Logger, Mod. Spectrum Technologies, Inc. USA). Las variables registradas fueron temperatura (máxima, mínima, y media), humedad relativa (mínima, máxima y media) y humedad absoluta (mínima, máxima y media). Estos datos fueron registrados cada 2.5 hrs. Al término del experimento los datos contenidos en el sensor fueron capturados utilizando el programa Box Car Pro (ver 3.51, Onset Computer Corp). Las coordenadas geográficas y altura sobre el nivel del mar fueron tomadas en cada sitio de estudio utilizando un equipo eTrex Venture (Garmin Olathe, KS, USA).

Colección de Muestras en Sitios

Cada tres meses un grupo de muestras fue retirado del sitio de almacén para obtener los parámetros de cuantificación de pérdidas. Un total de cuatro muestreos se llevaron a cabo a lo largo del experimento. Las muestras colectadas se empacaron en bolsas de plástico y se enviaron de inmediato al laboratorio de entomología del CIMMYT.

Evaluación de Pérdidas en Almacén

Las muestras se sometieron a un análisis de humedad del grano utilizando un medidor de humedad de grano Dole (Mod 400). Para su análisis las muestras se colocaron a -20°C durante 72 hrs para detener el proceso de infestación. Cada mazorca fue analizada para evaluar los valores de porcentaje de daño y pérdidas. El primer parámetro se determinó cuantificando por inspección visual el número de granos de maíz que presentaron daño por insectos de almacén de acuerdo con la descripción de Savidan y Bergvinson (2002). Asimismo se identificó y registró la causa o agente causante del daño. En el caso de insectos presentes en la muestra estos fueron identificados (García-Lara et al., 2007).

Cuantificación de Pérdidas en Almacén

Para el porcentaje de pérdidas se estableció una nueva técnica tomando en consideración el reporte de Adams (1978). Las mazorcas fueron divididas en tres secciones de acuerdo con su longitud para obtener las siguientes proporciones 20% de



pico, 55% de zona media y 25% de base, considerando la variación en el tamaño del grano en la mazorca. La mazorca se desgrano por secciones y para cada una de estas los granos se contaron y pesaron. Con estos datos se calculo el peso final de la muestra, el peso promedio de los granos sanos y de los dañados. Finalmente se calculo por extrapolación el peso inicial de cada sección y se calculo el porcentaje de perdidas para la mazorca completa. Este análisis se realizo en las tres mazorcas de la que consta cada sub-muestra con y sin cobertura para obtener el promedio de tres repeticiones.

Análisis de Datos Postcosecha

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa Statistix v.8 (Analytical Software, Tallahassee, FL). La información obtenida de la aplicación de encuestas fue agrupada en intervalos de respuesta y en algunos casos parametrizada para su análisis. Para explorar diferencias por regiones los datos se agruparon por zonas agro-ecológicas y se analizaron en conjunto.

Los datos de pérdidas y daño en poscosecha se agruparon en dos categorías: mazorca y mazorca con cobertura. Se calcularon las medias para cada forma de almacén por comunidad y región, así como el tiempo de almacén. Las variables físicas de temperatura y humedad registradas fueron objeto de análisis para obtener medias semanales y mensuales. Statistix también calculo correlaciones de Pearson entre las variables de pérdida y daño con las variables físicas.

Generación de Mapas de Superficie

Los datos de poscosecha junto con los obtenidos de los sistemas de información geográfica fueron utilizados para generar mapas de superficie con el programa ArcGis/ Arcmap (Ver 9.1, ESRI). Las variables utilizadas fueron porcentaje de daño en mazorca, porcentaje de daño en mazorca con cobertura, porcentaje de perdidas en mazorca, porcentaje de perdidas en mazorca con cobertura, todas en relación con el tiempo de almacenamiento.



RESULTADOS Y DISCUSIONES

Prácticas de Almacenamiento

Las cinco regiones agrícolas elegidas para este estudio se presentan en la Figura 1. Para facilitar la colaboración con la SEDAGRO se considerado 10 de los 11 distritos agrícolas utilizando las delegaciones regionales, aunque en términos de selección de localidades todos los distrito fueron cubiertos.



Figura 1. Regiones seleccionadas para el estudio de pérdidas en poscosecha de maíz en el Estado de México en el 2006. Cada región incluye los distritos agrícolas involucrados.

En cada uno de estos distritos se seleccionaron entre 10 y 12 agricultores para participar en el estudio. El listado de los participantes y su ubicación se encuentra en el anexo1. El cuestionario aplicado a cada agricultor permitió obtener información por distrito y zona acerca de las condiciones y prácticas de almacenamiento (Fig. 2).



Figura 2. Aplicación de entrevistas a los agricultores de las 5 regiones seleccionadas para el estudio de pérdidas en poscosecha de maíz en el Estado de México en el 2006.



Los resultados de estas encuestas muestran variaciones importantes en las prácticas de poscosecha para las diferentes zonas de estudio. Con respecto a la forma en que se almacenan el maíz, entre los agricultores prevalece la forma en mazorca y menor proporción el grano (Fig. 3). No se registro agricultores que almacena el maíz con cobertura o totomoxtle. Al agrupar por regiones, el sur almacena en casi igual proporción mazorca y grano, mientras que en el norte la proporción corresponde a mazorca. Finalmente en el oriente la forma prevaleciente de almacén es el grano.

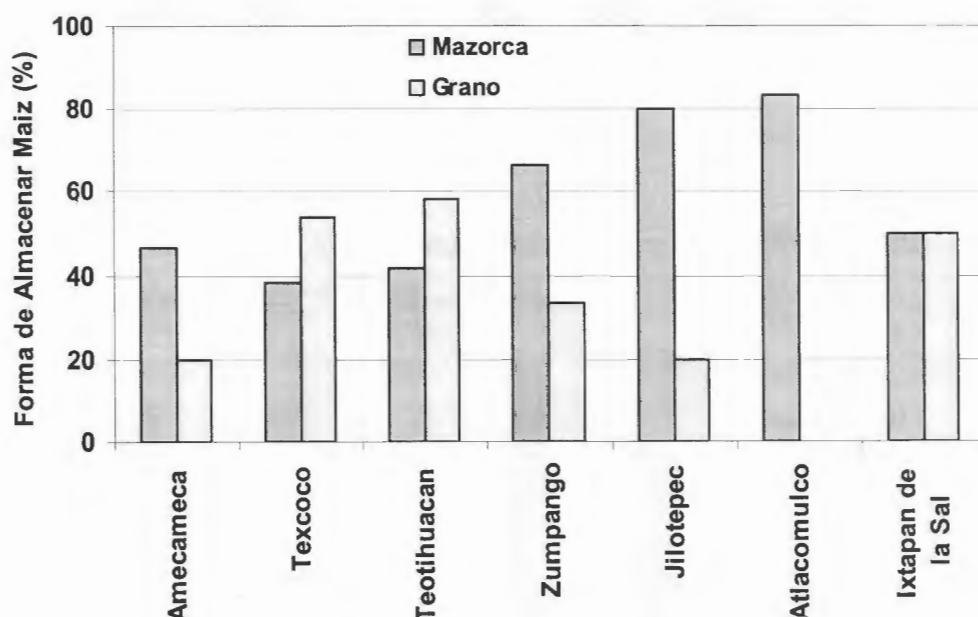


Figura 3. Forma en que se almacenan el maíz entre los agricultores de las diferentes regiones en el Estado de México en el 2006.

Con referencia al destino de la cosecha almacenada, los agricultores de los distritos de Amecameca y Teotihuacan reportan que el maíz es destinado principalmente a la venta, mientras que en el resto de los distritos el destino principal es el consumo. Para estos agricultores, la idea de mejorar la fase de almacenamiento de maíz es atractiva, ya que cualquier intervención impactaría la capacidad para mantener el maíz en buen estado hasta el momento en que los precios en el mercado sean mejores (Fig. 4).

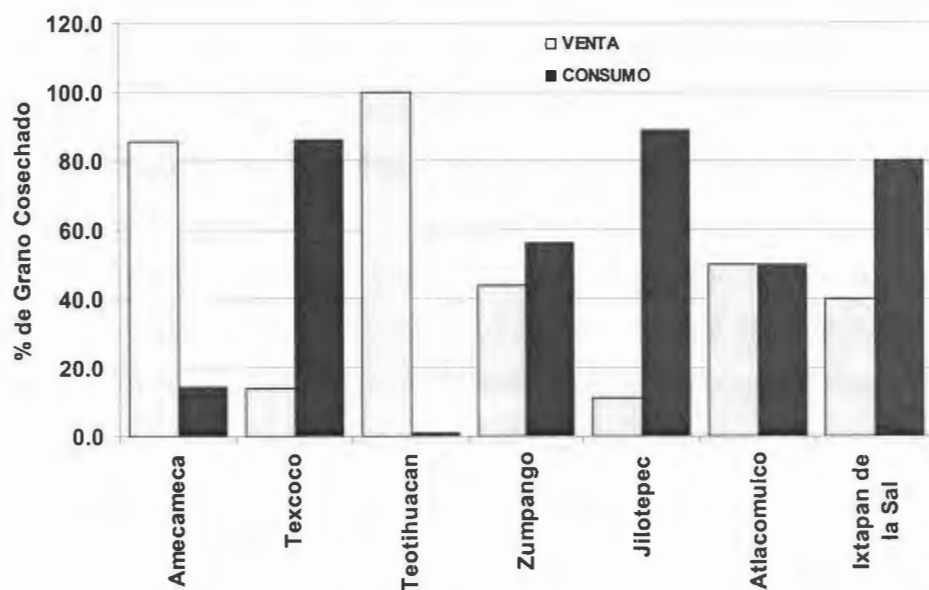


Figura 4. Destino de la cosecha de maíz que se almacenan el maíz entre los agricultores de las diferentes regiones en el Estado de México en el 2006.

