

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ciencias y Humanidades

**Cosecha de maíz (*Zea mays* L.) en distintas fases lunares:  
¿Existen diferencias en las plagas y en las propiedades del grano en el almacén?**

Trabajo de investigación presentado  
por Soledad Rodas Ruano  
para optar al grado de Licenciado en Biología.

Guatemala  
2004



**Cosecha de maíz (*Zea mays* L.) en distintas fases lunares:  
¿Existen diferencias en las plagas y en las propiedades del grano en el almacén?**

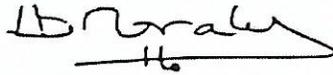
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ciencias y Humanidades

**Cosecha de maíz (*Zea mays* L.) en distintas fases lunares:  
¿Existen diferencias en las plagas y en las propiedades del grano en el almacén?**

Trabajo de investigación presentado  
por Soledad Rodas Ruano  
para optar al grado de Licenciado en Biología.

Guatemala  
2004

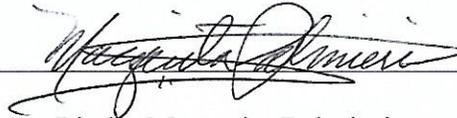
Vo. Bo:



(f) \_\_\_\_\_

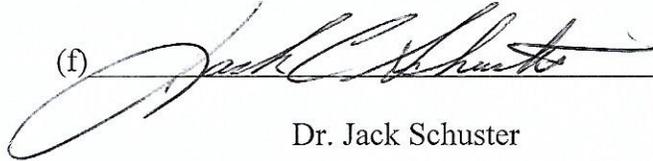
Dra. Helda Morales  
Asesor

Tribunal



(f) \_\_\_\_\_

Licda. Margarita Palmieri



(f) \_\_\_\_\_

Dr. Jack Schuster



(f) \_\_\_\_\_

Dra. Heidi Liere

17 de marzo del 2004

## PREFACIO

La idea de esta investigación surgió luego de varios estudios y conversaciones con agricultores realizados por Helda Morales, mi asesora de tesis, acerca de las prácticas tradicionales para el control de plagas llevadas a cabo por agricultores de Guatemala y Chiapas, México. Muchos agricultores relacionan las fases lunares y la humedad de las plantas, planificando así la cosecha de ciertos productos con ciertas fases, dependiendo si los quieren más húmedos o más secos.

Cuando hablé por primera vez con Helda Morales acerca de este proyecto, sabía que iba a poner en práctica mucho de lo que aprendí en el transcurso de mis estudios, pero esta experiencia fue mucho más allá. No sólo trabajé en un tema poco estudiado científicamente y por lo tanto con poca literatura disponible, si no es un tema que en el ámbito científico tiene muchos críticos. Para la planificación y diseño del proyecto tuve que recurrir a toda clase de fuentes de información tanto científica como anecdótica.

Aprovecho para agradecer a todas las personas e instituciones que me ayudaron a lo largo de este trabajo. A CONACYT por el financiamiento de este trabajo (proyecto Manejo de Plagas y Conocimiento Tradicional en los Altos de Chiapas y Guatemala, 323201-5-35072-B). A la Universidad del Valle de Guatemala y a la Universidad del Valle del Altiplano por permitirme utilizar sus instalaciones para el trabajo de campo, análisis de datos y almacenaje de muestras. A todos los agricultores de Sololá que me ayudaron con el trabajo de campo y por compartir su conocimiento y experiencias. A mis asesores, Helda Morales, Charles MacVean, Jack Schuster, Margarita Palmieri, Heidi Liere y Genoveva Rodríguez, les agradezco toda su ayuda, tiempo, apoyo y motivación. Dr. MacVean y Helda les agradezco por haberme guiado no sólo en este trabajo, si no en mi vida profesional y por su amistad.

A mis amigas (Heidi, Silvia, Geno, Tita, Jandy) y a Victor Hugo Aragón por haberme apoyado y ayudado siempre durante toda mi carrera. A Alfonso por siempre estar allí conmigo, por su apoyo moral y por apoyar todas mis decisiones. Por último a mi familia, en especial a mis papás, por enseñarme que no hay nada imposible. Esta tesis se las dedico a ustedes.

## ÍNDICE

PREFACIO .....	iii
LISTA DE CUADROS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
A. La cosecha y el almacenamiento de maíz en Sololá, Guatemala .....	3
B. Factores que afectan el almacenamiento .....	5
C. Movimiento lunar alrededor de la Tierra .....	9
D. Efecto lunar en agricultura .....	10
E. Objetivos .....	12
F. Hipótesis .....	13
II. MÉTODOS .....	14
A. Diseño experimental .....	14
B. Análisis de datos .....	14
C. Trabajo de campo .....	15
D. Trabajo de laboratorio .....	18

III. RESULTADOS .....	20
A. ¿Cuáles insectos son introducidos del campo y cuáles invaden el maíz cuando ya está almacenado? .....	20
B. ¿Hay mayor porcentaje de humedad en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva? .....	22
C. ¿Cómo varía el porcentaje de humedad durante seis meses de almacenamiento? .....	26
D. ¿Hay mayor número de insectos en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva? .....	28
E. ¿Cómo se comportan los insectos en el maíz cosechado en cada fase lunar durante seis meses de almacenamiento? .....	30
F. ¿Hay mayor reproducción de <i>Sitophilus zeamais</i> en el maíz cosechado en luna llena que luna nueva? .....	36
G. ¿Hay más daño en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva a lo largo de seis meses de almacenamiento? .....	37
H. ¿Hay más daño en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva después de un año en almacenamiento? .....	40
I. ¿Cómo son las condiciones de almacenamiento en esta región? .....	41
IV.DISCUSIÓN .....	42
A. ¿Cuáles insectos son introducidos del campo y cuáles invaden el maíz cuando ya está almacenado? .....	42
B. ¿Hay mayor porcentaje de humedad y por lo tanto más insectos en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva? .....	42
C. ¿Cómo varía la humedad durante seis meses de almacenamiento? .....	44

D. ¿Cómo se comportan los insectos durante seis meses de almacenamiento? ..	45
E. ¿Hay más reproducción de <i>Sitotroga cerealella</i> en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva? Experimento de laboratorio .....	47
F. ¿Hay mayor daño en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva a lo largo de seis meses de almacenamiento? ¿Y luego de un año? .....	48
G. ¿Cómo son las condiciones de almacenamiento en esta región? .....	49
V. CONCLUSIONES .....	50
VI. RECOMENDACIONES .....	52
VII. LITERATURA CITADA .....	53
VIII. ANEXOS .....	59