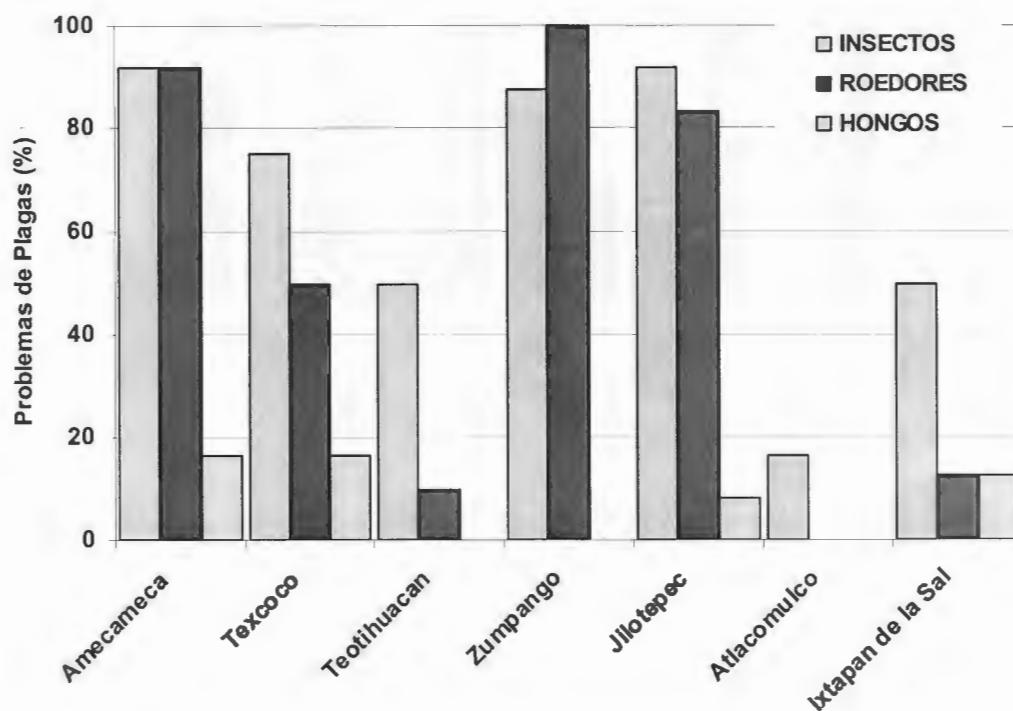


Figura 5. Principales problemas asociadas al maíz almacenado reportados por los agricultores de las diferentes regiones en el Estado de México en el 2006.



En este sentido almacenar el maíz también puede representar un riesgo si no se realiza en condiciones adecuadas. Los datos reportados con respecto a los principales problemas que enfrentan los agricultores al almacenar el maíz se presentan en la grafica 5. Los insectos ocupan el primer lugar de problemas reportados, seguidos por la presencia de roedores.

Llama la atención que en distritos como Amecameca, Texcoco, Jilotepec e Ixtapan de la Sal se reporten problemas con infección por hongos. Sin dudas este dato confirma la necesidad de estudiar con mayor detalle el almacenamiento y algunas de sus consecuencias como la presencia de aflatoxinas que pudieran representar un grave riesgo para le consumo humano y animal en esta áreas.

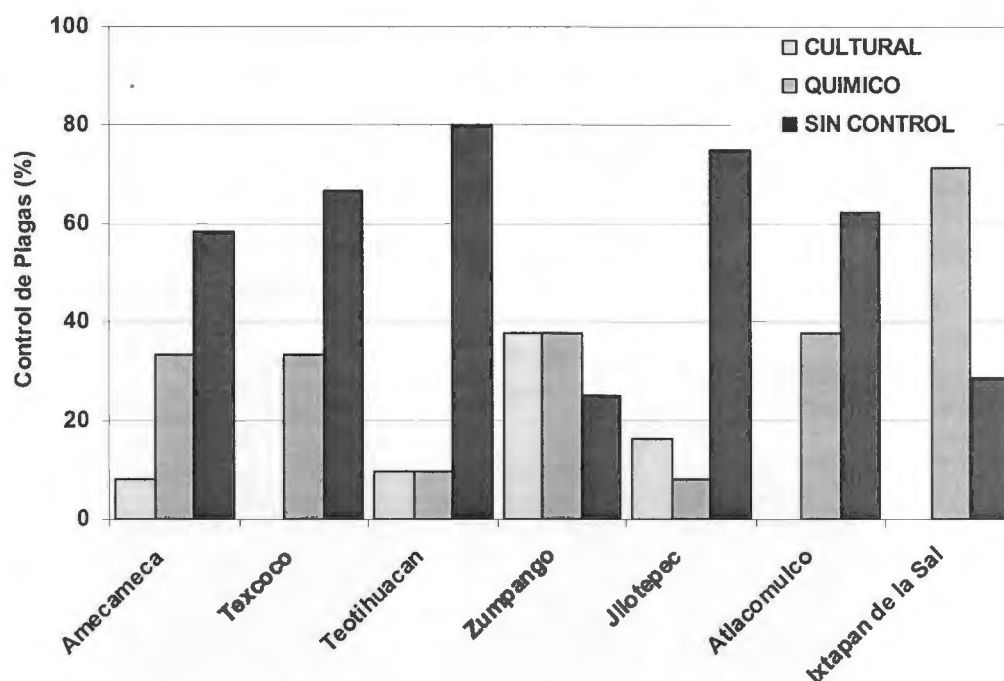


Figura 6. Destino de la cosecha de maíz que se almacenan el maíz entre los agricultores de las diferentes regiones en el Estado de México en el 2006.

Al abordar las medidas que los agricultores utilizan para contrarrestar los problemas de poscosecha, los datos mostraron que a excepción de Zumpango, la mayoría de los agricultores no realizan ningún tipo de control. El control químico, como por ejemplo el uso de fosfina la forma de control básica (Fig. 6). Un numero reducido de agricultores indicaron la utilización de métodos tradicionales tales como el sudo de



plantas locales y practicas culturales sobre todo en la región Norte y Oriente del Estado. Esto datos y algunos mas no mostrado en este reporte indican una carencia importante en la adopción de nuevas tecnologías para reducir los problemas de poscosecha. La mayoría de los agricultores tienen esta etapa perfectamente definida y coinciden en la importancia de obtener mayor asesoría técnica y tecnológica en esta etapa.

Estructuras de Almacenamiento

Completadas las entrevistas, se depositaron las muestras para la evaluación poscosecha en las estructuras que los agricultores utilizan para este fin. En el Estado de México se catalogaron varias estructuras para guardar el maíz. La mas importante y que representa mas del 70% de las estructuras determinadas es conocida como "cincolote" (Fig. 7). Esta estructura contruida con madera y que se forma por entrelazamiento de tiras de madera para formar un cuadrado, es utilizada desde tiempos prehispánicos y se puede ubicar fácilmente en el Valle de Toluca, Valle de Bravo y la zona Norte del Estado, Atlacomulco y Jilotecpec.



Figura 7. Colocación de muestras de maíz en un "cincolote" del agricultor Adrián Martínez y su esposa Josefa Monsalvo, en San Felipe, Villa Allende, Estado de México 2006.



La siguiente estructura en importancia fue la troje de madera, seguida del corredor, cuarto, bodega y silo metálico. Este ultimo localizado en la zona sur del Estado entre los distritos de valle de Bravo y Tejupilco. A pesar de que su uso no ha sido completamente diseminado algunas comunidades como Palmar Chico lo ha adoptado desde hace algunos años y los agricultores de esta área reportan un excelente comportamiento para almacenar maíz por periodos prolongados de hasta dos años (Fig. 8).



Figura 8. Estructuras utilizadas para almacenar maíz en el Sur del estado de México 2006. Izquierda; silo metálico; derecha: corredor o pasillo de traspatio.

Cuantificación de Perdidas en Peso y Daño en Almacén.

Una vez recolectadas las muestras de poscosecha durante el ciclo agrícola del 2005-2006 se procedió a cuantificar las perdidas y el grado de daño con respecto al tiempo de almacenamiento de 12 meses. El método aplicado para cuantificar pérdidas asociadas al almacén mostró efectividad y de alta reproducibilidad. Asimismo, la nueva técnica desarrollada para cuantificar estos parámetros resulto mas sensible y exacta, comparada con las técnicas regularmente utilizadas. Las mayores aportaciones fueron la



segmentación de la mazorca, la definición del área afectada así como la posibilidad de calcular el valor inicial del peso de la muestra.

Los resultados del porcentaje de pérdidas de peso muestran una tendencia ascendente para todos los sitios de estudio (Fig. 8 y 9). En el caso de mazorca almacenada se observa que los sitios de la región sur, Valle de Bravo, Tejupilco e Ixtapan de la Sal, así como Jilotepec en el Norte del estado presentan los mayores niveles de pérdidas alcanzando valores de hasta un 30% después de 12 meses de almacén. Un comportamiento similar se presenta cuando el maíz es almacenado con cobertura. Exceptuando el sitio de Jilotepec (>30%) se observó pérdidas promedio menores y cercanas al 20%. Se considera que la cobertura puede proporcionar la primera barrera de defensa al ataque de insectos, sin embargo utilizando este híbrido con cobertura buena-regular, no se observaron diferencias significativas. Al parecer en el caso de Jilotepec, la cobertura proporciona una ventaja a los insectos de almacén al presentar valores mayores que sin la cobertura. Los sitios que reportaron menores pérdidas de peso fueron Metepec y Teotihuacan para ambas formas de almacenamiento.

Al analizar el parámetro de porcentaje de daño en grano por insecto, se observó un patrón similar cuando el maíz fue almacenamiento en forma de mazorca (Fig. 10 y 11). Los sitios con mayores porcentajes de daño fueron Valle de Bravo, Tejupilco, Ixtapan de la Sal y Jilotepec registrando valores a los 12 meses de entre 50 a 76 % en grano de maíz dañado. Los valores se redujeron en maíz almacenado con cobertura en casi un 10%, de esta forma los valores encontrados fluctuaron entre 40 y 62%. Los sitios con menores porcentajes de daño fueron Metepec, Teotihuacan y Amecameca.

Al agrupar estos parámetros por regiones en Norte, centro, Sur y Oriente, y estimar las pérdidas máximas al almacenar maíz en forma de mazorca se encontró que la región Sur es la más afectada (25%), seguida del Norte (15%), Oriente (10%) y Centro (5%). Esta tendencia es similar para maíz almacenado con cobertura, aunque en este caso se observa una reducción entre 1 y 8% en promedio para las diferentes regiones (Fig. 12 y 13). El porcentaje de daño en grano agrupado por regiones ratifica el comportamiento observado por sitios. Maíz almacenado sin cobertura mostró que la región Sur es la más afectada (60%), seguida del Norte (50%), Oriente (16%) y Centro (13%), aunque con cobertura los valores se reducen entre un 2 y hasta un 20% (Fig. 14 y 15).