## LISTA DE CUADROS

## Cuadro

- |  |    |
|--|----|
| 1. Especies y morfo-especies encontradas en la cosecha y almacenamiento de maíz en troja .....   | 21 |
| 2. Resumen del valor de F y la significancia p del análisis de Split Plot para determinar la relación entre el número de insectos en cada categoría y los distintos factores de estudio durante el tiempo de almacenaje .....  | 33 |
| 3. Resumen del valor de F y la significancia p del análisis de ANOVA de dos vías para determinar la relación entre el número de insectos en cada categoría y los distintos factores de estudio juntando todos los datos provenientes del período de almacenamiento ..... | 36 |

## LISTA DE FIGURAS

## Figura

- |   |    |
|---|----|
| 1. Promedio del porcentaje de humedad presente en los granos de maíz al momento de la cosecha en cada fase lunar en las distintas localidades de muestreo ..... | 23 |
| 2. Promedio del porcentaje de humedad de los granos de maíz presente al momento de la cosecha en cada fase lunar .....  | 24 |
| 3. Corrección del promedio del porcentaje de humedad de los granos de maíz presente al momento de la cosecha en cada fase lunar .....                           | 25 |
| 4. Promedio del porcentaje de humedad de los granos por mes de almacenamiento y fase lunar en la que fueron cosechadas las muestras .....                       | 27 |
| 5. Promedio del porcentaje de humedad de los granos después de seis meses de almacenamiento, separados por lugar de cosecha.....                                | 28 |

6. Promedio de insectos totales por mes de almacenamiento separados por la fase lunar en que fueron cosechadas las muestras .....	30
7. Promedio del número de insectos totales después de seis meses de almacenamiento, separados por el lugar en que fueron cosechados .....	31
8. Promedio de enemigos naturales en cada mes de almacenamiento separado por fase lunar en la que fueron cosechadas las muestras .....	33
9. Promedio de insectos fungívoros en cada mes de almacenamiento separado por fase lunar en la que fueron cosechadas las muestras .....	34
10. Promedio de <i>Sitotroga cerealella</i> en cada mes de almacenamiento separado por fase lunar en la que fueron cosechadas las.....	34
11. Promedio de <i>Ephestia cautella</i> en cada mes de almacenamiento separado por fase lunar en la que fueron cosechadas las muestras .....	35
12. Promedio del porcentaje de daño total en cada mes de almacenamiento .....	38
13. Promedio del daño total en cada mes de almacenamiento separado Por fase lunar en la que fueron cosechadas las muestras.....	39
14. Foto de troja tradicional de Sololá .....	57
15. Esquema del movimiento lunar alrededor de la Tierra .....	57
16. Fotos de las muestras del experimento de laboratorio .....	58
17. Temperatura ambiental y humedad relativa en el Tablón, Sololá 2002 ..	59

## RESUMEN

Esta investigación pretende evaluar si al cosechar maíz en distintas fases lunares existe algún efecto sobre los granos y el daño causado por insectos durante el almacenamiento del maíz. Se ha reportado que lo anterior es una práctica tradicional utilizada por agricultores de muchos países como manejo preventivo de plagas en almacenes. Para evaluar si existe un efecto real sobre las plagas de maíz, se cosechó durante tres meses en las fases de luna nueva y luna llena. Las cosechas fueron realizadas en distintas localidades de El Tablón, Sololá, Guatemala. El maíz cosechado se almacenó en una troja tradicional del área y se estudió el porcentaje de humedad del maíz y los insectos encontrados al momento de la cosecha. Durante el almacenamiento se monitoreó el porcentaje de humedad, los insectos y el daño presente en cada mes por un período de seis meses. En el laboratorio se inoculó con el gorgojo *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) muestras provenientes de todas las cosechas para ver si mostraban diferencias en cuanto a consumo y reproducción. Los resultados permitieron evaluar si dicha práctica les brinda alguna ventaja a los agricultores como método preventivo para disminuir daño en la troja. Aunque se encontraron diferencias significativas entre el porcentaje de humedad presente entre cosechar el maíz en luna nueva y luna llena, no se encontró que tuviera influencia sobre el daño presente durante los seis meses de almacenamiento. No se descartó la posibilidad que la práctica pueda ser un método preventivo efectivo. Además se obtuvo información acerca de los principales problemas fitosanitarios encontrados en el maíz almacenado en Sololá, siendo el principal problema la palomilla *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae).

## ABSTRACT

This study evaluated if harvesting yellow corn in different moon phases has an effect on grains and damage caused by insects during storage. This has been reported as a traditional practice used by farmers around the world as preventive pest management in storage rooms. To evaluate a real effect over corn pests, samples were harvested for a period of three months during full and new moon phases. Sampling was done in different locations of El Tablón, Sololá, Guatemala. The harvested corn was stored in a local traditional granary or “troja” and the moisture content in the grains and insects found during harvesting was studied. During the storage period water content in grains, insects and damage were monitored each month for six months. In the laboratory samples from every harvest were inoculated with the weevil *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) to determine if there was a difference in reproduction and feeding. The results allowed testing whether this practice would provide any advantage to farmers as a

Even though there was a significant difference in the moisture content between corn harvested in full moon and new moon, we did not find any effect over damage during the six-month period. This does not rule out the possibility that this practice could be an effective preventive method. Information was also obtained on the main phytosanitary problems found in stored corn in Sololá, being the main problem the Angoumois Grain Moth, *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae).

**Palabras Claves:** Conocimiento tradicional, cosecha de maíz, fases lunares, granos almacenados, prevención de plagas.

## I. INTRODUCCIÓN

Para el pequeño agricultor guatemalteco, el maíz es el cultivo más importante para su subsistencia (Rojas 1988), siendo utilizado en su mayoría para autoconsumo. También es utilizado para la alimentación de animales, comercio y como semilla de la siguiente cosecha. El grano generalmente se cosecha una o dos veces por año, pero es consumido a través de todo el año, por lo tanto prácticamente todo el grano debe ser almacenado (Hoseney 1994). Por esta razón, la necesidad de proteger el maíz almacenado del peligro de plagas, enfermedades y daños ocasionados por el ambiente es motivo de preocupación (Ramírez 1979). Esto ha llevado a que se desarrollen una gran variedad de técnicas y métodos para disminuir pérdidas y aumentar el rendimiento final.

En décadas anteriores se introdujo en gran escala nuevas tecnologías e insumos modernos, en donde los pesticidas llegaron a ser el instrumento clave utilizado para controlar las plagas debido a la rápida respuesta y a la facilidad de obtención y uso. El manejo tradicional pasó a considerarse pasado de moda e innecesario (Andrews y Quezada 1989). Pero los conocidos efectos secundarios del control químico han hecho que científicos y agencias de desarrollo inviertan en programas de Manejo Integrado de Plagas (Morales 2001).

En los últimos años, se ha aumentado la atención al conocimiento tradicional y prácticas realizadas por pequeños agricultores de países del tercer mundo (Altieri *et al.* 1987, CATIE 1990, Thrupp 1989, Warren 1992) ya que potencialmente podrían ser base para manejo de plagas en otras regiones (Andrews y Quezada 1989, Castillo 1989, Hill 1989, Warren 1992). Alrededor del mundo se han hecho esfuerzos en documentar esta información como complemento a programas ya existentes (Warren 1992), reconociendo tanto sus limitaciones como la contribución potencial al desarrollo (Thrupp 1989). La importancia de estas prácticas está en que han surgido luego de cientos de años de experiencia y de búsqueda de soluciones a problemas de plagas por miles de grupos étnicos alrededor del mundo. Las prácticas son dinámicas y están constantemente influenciadas por la creatividad y experimentación. La agricultura tradicional ofrece modelos prometedores ya que conserva la agro biodiversidad (considerado un concepto

clave en el diseño de agricultura sostenible de hoy en día (Altieri 1993)), protege las reservas de diversidad genética y sostiene cosechas año tras año sin el uso de agroquímicos (Altieri 2004).

Por otro lado, fortalecer y fomentar el uso de conocimiento tradicional de plagas, no sólo trae beneficios a la ciencia y al ambiente, si no también es una forma en que los agricultores sean menos dependientes de insumos externos y de compañías de agroquímicos que pueden tener altos costos. Según Thrupp 1989, legitimizar este conocimiento también es una forma de ayudar a estas comunidades a desarrollar respeto personal, confianza y orgullo en su propio conocimiento y capacidad, haciendo que estas comunidades no desplacen sus prácticas por agricultura mecanizada y manejada por químicos.

Este tipo de estudios han sido utilizados en programas de desarrollo en países tan distintos como Indonesia, Cuba, Colombia y Kenya en temas de sistemas de manejo de plagas en cultivos, manejo de tierra, agua y biodiversidad, combinaciones positivas en policultivos, etc. (Warren 1992, Rosset y Benjamin 1994, Nyambo y Kimani 1998, Oppenheim 2001, Ashby *et al.* 2000). Cuba es un excelente ejemplo, ya que a nivel nacional por razones político-económicas, después del año 1989 el país se vio forzado a pasar de una agricultura “moderna” (mecanizada y dependiente de alta tecnología y productos químicos) a un sistema “alternativo”. Dentro del exitoso modelo de agricultura alternativa que Cuba ha empleado exitosamente está la reintroducción de prácticas tradicionales campesinas para el manejo de plagas (Oppenheim 2001).

Guatemala no es la excepción. Estudios realizados por Morales y Perfecto (2000) muestran que agricultores del altiplano guatemalteco tienen un amplio conocimiento sobre las prácticas preventivas de manejo de plagas de maíz. Para el campesino guatemalteco, las técnicas de almacenaje se han basado principalmente en prácticas culturales. Estas prácticas probablemente sean efectivas y ambientalmente amigables y debido a la poca importancia que se le da por parte de instituciones de desarrollo, están en peligro de ser sustituidas por métodos químicos. Por lo que hoy más que nunca es importante comprender los mecanismos ecológicos que hay detrás de ellas (Morales 2000) antes que desaparezcan.

Dentro de las prácticas tradicionales que frecuentemente se reportan, no sólo en Guatemala, sino también a nivel mundial, está el planificar las actividades de cosecha con las fases lunares. A pesar de que existe gran cantidad de información anecdótica disponible, en el que la luna tiene algún tipo de influencia sobre las actividades agrícolas y silvícolas (Carter y Snedaker 1969, Ek *et al.* 1982, Rojas 1988, Thrupp 1989, Morales y Perfecto 2000, Vecinos Mundiales Guatemala 2000), hay pocos estudios científicos que den una explicación fisiológica o ecológica comprobada. En las distintas publicaciones así como en entrevistas a distintos agricultores alrededor del altiplano guatemalteco, parece haber contradicciones sobre la fase lunar en que las plantas tienen mayor porcentaje de humedad. En la mayoría de los casos los agricultores mencionan que hay más humedad en las plantas durante la fase de luna nueva.

El propósito de esta investigación es evaluar si cosechar maíz con las fases lunares le brinda alguna ventaja al agricultor en Sololá con respecto al daño y al manejo de plagas en la fase de almacenaje. Al existir una influencia lunar sobre la humedad de las plantas, como ha sido reportado a nivel mundial, es bastante probable que se tengan cambios en el número de insectos encontrados en el almacén ya que se conoce que la humedad es un factor determinante en el desarrollo de los insectos (Christensen y Kaufmann 1976, Hoseney 1994, Ramírez 1979). Además, no sólo grandes diferencias en el porcentaje de humedad son capaces de causar efecto en algunos insectos. Así lo mostró Smith (1993) estudiando *Sitophilus* sp. (plaga común en maíz almacenado), en donde pequeños cambios en la humedad del maíz fueron perceptibles por esta plaga. Además de todo lo anterior, se pretende evaluar cuáles son los principales problemas fitosanitarios en el maíz almacenado en troja en la región estudiada.

## **A. La cosecha y el almacenamiento de maíz en Sololá, Guatemala**

En el Tablón, Sololá, las prácticas utilizadas por los agricultores de subsistencia para el manejo del maíz son prácticas culturales, utilizadas desde hace siglos, que se han venido transmitiendo de forma oral generación tras generación (Rojas 1988).

Recientemente se ha incrementado el problema por plagas en esta región. Se cree que es principalmente debido al abandono de prácticas preventivas tradicionales (Morales

y Perfecto 2000). A causa de esta situación y sumándole el hecho de que en el país el conocimiento tradicional indígena es subestimado, la generación joven se está inclinando por el uso de controles químicos los cuales están ocasionando más contaminación, cambios ecológicos y pérdidas económicas. Lo único que parece frenar este tipo de medidas es la falta de capital, ya que la población en su mayoría es de bajos recursos. Evidencia de esto lo muestra M. Swicher (com. pers. 2002) en Costa Rica, en donde los agricultores cuentan con más recursos y se observa un aumento en el uso de pesticidas.

Tradicionalmente se siembran tres tipos de maíz: blanco, amarillo y negro, en los meses de inicio de lluvia (abril-mayo). Los agricultores de Sololá no tienen una fecha especial generalizada para la siembra como se realiza en otras regiones del país, si no cada agricultor tiene sus propias costumbres. Por lo general utilizan fertilizante químico en bajas cantidades, pero los que no lo pueden costear utilizan fertilizantes orgánicos o ninguno. El deshierbe se realiza manualmente y el uso de insecticidas no es común. No se acostumbra la dobla (doblamiento del tallo antes de cosechar para ayudar con el secado de los granos) aunque algunos sí lo hacen. El ciclo del maíz en esta región se completa aproximadamente en 8 a 9 meses, cosechándose principalmente en los meses de diciembre y enero. La cosecha se termina en una a dos semanas, dependiendo de la extensión de siembra y del tamaño de la familia (toda la familia participa en el corte). Los agricultores tampoco tienen una fecha específica para la cosecha, sino que se realiza cuando consideran que el maíz ya está seco. Algunas personas aún planifican sus cosechas con la luna llena, pero la mayoría de la población ya lo ve como “algo de los abuelos” (com. pers. Lorenzo Chopén 2002).