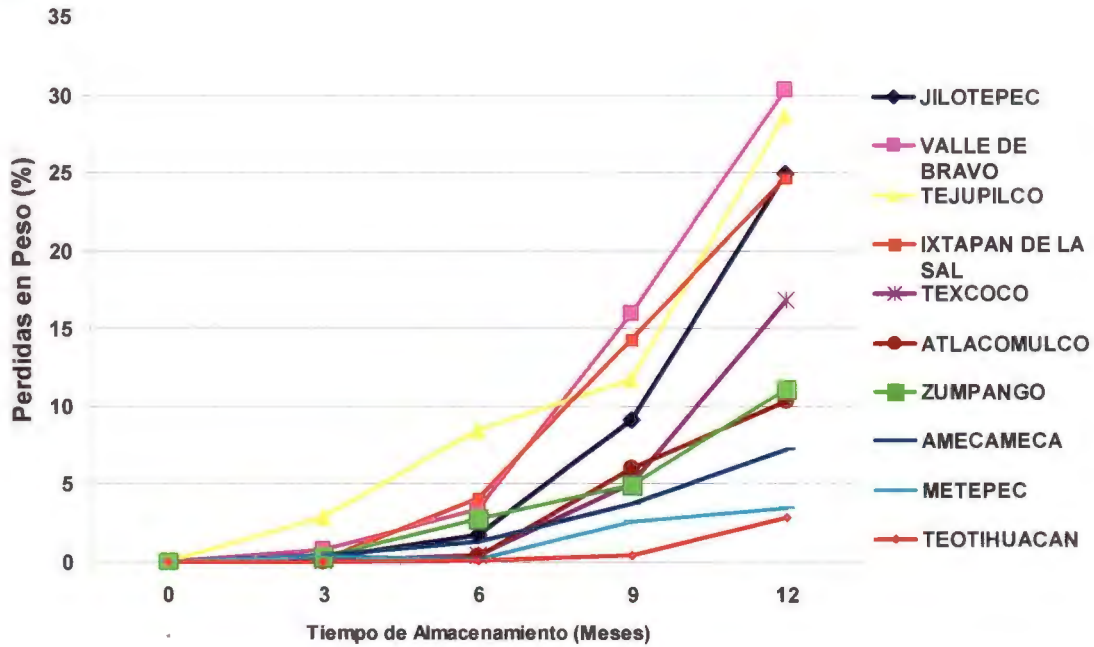


Figura 8. Porcentaje promedio de pérdidas de peso de maíz almacenado en forma de mazorca durante 12 meses para los diferentes distritos agrícolas en el Estado de México en el 2006. Cada punto representa la media de los datos obtenidos de al menos 10 agricultores.

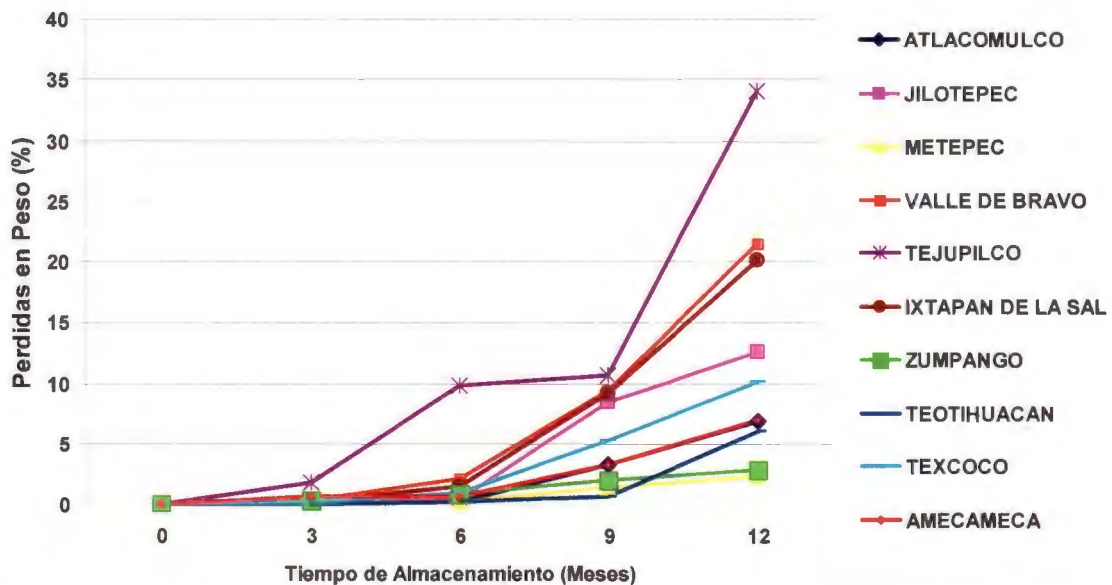


Figura 9. Porcentaje promedio de pérdidas de peso de maíz almacenado en forma de mazorca con cobertura (Totomoxtle) durante 12 meses para los diferentes distritos agrícolas en el Estado de México en el 2006. Cada punto representa la media de los datos obtenidos de al menos 10 agricultores.

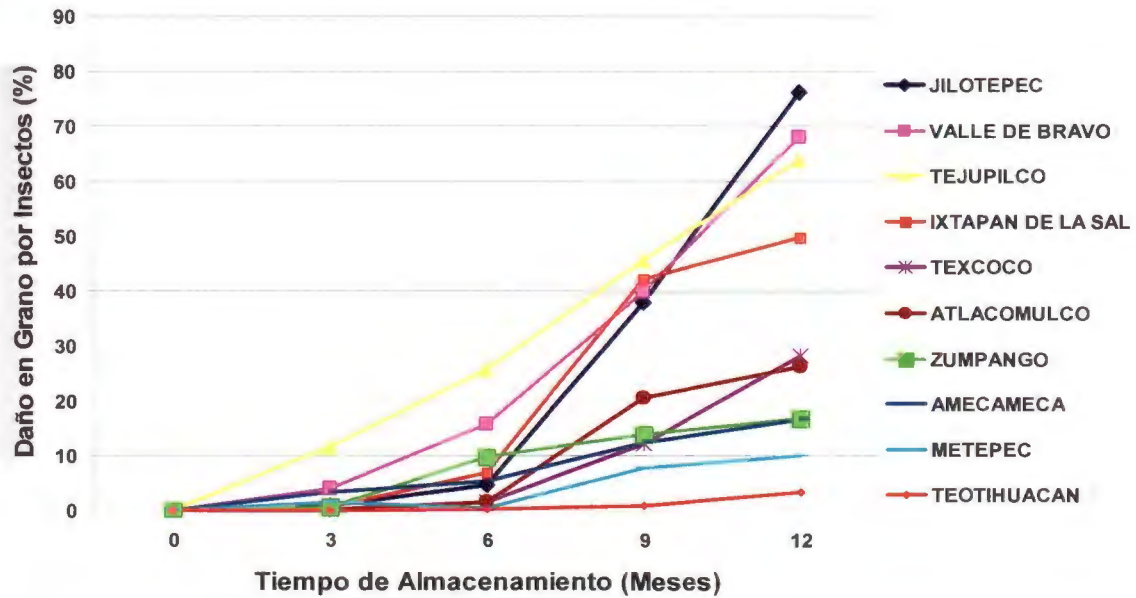


Figura 10. Porcentaje promedio del daño en grano de maíz por insectos almacenado en forma de mazorca durante 12 meses para los diferentes distritos agrícolas en el Estado de México en el 2006. Cada punto representa la media de los datos obtenidos de al menos 10 agricultores.

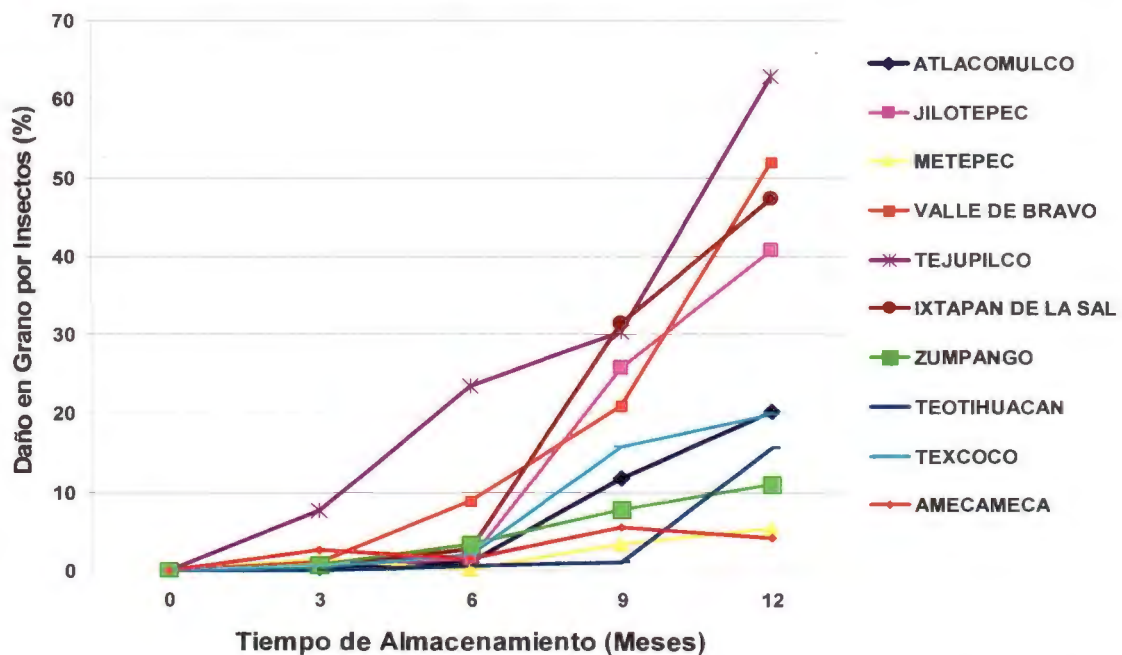


Figura 11. Porcentaje promedio del daño en grano de maíz por insectos almacenado en forma de mazorca con cobertura durante 12 meses para los diferentes distritos agrícolas en el Estado de México en el 2006. Cada punto representa la media de los datos obtenidos de al menos 10 agricultores.