Las mazorcas se almacenan con tusa, generalmente en trojas. La troja es una estructura rústica tradicional que en Sololá está construida generalmente de bambú, las cañas del maíz y de ciprés, midiendo aproximadamente 2m de alto x 1.5 m de profundidad sobre una plataforma de unos 20 cm. del suelo (Figura 14). El almacenamiento tradicional va de unos pocos meses hasta un año, dependiendo de la cantidad cosechada, de la cantidad consumida y del éxito de las ventas.

El maíz almacenado en troja puede ser altamente durable y a la vez altamente susceptible al daño. Si es cosechado en buena condición y se guardan en condiciones favorables para el grano, pueden retener la calidad original y aún su poder germinativo

por años (Christensen y Kaufmann 1976). Si se almacenan bajo condiciones contrarias y bajo condiciones favorables para las plagas, los granos pueden llegar a dañarse en unas pocas semanas.

## **B. Factores que afectan el almacenamiento**

En el almacenamiento los granos se encuentran en estado de vida latente (Ramírez 1979, Hosenev 1994) por lo que la posibilidad de modificación de los componentes químicos y de su valor nutritivo no acaba cuando se cosecha el grano (FAO 1993). Las principales causas de pérdidas de granos en almacenamiento son el contenido de humedad e impurezas al momento de almacenarlo, carencia de almacén adecuado, plagas y desconocimiento de principios de conservación (Smith 1969, Christensen y Kaufmann 1976, Ramírez 1979, Hall 1980, FAO 1993, Hosenev 1994). Así como cualquier organismo con vida, están sujetos a la influencia de factores físicos, químicos y bióticos del ambiente que los rodea (Ramírez 1979).

Hay dos factores principales que influyen en el almacenamiento: los de origen biótico y los de origen abiótico. Dentro de los de origen biótico están todos los elementos o agentes vivos que en condiciones favorables utilizan el grano como fuente de nutrición (FAO 1993). Estos son fundamentalmente insectos, hongos, microorganismos, roedores y aves (Smith 1969, Christensen y Kaufmann 1976, Ramírez 1979, CATIE 1990, FAO 1993, Hosenev 1994, Clavijo y Pérez 2000). Luego están los de origen abiótico, que comprenden la humedad relativa, temperatura y tiempo transcurrido en almacén (FAO 1993).

**1. Factores bióticos.** Dentro de las plagas principales de granos almacenados están los insectos y hongos. Los insectos causan la destrucción por consumo por los adultos y larvas, contaminan los granos con el excremento y cuerpos muertos y causan el deterioro por el metabolismo de sus organismos (Ramírez 1979). Los hongos a su vez producen agentes tóxicos para la salud humana (micotoxinas), dentro de los más comunes en granos almacenados se encuentran las aflatoxinas y ocratoxinas producidas por hongos del género *Aspergillus* y *Penicillium* y las fumonisinas , tricotecenos y zearalenonas

producidos por hongos del género *Fusarium* (Christensen y Kaufmann 1976, FAO 1993). Por lo tanto demeritan la calidad alimenticia, valor económico y poder germinativo (Ramírez 1979).

Existen más de 300 especies de insectos asociados a granos almacenados, pero sólo unas 15 especies, de distribución cosmopolita, se consideran de importancia económica (Ramírez 1979). Los órdenes Coleoptera y Lepidoptera son los de mayor importancia económica, causando daño o destruyendo los granos almacenados (Christensen y Kaufmann 1976, Ramírez 1979, Andrews y Quezada 1989). En la región centroamericana se reportan 3 familias principales de Lepidoptera: Noctuidae, Pyralidae (ICTA 1981, Saunders *et al.* 1983) y Gelechiidae (CATIE 1990) y 5 familias de Coleoptera: Chrysomelidae, Cucujidae, Tenebrionidae (Saunders *et al.* 1983), Curculionidae y Bostrichidae (Saunders *et al.* 1983, CATIE 1990).

En Centroamérica los hongos causantes de pérdidas en producción son principalmente el complejo “pudrición de la mazorca” (*Diplodia* spp. y *Fusarium* spp.) (CATIE 1990), el carbón común (*Ustilago maydis*), Nigrospora (*Nigrospora oryzae*), Diplodia (*Diplodia maydis*, *D. Macrospora*), Gibberella (*Gibberella zea*, *G. Fujikuroi*), pudrición carbonosa (*Macrophomina phaseoli*), Penicillium (*Penicillium* spp.) y Aspergillus (*Aspergillus* spp.) (De León, 1984). Todos estos causan cambios en la apariencia, calidad y propiedades comestibles de los granos.

Cabe mencionar que las especies tanto de insectos como de hongos mencionadas anteriormente no son específicas para maíz almacenado en Sololá, sino son reportes de plagas encontradas en la región centroamericana. No se encontraron reportes específicos para esta región.

Los insectos y hongos no sólo invaden los granos en el almacén, sino también pueden ser transportados al momento de la cosecha hacia el lugar de almacenaje, en donde bajo condiciones favorables pueden llegar en poco tiempo a dañar los granos en su totalidad (CATIE 1990, Ramírez 1979). Los insectos también pueden ser agentes dispersores de esporas de hongos (Christensen y Kaufmann 1976).

Los hongos e insectos más comunes en granos almacenados crecen rápidamente a temperaturas de 30°C - 32° C (Christensen y Kaufmann 1976) y su desarrollo y

reproducción aumenta con la temperatura, pero sólo dentro de ciertos límites, en forma general entre 21°C como mínimo y 37° C como máximo (Ramírez 1979, Hall 1980).

## **2. Factores abióticos**

**a. Humedad del grano y temperatura.** La humedad es una variable muy importante para el estado óptimo de los granos. A bajos porcentajes, los hongos e insectos disminuyen su desarrollo o son incapaces de desarrollarse ya que estos organismos dependen de esta humedad como fuente de agua (Hoseney 1994). Según distintos autores, el porcentaje de humedad óptimo para buenas condiciones de almacenamiento varía entre 10 y 15.5% (Smith 1969, Christensen y Kaufmann 1976, Ramírez 1979, Hall 1980, FAO 1993, Hoseney 1994). Un grano más húmedo, por su estructura porosa y por la facilidad de intercambio gaseoso en películas de agua, permite que el oxígeno y dióxido de carbono se difundan con más rapidez. Al haber más oxígeno disponible para el grano, aumenta la respiración de éstos haciendo que se genere y se libere gran cantidad de energía que se transforma en calor, aumentando así la temperatura del volumen de granos almacenados (Ramírez 1979).