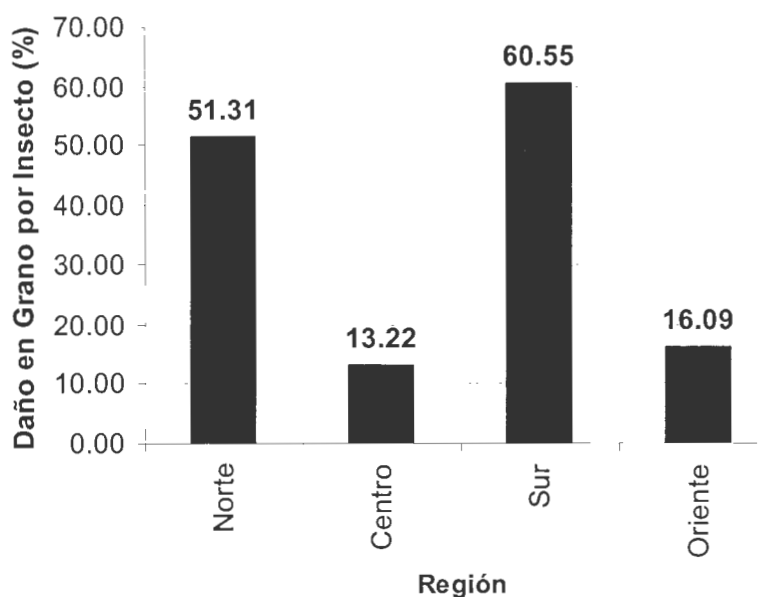


Figura 14. Porcentaje promedio del daño en grano de maíz por insectos después de 12 meses almacenado en forma de mazorca y agrupado por regiones agrícolas en el Estado de México en el 2006.

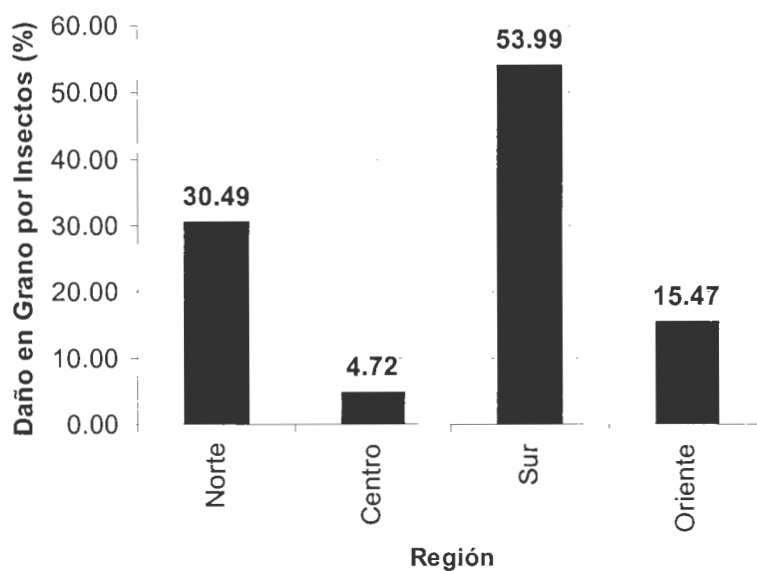


Figura 15. Porcentaje promedio del daño en grano de maíz por insectos después de 12 meses almacenado en forma de mazorca con cobertura y agrupado por regiones agrícolas en el Estado de México en el 2006.

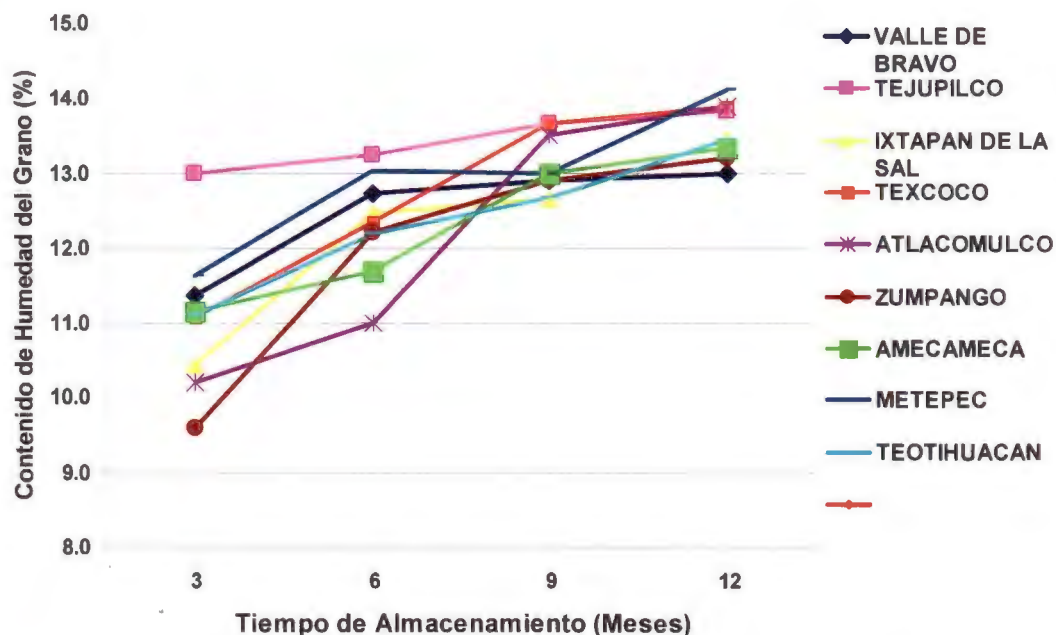


Figura 16. Contenido de humedad del grano de maíz almacenado en forma de mazorca durante 12 meses para los diferentes distritos agrícolas en el Estado de México en el 2006.

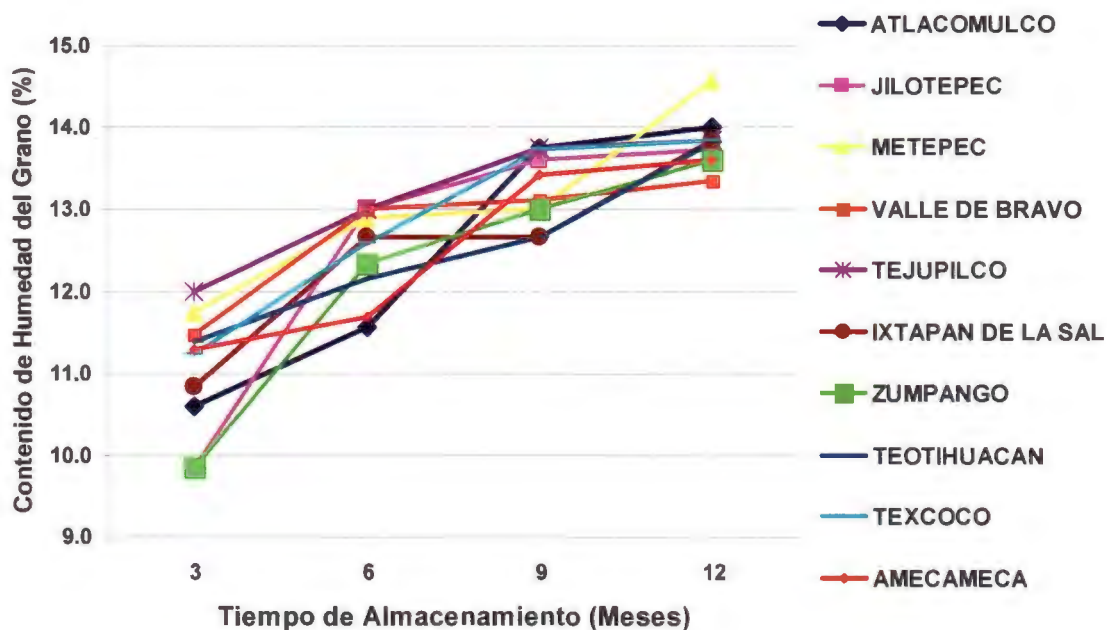


Figura 17. Contenido de humedad del grano de maíz almacenado en forma de mazorca con cobertura durante 12 meses para los diferentes distritos agrícolas en el Estado de México en el 2006.

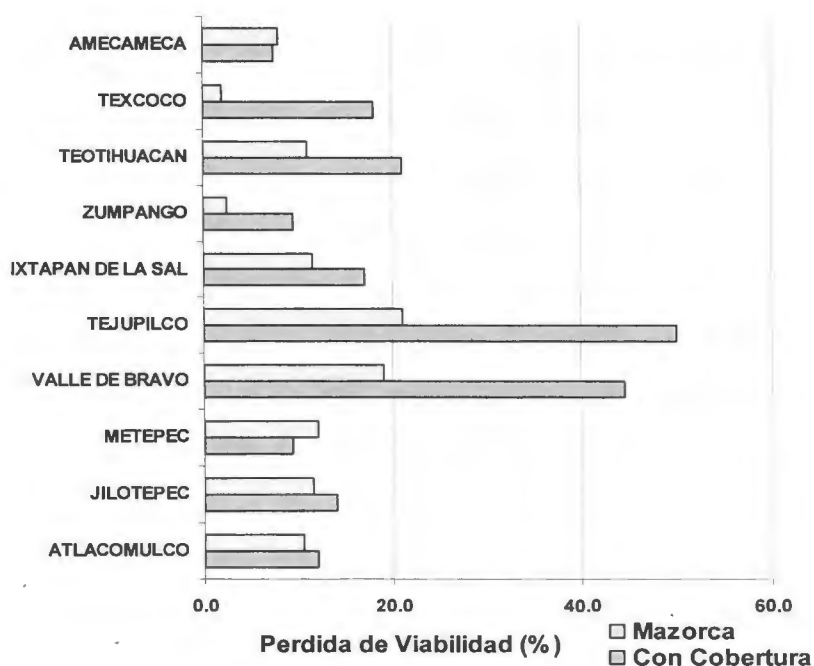


Figura 18. Porcentaje de pérdida de viabilidad (reducción en porcentaje de germinación) de maíz sano resultado de almacenarlo durante 12 meses para los diferentes distritos agrícolas en el Estado de México en el 2006.

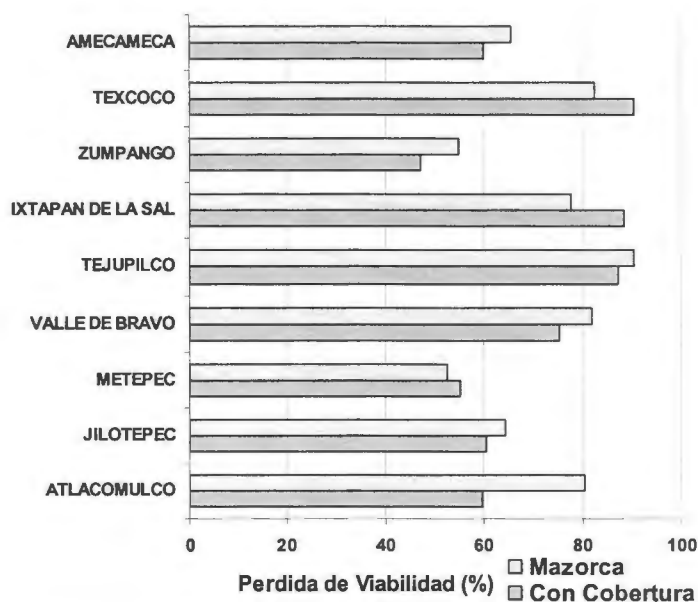


Figura 19. Porcentaje de pérdida de viabilidad (reducción en porcentaje de germinación) de maíz dañado resultado de almacenarlo durante 12 meses para los diferentes distritos agrícolas en el Estado de México en el 2006.



Condiciones de Humedad y Temperatura en Almacén

Se ha establecido una enorme influencia de la temperatura y humedad en los niveles de daño y pérdida poscosecha (Bergvinson et al., 2001). Con este fin se determinaron las condiciones de humedad y temperatura que prevalecen durante el almacenamiento para las diferentes regiones del Estado.

Los datos de estos parámetros se muestran en las figuras 20 y 21. Se observa que existe un aumento en la temperatura entre los meses de abril y mayo en todos los sitios y en decremento posterior. Los sitios que registraron las mayores temperaturas fueron Tejupilco, Valle de Bravo e Ixtapan de la Sal. Asimismo la humedad absoluta registra un aumento entre los meses de junio a octubre y posteriormente desciende. Los sitios con mayor registro de humedad absoluta fueron tejupilco, Valle de Bravo e Ixtapan de la Sal. Para ambos parámetros los sitios con menores valores de temperatura y humedad fueron Zumpango, Toluca (Meteppec) y Jilotepec.

El análisis de correlación de Pearson realizado con los diferentes parámetros físicos muestra una correlación positiva y significativa con el porcentaje de pérdidas y daño (Tabla 1).

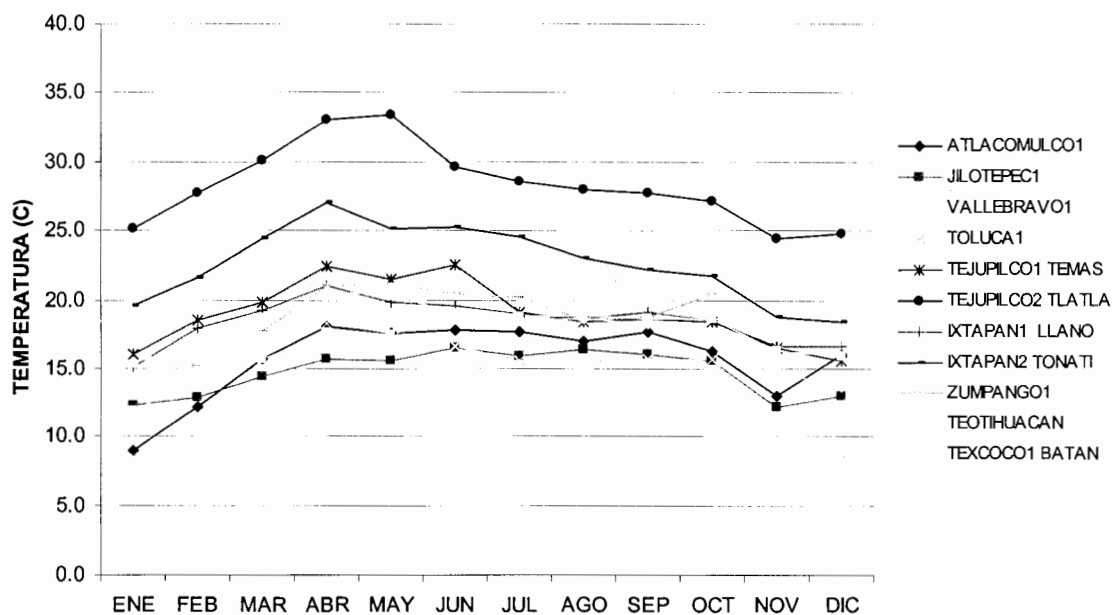


Figura 20. Registros de Temperatura media promedio en sitios de almacén de maíz durante 12 meses para los diferentes distritos agrícolas en el Estado de México en el 2006.

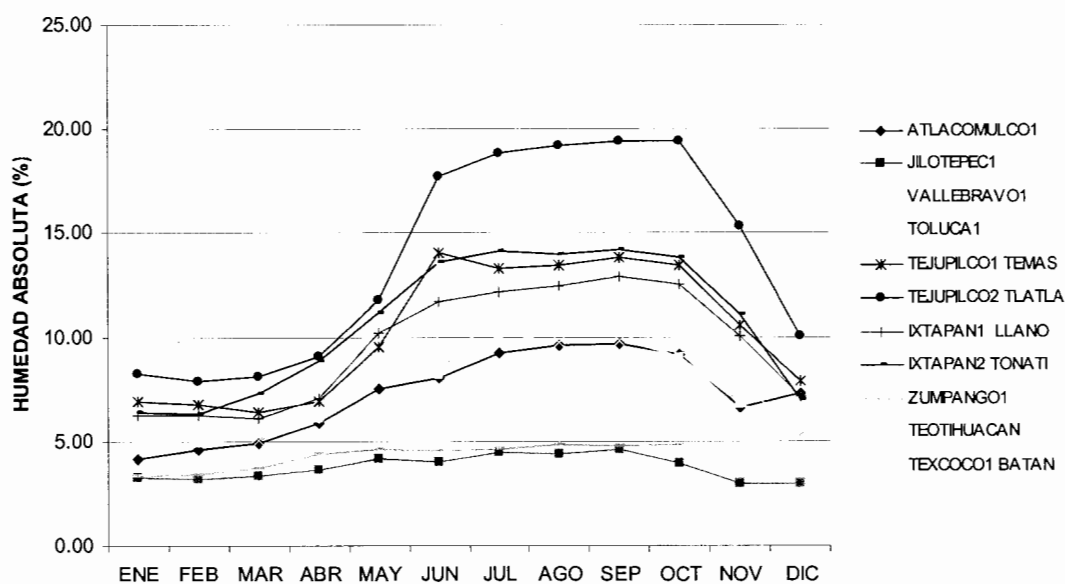


Figura 21. Registros de Humedad Absoluta media promedio en sitios de almacén de maíz durante 12 meses para los diferentes distritos agrícolas en el Estado de México en el 2006.

Tabla 1. Análisis de correlacion entre los parámetros físicos de humedad y temperatura contra el porcentaje de perdidas y daño en grano a través de los diferentes distritos agrícolas en el Estado de México en el 2006.

Parámetro	Perdidas Peso (%)	Daño en Grano (%)
Daño en Grano	0.899	
	0.000	
Humedad de Grano	0.300	0.404
	0.002	0.000
Humedad Absoluta Máxima	0.410	0.307
	0.000	0.002
Humedad Absoluta Media	0.426	0.377
	0.000	0.000
Humedad Absoluta Mínima	0.393	0.375
	0.000	0.000
Humedad Relativa Máxima	ns	ns
Humedad Relativa Media	0.289	ns
	0.003	
Humedad Relativa Máxima	0.387	0.328
	0.000	0.001
Temperatura Media	0.248	0.334
	0.011	0.001
Temperatura Mínima	0.222	0.302
	0.024	0.002