A medida que los insectos se desarrollan en los granos, también aumentan el contenido de humedad del grano mediante el agua que producen durante sus procesos metabólicos. Por este hecho los insectos son capaces de establecerse en grano cuyo contenido de humedad está justamente por debajo del nivel en el cual los hongos en el almacén pueden crecer. En corto tiempo las condiciones pueden ser muy favorables para el rápido crecimiento de los hongos (Smith 1969, Christensen y Kaufmann 1976, Hoseney 1994). Esta combinación puede producir el aumento de la temperatura total, lo cual afecta en última instancia al volumen total del grano. Esto causa con cierta aceleración la descomposición, germinación o muerte del grano (Smith 1969, Ramírez 1979, Hall 1980). Por lo tanto es esencial que se utilicen todas las medidas necesarias para mantener bajo el contenido de humedad de los granos y asegurar así su conservación en el almacén (Smith 1969, Ramírez 1979, Hall 1980).

Aunque se excluya la multiplicación de hongos, insectos y otros, el radio de respiración de los granos también puede aumentar debido a la temperatura,

incrementando por un factor de dos por cada incremento de 10° C de temperatura. Esto puede aumentar la oxidación de materia orgánica, causando movilización de reservas de alimento que pueden llevar a la germinación, seguido por pudrición (Smith 1969).

**b. Humedad relativa ambiental.** La estabilidad del grano almacenado también depende del contenido de humedad y temperatura del aire intergranular y entre el almacén y el ambiente inmediato (FAO 1993, Ramírez 1979, Smith 1969). En cualquier lote de granos hay un 40% de espacio de aire entre los granos, del volumen total almacenado (Smith 1969). Los granos intercambian vapor de agua con el ambiente y en un estado estático se encuentra una relación uno a uno entre el contenido de humedad del grano y la humedad relativa<sup>1</sup> ambiental (Smith 1969). El grano forzosamente tiene que alcanzar un equilibrio<sup>2</sup> de humedad con la humedad relativa del aire (Hoseney 1994, Ramírez 1979), transcurrido el tiempo necesario. Estudios realizados por la Organización Mundial de Meteorología (Smith 1969) han mostrado que esta relación es bastante independiente de la temperatura. El equilibrio dinámico entre el agua del grano y el agua del aire se alcanza en un porcentaje específico para cada tipo de grano en condiciones dadas de humedad relativa (Ramírez 1979), por ejemplo, a 4° C y 50% de humedad relativa el contenido de humedad en equilibrio se alcanza cuando el grano llega a un 12.4% de humedad (Hall 1980). El tiempo en el cual este equilibrio se alcanza depende de la cantidad de cambio que debe de llevarse a cabo y de las condiciones de las distintas variables.

El maíz amarillo de aproximadamente 13% de humedad corresponde a un ambiente en equilibrio con una humedad relativa de 70% (Smith 1969). En niveles arriba del 70%-75% de humedad relativa, pequeños incrementos de humedad relativa ambiental están asociados a grandes aumentos en el contenido de humedad de los granos (Smith 1969, Ramírez 1979, Andrews y Quezada 1989). En lugares donde la temperatura es favorable y la humedad relativa es lo suficientemente alta durante todo el año, los granos son muy aptos para la invasión de hongos e insectos (Christensen y Kaufmann 1976, Ramírez 1979).

Distintos lotes de granos pueden tener distintos contenidos de humedad en equilibrio con la atmósfera a una cierta humedad relativa y varios granos en una misma

---

1. Proporción de vapor de agua presente en una parcela de aire relativa a la capacidad máxima de vapor de agua que el aire puede sostener a la misma temperatura. Es expresada en porcentajes (Blij y Muller 1993).

2 Un producto está en equilibrio con su ambiente cuando el radio de pérdida de humedad del producto a la atmósfera que lo rodea, es igual al radio de humedad ganada por el producto de esta misma atmósfera (Hall 1980).

mezcla pueden tener distinto contenido de humedad aunque todos están en equilibrio con la humedad relativa del aire intergranular. Esto depende si el grano está ganando o perdiendo humedad (Hoseney 1994).

Muchos agricultores en Sololá identifican la humedad como uno de los factores más influyentes en el ataque de organismos en el almacén a corto y largo plazo. Las distintas prácticas pre y post cosecha realizadas tienen como objetivo disminuir el porcentaje de humedad al máximo antes de ser almacenado el maíz. Dentro de éstas, hipotetizan que las fases lunares tienen la capacidad de causar movimientos cíclicos en el porcentaje de humedad presente en los granos. Para obtener granos de maíz más secos, cosechan cuando la luna está llena.

### **C. Movimiento lunar alrededor de la Tierra**

El ciclo lunar es la aparición completa de todas las fases de la luna, el cual consiste en la revolución de la luna en torno de la tierra en relación al sol. Tiene una duración de 29 días, 12 horas, 44 minutos y 2.8 segundos. A este fenómeno también se le conoce como mes sinódico (Hoskin 1999).

La fase de luna nueva es la posición en que la luna se interpone entre la tierra y el sol, la luz solar cae por completo sobre la cara oculta y la cara próxima a la tierra se ve totalmente oscura. Días después, conforme la luna sigue moviéndose alrededor de la tierra (45°, de allí 90° y así sucesivamente) las fases de cuarto creciente, primer cuarto y gibosa empiezan a aparecer. Se empieza a ver brillar cada vez más área de la superficie lunar hasta que dos semanas después la luna está totalmente iluminada, lo que se conoce como luna llena. Aproximadamente dos semanas después de la fase de luna nueva ocurre la luna llena. En esta fase la tierra se encuentra entre la luna y el sol (pero la tierra no le hace sombra), siendo el momento de máxima luminosidad lunar (Hoskin 1999). Por último están las fases de gibosa, última fase y cuarto menguante. La luna sigue su trayectoria y empieza de nuevo a oscurecerse llegando 29.5 días después de nuevo a la fase de luna nueva (Hoskin 1999) (Figura 15).

En el campo la terminología es muy distinta de la que se conoce en el mundo científico, por lo que es muy importante la forma en que se realizan las preguntas o

encuestas a los agricultores. Los términos utilizados son bastante personales y puede cambiar entre agricultores de una misma región. En la región de Sololá algunas de las palabras con la cual se nombra la luna nueva son: luna tierna, chiquita, menguante y la luna llena la conocen como luna madura o luna crecida.