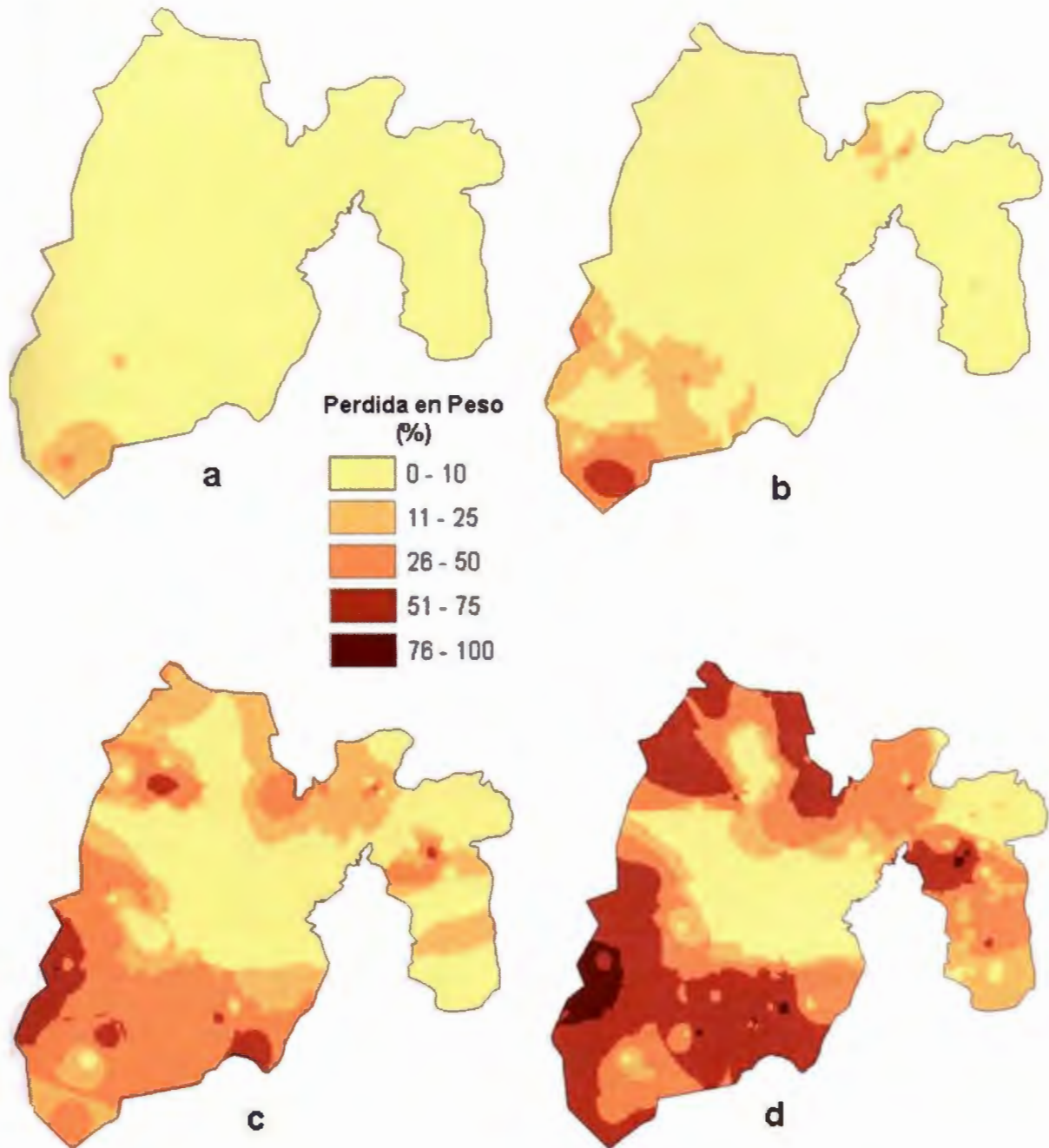


Figura 22. Mapa de superficie del Estado de México mostrando el porcentaje de pérdidas en maíz almacenado en forma de mazorca. Se muestra diferentes tiempos de almacenamiento. a) 3, b) 6, c) 9, d) 12 meses.

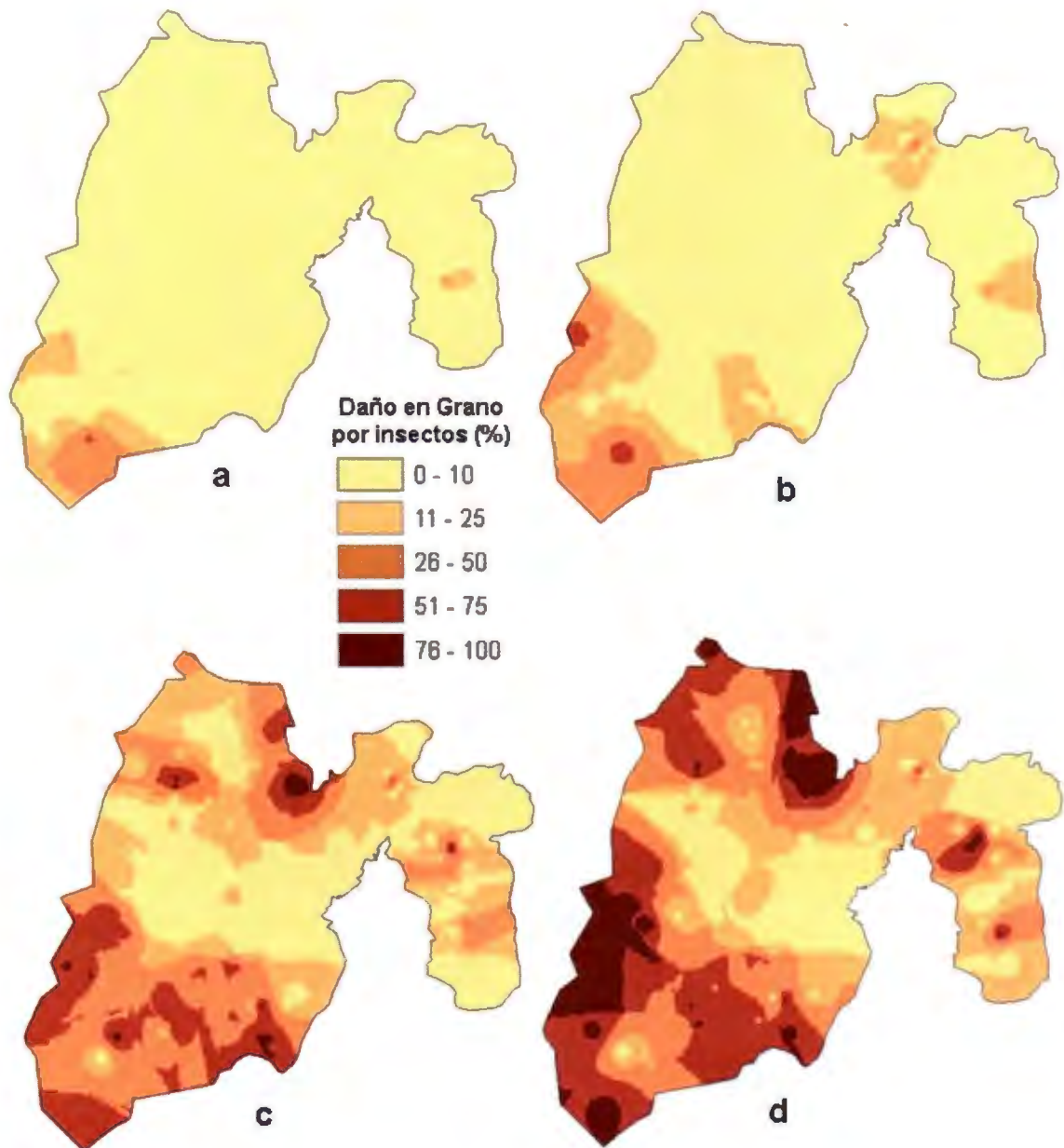


Figura 23. Mapa de superficie del Estado de México mostrando el porcentaje de daño por insectos en maíz almacenado en forma de mazorca. Se muestra diferentes tiempos de almacenamiento. a) 3, b) 6, c) 9, d) 12 meses

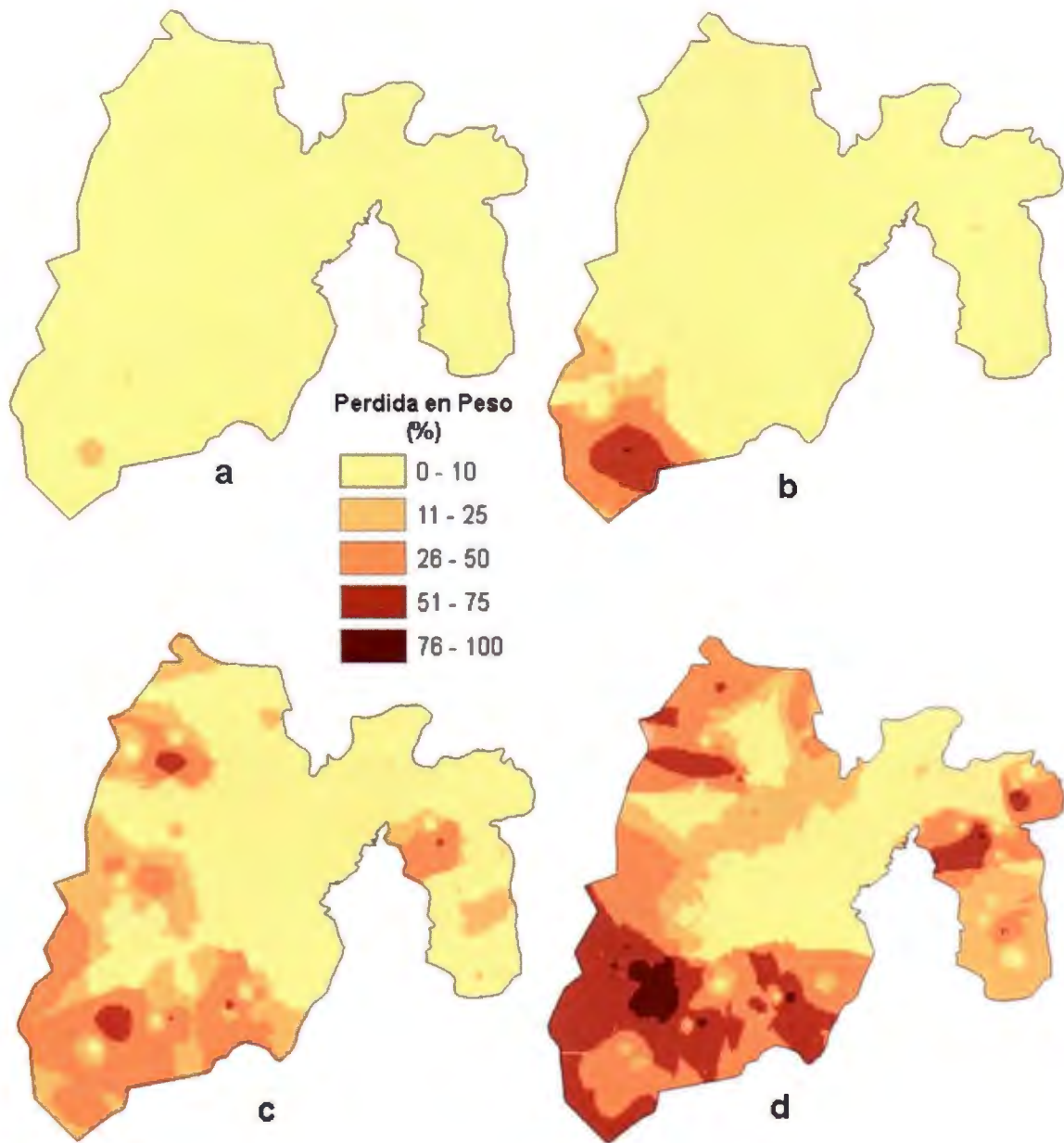


Figura 24. Mapa de superficie del Estado de México mostrando el porcentaje de pérdidas en maíz almacenado en forma de mazorca con cobertura. Se muestra diferentes tiempos de almacenamiento. a) 3, b) 6, c) 9, d) 12 meses.

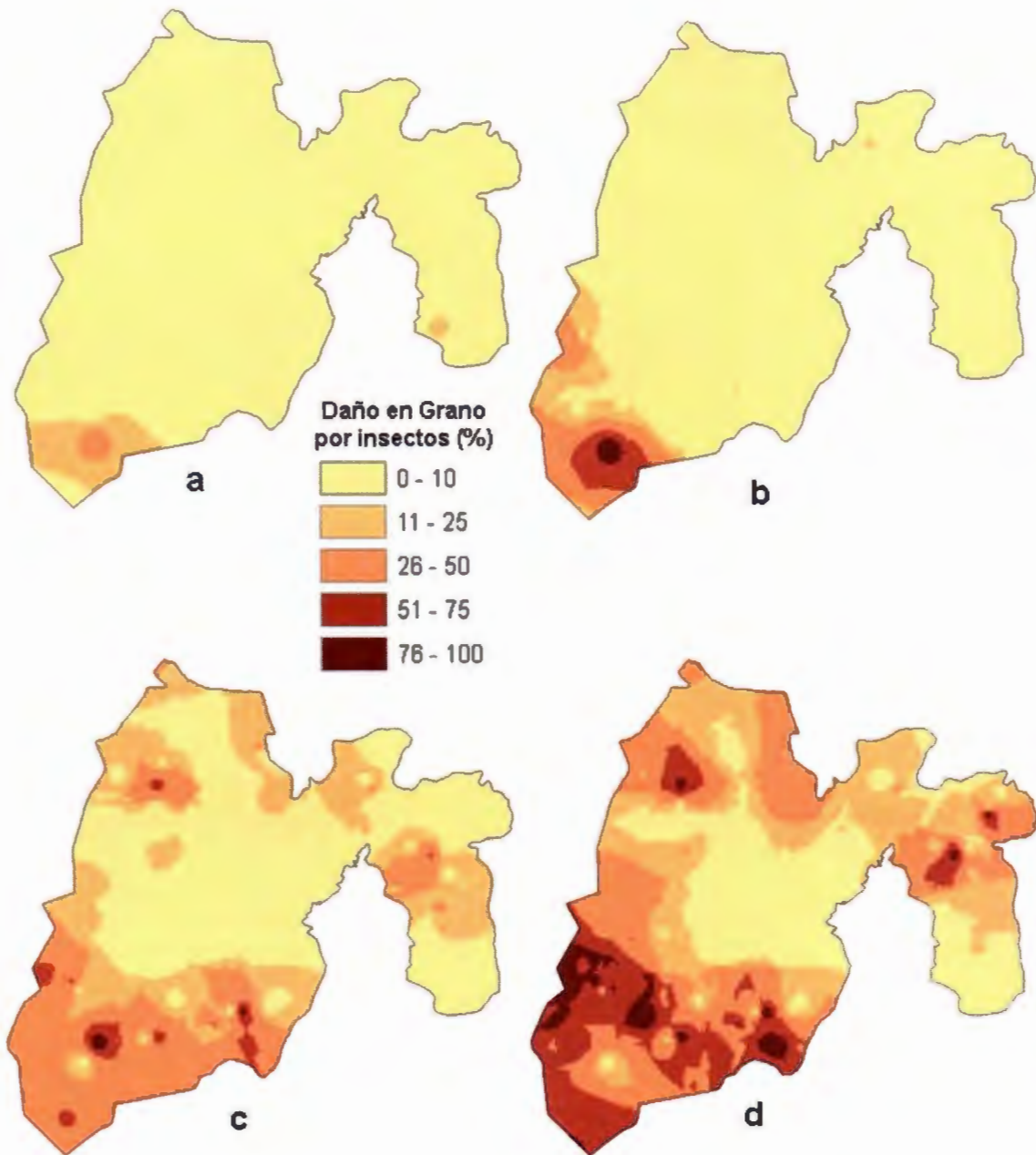


Figura 25. Mapa de superficie del Estado de México mostrando el porcentaje de daño por insectos en maíz almacenado en forma de mazorca con cobertura. Se muestra diferentes tiempos de almacenamiento. a) 3, b) 6, c) 9, d) 12 meses

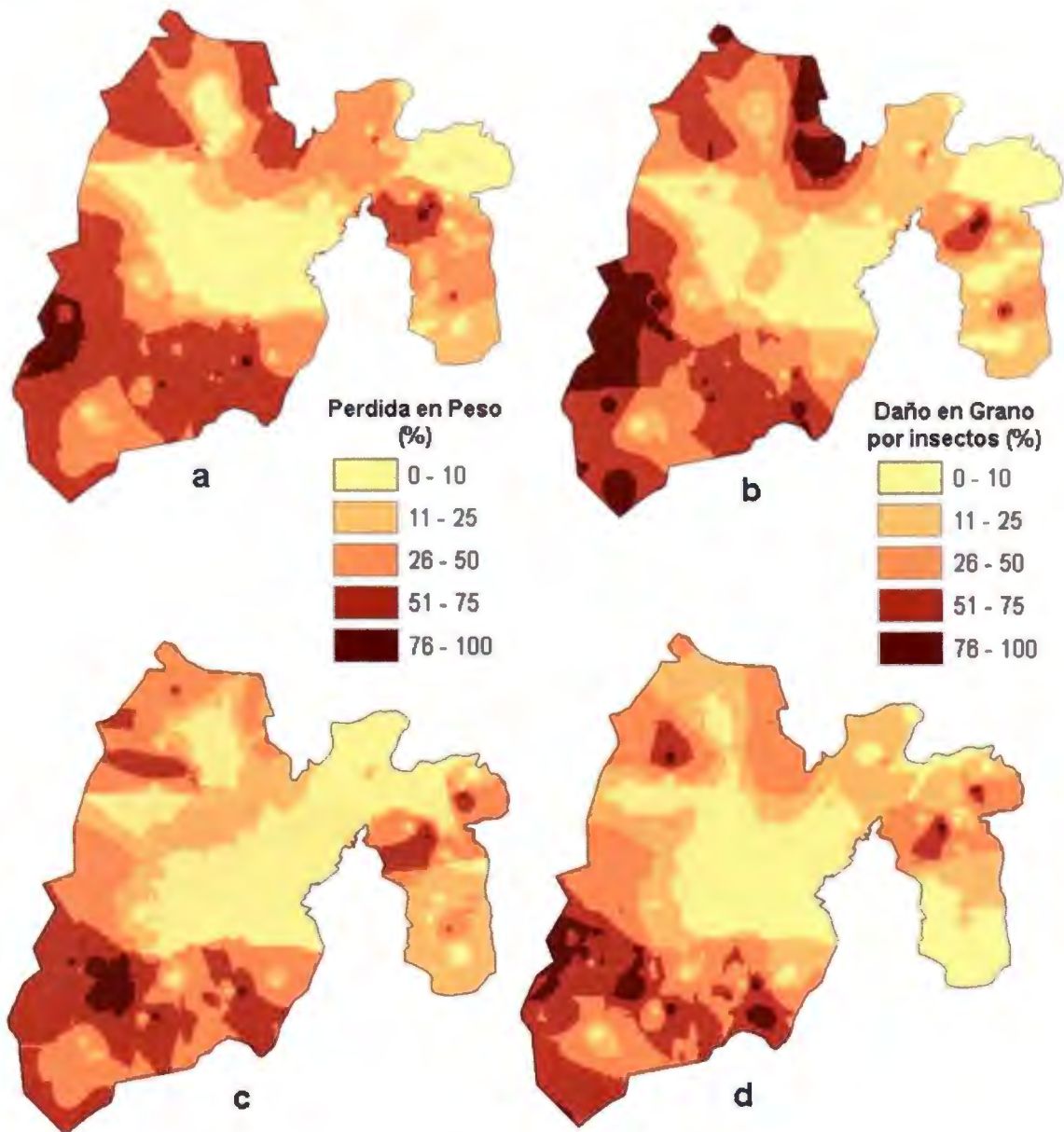


Figura 26. Mapas resumen de superficie del Estado de México mostrando el porcentaje de pérdidas (a y c) y el porcentaje de daño por insectos (b y d) en maíz almacenado. Se muestra diferentes formas de almacenar el maíz; a y c maíz almacenado en forma de mazorca; b y d, maíz almacenado en forma de mazorca con cobertura.