Parece extraño que se le dé más importancia al efecto lunar que al efecto del sol en la tierra, si el sol por su gran tamaño pareciera ejercer más influencia sobre la tierra. Fue Isaac Newton quien mostró que debido a que la fuerza es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, el sol aunque tiene mucho más masa, está más alejado y su atracción gravitatoria es menor que la mitad de la atracción lunar (Royal Greenwich Observatory 1996).

#### **D. Efecto lunar en agricultura**

Según Zürcher (1998) y Beeson (1946) alrededor del mundo se menciona sistemáticamente que los ritmos lunares tienen influencia sobre el crecimiento, estructura, características y propiedades en las plantas. Indistintamente de la práctica y sin importar la distancia geográfica de las fuentes, las similitudes en las reglas formuladas parecen sugerir la existencia de un posible fenómeno objetivo. Coinciden en la hipótesis que la luna está fuertemente conectada al agua (Zürcher 1998), pero existe controversia sobre la fase lunar en la cual las plantas poseen mayor porcentaje de humedad.

En la década de 1920, Lili Kolisko teniendo en mente que toda sustancia que nos rodea está sujeta a las leyes de gravedad, propuso que los cuerpos sólidos no están sujetos únicamente a las fuerzas de la tierra, sino que también a los cuerpos celestiales. Según Kolisko, estos tienen un efecto de atracción profunda sobre los metales terrenales que responden de distinta manera bajo distintos eventos (Kolisko 1928, Theroux, 1997). Por ejemplo, llevó a cabo un experimento cualitativo simple en el cual disolvió sulfato de hierro, nitrato de plata y nitrato de plomo en agua y dejó que la solución fuera absorbida por papel filtro en distintos eventos celestiales. Luego de realizarlo repetidas veces encontró que había una marcada atracción del nitrato de plata a la luna. Durante eclipses lunares, en el cual el sol era bloqueado, el nitrato de plata alcanzaba una altura máxima en el papel filtro. También observó cambios rítmicos en la altura que alcanzaba la sustancia

durante un período de 24 horas, que parecían estar correlacionados con las mareas (Kolisko 1928). Este conocimiento lo aplicó a la agricultura.

Los estudios de Kolisko, junto con la investigación de Maria Thun en la década de 1950 acerca de las influencias cósmicas en los vegetales, mostraron el efecto que las fases lunares tienen sobre la germinación de semillas. Encontraron que la germinación máxima y los mejores resultados en cultivos en cuanto a plantas más altas se dan cuando se siembran dos días antes y durante la luna llena (Kollerstrom y Staudenmaier 2001). Este fenómeno fue apoyado por Ernst Zürcher (1998) en Africa, quien también encontró que se da una mayor germinación y la planta alcanza alturas máximas en la fase de luna llena. Además, menciona una posible relación entre el contenido de citocianinas en las plantas y las fases lunares, como ha sido mostrado por otros investigadores en algas (Zürcher 1998). Por otro lado, Brown y Chow (1976) encontraron variaciones cíclicas en la absorción de agua por semillas, en donde uno de los picos máximos coincide con la luna llena. Kolisko argumenta haber encontrado que la luna puede influir en el crecimiento de semillas de trigo enterradas a un metro de profundidad, de igual forma como lo hace en la superficie (Beeson 1946).

El estudio de la influencia lunar en insectos ha sido también explorado. En los estudios de Williams (1936), Nemeč (1971), Persson (1974) y Douthwaite (1978) se encontraron cambios cíclicos en el número de individuos atrapados por distintos métodos, así como la cantidad de huevos ovopositados y la emergencia de larvas en las distintas fases lunares, lo que sugiere que hay una sincronización de distintas actividades con los ciclos lunares. En todos los estudios se encontró que, para los noctúidos, la mayor actividad se da durante la luna nueva. Kavaliers y MacVean (1980), estudiando palomillas Pyralidae, encontraron un patrón rítmico en las respuestas fototáxicas que corresponden a las fases lunares. Mostraron que se requiere más energía en la fase de luna llena que en luna nueva para obtener una fototaxis negativa en las palomillas. La función de este comportamiento no fue determinado. Estos estudios revelan que no todas las especies muestran el mismo comportamiento (por ej. ovoposición, emergencia, actividad, etc.) a la misma fase lunar, pero sí muestran las mismas respuestas dentro de la misma especie.

La razón por la cual ciertos organismos han mostrado patrones de actividad que corresponden a las fases lunares aún no es totalmente conocida. Se cree que participan tanto factores internos (reloj biológico) como externos (por ejemplo, cantidad de luz, campos geomagnéticos y electromagnéticos, fluctuaciones de presión, etc.) (Brown 1976).

Aunque parece bastante improbable que pudiera haber efecto lunar en la planta de maíz al momento de la cosecha (ya que en este momento la planta se encuentra bastante seca), estudios por Zürcher (1998) han mostrado que existen efectos lunares en la fisiología diaria en árboles en donde el diámetro del tallo fluctúa reversiblemente al igual que las mareas. En la madera ya no hay presente células vivas en el duramen, lo que lleva a Zürcher a la hipótesis que el agua puede moverse alternadamente de los protoplastos (células vivas) a las paredes celulares de los vasos conductores (las cuales no contienen células vivas).

Si efectivamente las fases lunares pueden causar variaciones en la humedad presente en el maíz, es bastante probable que el mismo maíz cosechado en las distintas fases lunares responda de distinta manera en la etapa de almacenaje. Un grano más húmedo estará más propenso a daño, tanto por plagas como por factores ambientales entre las distintas cosechas ya que se conoce que la humedad es un factor clave en la preservación de los granos. Los insectos y hongos son muy susceptibles a estas diferencias en humedad.

## **E. Objetivos**

### **1. Objetivo general:**

- a. Determinar si le brinda alguna ventaja al agricultor en Sololá planificar las fechas de cosecha de maíz de acuerdo a las fases lunares con respecto a las plagas insectiles.

### **2. Objetivos específicos:**

- a. Determinar si hay diferencias en el porcentaje de humedad del grano entre el maíz cosechado en luna llena y luna nueva al momento de la cosecha y durante 6 meses de almacenamiento.

- b. Comparar el daño causado por insectos y hongos al maíz cosechado en luna llena con el cosechado en luna nueva durante 6 meses de almacenaje.
- c. Determinar si hay diferencia en cuanto al número de insectos encontrados entre el maíz cosechado en luna nueva y luna llena al momento de la cosecha y durante seis meses de almacenamiento.
- d. Determinar si hay diferencia en el porcentaje de daño causado por insectos aproximadamente un año después de la última cosecha.
- e. Determinar qué insectos son introducidos del campo y cuales de ellos invaden los granos cuando ya se encuentran almacenados.
- f. Determinar si *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) muestra alguna diferencia en cuanto a su reproducción y/o consumo entre el maíz cosechado en luna nueva y luna llena.
- g. Describir los principales problemas fitosanitarios en el maíz almacenado en troja en El Tablón, Sololá.