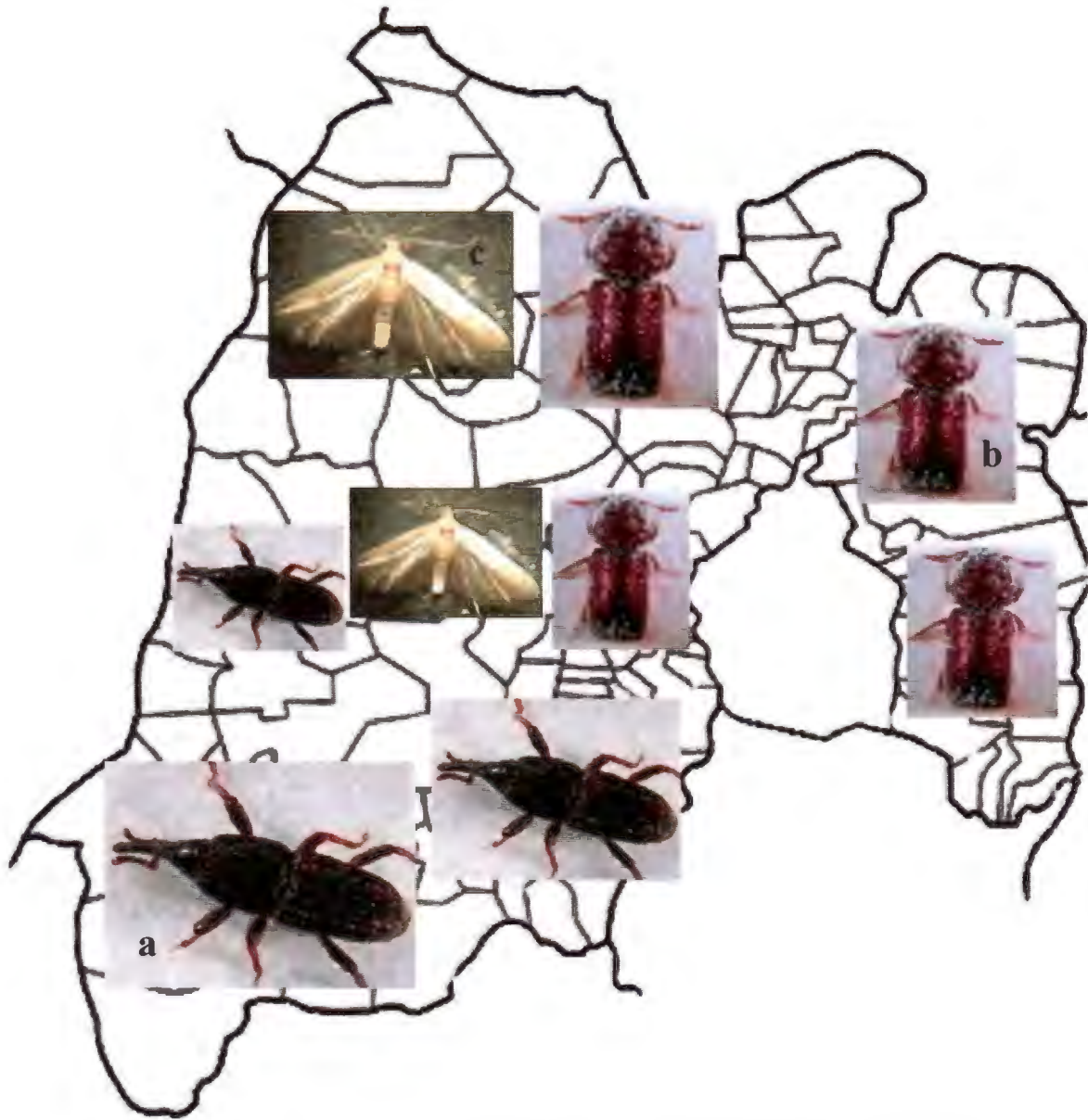


Figura 27. Distribución espacial de las principales plagas primarias de almacén localizadas en el Estado de México. Se muestra diferentes plagas a) *Sitophilus zeamais*, b) *Prostephanus truncatus* y c) *Sitotroga cerealella*.



Mapas de Porcentaje de Pérdidas y Daño en Almacén.

Utilizando en su conjunto los datos generados de porcentaje de pérdidas y daño, así como los datos de coordenadas geográfica y parámetros físicos de temperatura se obtuvieron los mapas de superficie que reflejan de manera puntual las áreas del Estado de México más afectadas en términos de pérdidas poscosecha, todas en función del tiempo de almacenamiento así como la forma de almacén de maíz en forma de mazorca y con cobertura.

La figura 22 muestra en mapa de superficie correspondiente al porcentaje de pérdidas en maíz almacenado en forma de mazorca durante 12 meses. Se observa que hacia los tres meses de almacén las zonas con pérdida aparecen en el sur; a los seis meses se aprecia que las pérdidas en el sur aumentan en superficie y aparece en el norte un pequeño foco de pérdidas. Hacia los nueve meses el problema está establecido en toda la región sur mientras que en el norte avanza e inicia el crecimiento en el oriente. A los doce meses de almacén es claro que los niveles de pérdidas ya rebasan el 50% en la región del sur y norte del estado. La región del Valle de Toluca y oriente son las menos afectadas. El mapa del porcentaje de daño por insectos en maíz almacenado en forma de mazorca muestra un patrón similar (Fig. 23), aunque se destaca que el ataque de insectos inicia hacia los 3 meses en el norte y oriente; y este se agudiza hacia los 6 y nueve meses para las mismas áreas. A pesar de la incidencia de insectos en el Valle de Toluca aun se observan zonas sin daño significativo.

Los mapas de pérdida y daño del maíz almacenado en forma de mazorca con cobertura se muestran en las figuras 24 y 25. Se observa un retraso significativo de daño y pérdida hacia los tres meses de almacén en el sur; a los seis meses se aprecia con mayor claridad este retraso en el sur y apareciendo algunos focos en el norte. Hacia los nueve meses el problema está establecido en toda la región sur mientras que en el norte avanza e inicia el crecimiento en el oriente. A los doce meses de almacén los niveles de pérdidas rebasan en pocos casos el 50% en la región del sur y norte del estado.

La figura 26 muestra un resumen a los 12 meses de almacenamiento. Se aprecia el nivel de pérdidas y daño para mazorca y con cobertura, siendo comparativamente superior para mazorca.



Parte de la explicación de estas diferencias entre pérdidas y daño el norte y sur y oriente del estado se encuentra en la figura 27, donde se muestra la distribución de las principales plagas de almacén, destacando en el norte centro y oriente *Prostephanus truncatus* y *Sitotroga cerealella*, mientras que en el sur la plaga *Sitophilus zeamais*.

Esta distribución específica de plagas indica la necesidad de enfocar esfuerzos fitotécnicos para aplicar tecnologías como las variedades resistentes a estas plagas y su liberación en áreas definidas.

CONCLUSIONES

Se estableció un diagnóstico de pérdidas de post-cosecha de maíz para el estado de México durante el ciclo agrícola del 2006.

El estudio se realizó con agricultores de los 10 distritos principales de producción de maíz y se logró caracterizar las principales prácticas de almacén en el Estado.

Los muestreos realizados cada tres meses permitieron determinar con precisión el porcentaje de pérdida de peso, el grado de daño, humedad del grano, pérdidas de viabilidad y plagas presentes.

Los registros de las variables de temperatura y humedad permitieron establecer una relación positiva entre la humedad relativa absoluta y la temperatura con la presencia de pérdidas y daño en grano para las diferentes regiones.

Los datos se integraron en un sistema de información geográfica para generar mapas de superficie, permitiendo establecer que en la zona sur existen las mayores pérdidas durante 12 meses con promedio de 28% y daño del 60%, seguida de la zona norte que presentó pérdidas en promedio de 18% y daño del 52%. La zona oriente mostró 10% en pérdidas y 16% en daño, mientras que la zona centro presentó 5% en pérdidas y 14% en daño.

Las plagas de almacén presentaron una distribución específica siendo el gorgojo, *Sitophilus zeamais* para el sur y el barrenador, *Prostephanus truncatus* para el norte, centro y oriente. Este tipo de información permitirá al gobierno local enfocar establecer esfuerzos tecnológicos para disminuir el impacto de las plagas en estas regiones.



REFERENCIAS

- Adams, J.M. 1978. A Guide to the Objective and Reliable Estimation of Food Losses in Small Scale Farmer Storage. *Trop. Stored Prod. Inf.*, No. 32, pp 5-12
- Appert, J. 1987. The storage of food grains and seeds. MacMillan. London, England. 146 p.
- Bellon, M.R. 2001. Participatory research methods for technology evaluation: A manual for scientists working with farmers. Mexico, DF (Mexico): CIMMYT. ix, 93 p.
- Bellon, M.R., Hodson, D., Bergvinson, D., Beck, D., Martinez-Romero E. and Montoya, Y. 2005. Targeting agricultural research to benefit poor farmers: Relating poverty mapping to maize environments in Mexico. *Food Policy* 30:476-492.
- Bergvinson, D.J., García-Lara, S., Ramputh, A., Burt, A. and Arnason, J.T. 2001. Biochemical and genetic basis for Storage Pest Resistance in maize. In: Vazquez B, M. E., Facio P, F., Valdez O, A., y Daniel G, J.A (eds.). XI Curso Internacional de Actualización en Tecnología de Semillas. Poscosecha de granos y semillas. Saltillo, México. p. 58-66.
- Bergvinson, D.J. 2005. Tecnologías Integrales para Reducir las Perdidas Poscosecha. En el Estado de Mexico. Proyecto de Investigación Fondo Mixto CONACYT-Estado de México. México, D.F.: CIMMYT.
- García-Lara, S., Bergvinson, D.J., Burt, A.J., Ramputh, A.I., Díaz-Pontones, D.M. and Arnason, J.T. 2004. The role of pericarp cell wall components in maize weevil resistance. *Crop Sci.* 44:1546-1552.
- García-Lara, S., Arnason, J.T., Díaz-Pontones, D., Gonzalez, E., & Bergvinson, D.J. 2007a. Soluble Peroxidase Activity in Maize Endosperm Associated with Maize Weevil Resistance. *Crop Sci.* 47:1125-1130.
- Lilja, N., and Bellon, M. 2006. Analysis of Participatory Research Projects in the International Maize and Wheat Improvement Center. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Pingali, P.L. and Pandey, S. 2001. World Maize Needs Meeting: Technological Opportunities and Priorities for the Public Sector. In. Pingali, P.L. (ed.). CIMMYT 1999-2000 World Maize Facts and Trends. Meeting World Maize Needs: Technological Opportunities and Priorities for the Public Sector. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Savidan, A. and Bergvinson, D.J. 2000. Poster . Insects in stored maize. In EMBRAPA (ed.) XXI International Congress of Entomology. Iguassu Falls, Brazil. p. 89.



SEDAGRO, 2006. Plan Estratégico del Maíz. Secretaria de Desarrollo Agropecuario del Estado de México. Gobierno del Estado de México. 23 pp.

SIAP, 2007. Avance de siembras y cosecha 2006. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx/>

Tigar, B.J., Key, G.E., Flores-S, M.E. and Vazquez-A, M. 1994a. Field and post-maturation infestation of maize by stored product pest in Mexico. J. Stored Prod Res. 30:1-8

Tigar, B.J., Osborne, P.E., Key, G.E., Flores-S, M.E. and Vazquez-A, M. 1994b. Insect pest associated with rural maize stores in Mexico with particular reference to *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 30:267-281.

Torres, T.F. 1995. El sistema poscosecha y la alimentación nacional. In. E. Moreno, F. Torres, I Chong (eds.). Programa Universitario de Alimentos UNAM. México D.F. 200p.