## **F. Hipótesis**

- El maíz cosechado en luna nueva tiene menor porcentaje de daño que el cosechado en luna llena y mantiene esta diferencia durante seis meses de almacenamiento.
- El maíz cosechado en luna nueva tiene menor porcentaje de daño que el cosechado en luna llena, aproximadamente un año después de las cosechas.
- El maíz cosechado en luna nueva contiene granos con menor porcentaje de humedad que el cosechado durante luna llena y mantiene esta diferencia durante seis meses de almacenamiento.
- El maíz cosechado en luna nueva contiene menor número de insectos que el cosechado en luna llena y mantiene esta diferencia durante seis meses de almacenamiento.
- *Sitophilus zeamais* tiene menor reproducción y consume menos granos en el maíz cosechado en luna nueva que el cosechado en luna llena.

## II. MÉTODOS

### A. Diseño experimental

Debido a que no se encontraron estudios científicos específicos para apoyar esta investigación, este estudio no se basa en la metodología de ningún autor, aunque se tomaron ideas de estudios parecidos en otras áreas.

Factores:

1. Fase lunar: Luna llena y luna nueva
2. Lugar de cosecha (Bloque): Sitio 1, 2, 3, 4, 5
3. Mes de cosecha (Repetición): Enero, febrero y marzo, 2002.

Se realizaron cosechas en cada fase lunar en dos sitios por mes, por tres meses. Un total de 5 sitios fueron muestreados. El siguiente cuadro describe el diseño.

	Cosechas					
Fase lunar	Luna Nueva			Luna Llena		
Mes	enero	febrero	marzo	enero	febrero	marzo
Lugar	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 4	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 4
		Sitio 3	Sitio 5	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 5

Nota: Para la primera cosecha realizada en luna nueva en el mes de enero, únicamente se utilizó un lugar, debido a que en el momento era lo único que tenía disponible.

### B. Análisis de datos

El análisis estadístico se hizo con el programa SPSS versión 10 para Windows y se tomó un valor de P crítico de 0.1. Se realizó análisis exploratorios utilizando análisis de varianza de una vía para determinar la mejor manera de analizar el diseño. Primero se utilizó mes de cosecha como bloque del diseño, pero se determinó que era más apropiado utilizar los lugares como bloque. Los meses fueron utilizados en el resto del análisis como repetición.

Para determinar si las fases lunares tuvieron un efecto significativo sobre las variables estudiadas al momento de la cosecha (porcentaje de daño, porcentaje de humedad, número de insectos, etc.) se utilizó Anova de dos vías. Además, se hizo análisis de parcelas divididas (Split Plot Analysis) para estudiar las variables a través del tiempo durante los seis meses de almacenamiento.

## **C. Trabajo de campo**

### **Lugar de estudio**

Se evaluó parcelas en el campus del Altiplano de la Universidad del Valle y en una parcela cercana en el departamento de Sololá, Aldea El Tablón. Esta región se ubica aproximadamente a 2300 m SNM. Los cinco sitios fueron manejados por pequeños agricultores de subsistencia de la región. La siembra y manejo del maíz fue realizado por los agricultores mismos; en ninguno de los sitios fueron aplicados pesticidas. El Sitio 1 fue sembrado en abril, el sitio 2 en mayo y los sitios 3, 4 y 5 en junio del 2001. El hecho de tener meses corridos se escogió con el propósito de tener maíz aproximadamente de la misma edad fenológica al momento de cosechar en distintos meses.

### **Lugar de almacenaje**

Las mazorcas fueron almacenadas en una troja tradicional de dicha región en las instalaciones del Altiplano de la Universidad del Valle Altiplano. Fue construida por personas del área y consistió de una estructura rústica armada con una plataforma de madera y paredes hechas de vigas de bambú amarradas con cuerdas plásticas. Fue levantada 15 cm. del suelo por patas de madera. Medía aproximadamente 1.50 m de ancho y 2.0 m de alto y le fue colocada una puerta delantera para facilitar el acceso al interior (Hirst 1994, Canek 2000) (Figura 14).

Las muestras cosechadas se almacenaron por un período de seis meses dentro de la troja. Se colocaron separadas por tratamiento y fase lunar en que fueron cosechadas. De un lado de la troja se colocó las muestras provenientes de la luna llena y en el otro las provenientes de la luna nueva.

Se separaron para impedir que las muestras se confundieran y que se mezclaran las humedades. Las condiciones ambientales en la troja eran idénticas para ambos lados. Las mazorcas fueron colocadas en redes de lazo para evitar barreras físicas para los insectos.

## **Muestreo**

### Cosecha:

En cada cosecha se realizó lo siguiente:

- Se cosecharon aproximadamente 250 mazorcas al azar (utilizando una tabla de números aleatorios) de cada sitio. De esas 250 mazorcas se tomó 10 mazorcas y se colocaron en bolsas de papel kraft individuales para que no pudieran escapar los insectos presentes en ese momento. Luego otras 10 se colocaron juntas en una sola bolsa para ser transportadas al laboratorio. El resto de las mazorcas se colocaron en redes de lazo debidamente etiquetadas y se almacenaron en la troja. Inmediatamente después de cosechar, con las 10 mazorcas colocadas en las bolsas individuales se buscaron todos los insectos adultos presentes dentro de la bolsa, entre la tusa y en los granos, preservándolos en propanol al 80% para luego ser identificados. Luego, cada mazorca etiquetada se guardó en bolsas de tela (organza) de 15cm x 45 cm. Las bolsas fueron revisadas cada mes por dos meses para determinar el número de adultos emergidos. Esto permitió que los insectos en estado de huevo, larva y pupa provenientes del campo llegaran a estado adulto y pudieran ser identificados.

- Las 10 mazorcas llevadas al laboratorio se desgranaron e individualmente se les realizaron las siguientes mediciones fisiológicas:

- Peso de los granos.
  - Peso del olote
  - Promedio del peso de un grano (promedio del peso de 25 granos).
  - Porcentaje de humedad de la mazorca y del olote sobre base húmeda, con el método de horno de convección (Ramírez 1979, Hall 1980).
  - Volumen y densidad de los granos (promedio con base en 10 granos)
- (Estas mediciones se hicieron como apoyo en caso se encontrara diferencias)

significativas en las otras variables, con el propósito de encontrar posibles explicaciones) (com. pers. Bressani 2002).

Monitoreo de mazorcas y plagas en almacenamiento:

Un mes después de cada cosecha se tomaron 20 mazorcas (tratando de tomarlas tanto de los lados, como el fondo, centro y superficie) almacenadas en la troja provenientes de cada lugar. De éstas, diez mazorcas fueron tomadas para el conteo de insectos con la misma metodología descrita anteriormente. Otras cinco mazorcas fueron llevadas al laboratorio para la medición de características fisiológicas.

Las cinco mazorcas restantes fueron utilizadas para conteo y pesado de granos dañados y sanos. Esto permitió cuantificar el daño presente en el mes y por lo tanto en esa etapa de almacenaje. Para esta prueba se juntaron los granos de las cinco mazorcas y los sobrantes de la prueba física. De la totalidad de granos se tomaron 1000. Se revisó visualmente cada uno (en caso necesario se utilizó estereoscopio), separando los granos sanos de los dañados. El daño se determinó visualmente con la ayuda de la guía de Christensen y Kaufmann (1976) y Ramírez (1979). Se determinó las causas del daño según fueron causados por insecto, hongo, hongo e insecto u otras causas. Dentro de cada categoría clasificada se determinó el número de granos y la masa de éstos. Esto mismo se hizo para granos sanos y recuperables. Las cifras obtenidas se utilizaron para determinar el porcentaje de daño causado por cada categoría.

$$\% \text{ daño} = \frac{\text{nd (ps/ns)}}{\text{nd (ps/ns) + ps}} \times 100$$

donde:

nd= número de granos dañados

ps= peso de granos sanos

ns= número de granos sanos

pr= peso de granos recuperables (Hirst 1994; Gómez 1995).

### Daño por insectos un año después de las cosechas

Se realizó un pequeño muestreo aproximadamente un año después de la última cosecha para comparar el daño ocasionado por insectos entre las mazorcas cosechadas en luna nueva y luna llena. De cada tratamiento se tomó 4 mazorcas. En cada mazorca se observaron todos los granos dañados por consumo o contaminación por insectos y se comparó con el número total de granos.

$$\text{Porcentaje de daño} = (\text{granos dañados} / \text{granos sanos}) * 100$$

Los datos se analizaron con el programa de SPSS versión 10, con un análisis de varianza de dos vías.

### **D. Trabajo de laboratorio**

Este experimento utilizó individuos de *Sitophilus zeamais* para determinar si habían diferencias en humedad en el maíz cosechado en luna nueva con el cosechado en luna llena, en ambientes más controlados. Los gorgojos (*Sitophilus* spp.) han mostrado ser bastante susceptibles a diferencias en humedad (Smith 1993) y son la plaga común que causa grandes daños en almacenes de maíz alrededor del mundo (ICTA 1981; Saunders *et al.* 1983; CATIE 1990).

Se tomaron muestras de maíz provenientes de todas las cosechas (todos los sitios cosechados en las dos fases lunares y de los tres meses muestreados). Para cada tratamiento se colocaron 100g de grano en frascos plásticos de 250 g con 5 repeticiones por tratamiento. Cada frasco fue inoculado con cinco hembras y cinco machos adultos jóvenes. Para determinar el sexo, se observó el largo y ancho del pico (el de la hembra es más grueso).

Fue necesario asegurarse que todos los individuos utilizados fueran de la misma edad para evitar que algunas respuestas fueran por la edad y no por la variable en estudio. Para lograrlo, se permitió ovopositar hembras dentro de un recipiente y se utilizaron únicamente los adultos jóvenes. Luego de dos meses se hicieron mediciones de peso,

daño en el maíz y número de individuos presentes en cada muestra. Los datos fueron analizados utilizando análisis de varianza de dos vías con el programa SPSS 10 para Windows.

### III. RESULTADOS

#### A. ¿Cuáles insectos son introducidos del campo y cuáles invaden el maíz cuando ya está almacenado?

Se encontraron un total de 53 especies (morfo-especies) de diez órdenes. De éstas, 18 especies (34%) fueron encontradas al momento de la cosecha y también en el almacén. De éstas únicamente los Psocóptera son de importancia y es posible que fueron introducidos del campo al almacén. Su importancia no es porque consuman directamente el grano, si no por haberse encontrado en gran número pueden favorecer al aumento de la humedad. De las 53 especies, 13 fueron encontradas únicamente en la cosecha (25%). En el almacén se identificaron 22 especies que no aparecieron en la cosecha (41%); de éstas únicamente dos grupos son de importancia económica, de nuevo las familias de Psocóptera y una especie de Lepidoptera: *Sitotroga cerealella* Olivier (Gelechiidae: Lepidoptera). *S. cerealella* apareció hasta el segundo mes de almacenamiento y era muy notorio en la troja que iba aumentando en número mes con mes (Figura 10). Cuando una mazorca es ovopositada generalmente la pérdida de los granos es total, ya que realiza múltiples ovoposiciones y dejan una tela sedosa. *Ephestia cautella* Walker (Pyralidae: Lepidoptera) apareció hasta los cinco meses de almacenaje, pero por encontrarse tan pocos individuos no se consideró plaga, pero posiblemente es capaz de aumentar su población si se deja más tiempo almacenado. El siguiente cuadro (Cuadro 1), muestra un resumen de las distintas morfo-especies y familias encontradas en la cosecha y en el almacén.

Cuadro 1. Especies y morfo-especies encontradas en la cosecha y almacenamiento de maíz en troja. Las muestras fueron cosechadas en las fases de luna nueva y luna llena en enero, febrero y marzo del 2002, en cinco localidades de El Tablón, Sololá. (Las categorías fueron ordenadas por tipo de alimentación o comportamiento)

D= Depredadores H= Hongos (Fungívoros) M= Materia en descomposición (Detritívoros) O= Otro  
 P= Plaga Pl= Fitófagos Pr= Posibles parasitoides C= Coleoptera Co= Collembola D= Dermaptera  
 D= Diptera He= Hemiptera Ho= Homoptera Hy= Hymenoptera L= Lepidoptera P= Psocoptera  
 T= Thysanoptera

	Cosecha	6 meses de almacenaje	Orden	Categoría
Alleculidae 1	√		C	M
Anthicidae	√	√	C	M
Anthocoridae 1	√	√	He	D
Anthribidae1	√	√	C	F
Anthribidae 2		√	C	F
Anthribidae 3	√	√	C	F
Aphidae 1	√		Ho	Pl
Bethylidae		√	Hy	Pr
Bruchidae 1	√		C	O
Chrysomelidae 1	√		C	Pl
Cicadellidae 1		√	Ho	Pl
Coccinellidae 1	√		C	D
Coccinellidae 2	√	√	C	D
Coccinellidae 3	√	√	C	D
Coccinellidae 4		√	C	D
Collembola1	√	√	Co	M
Corylophidae 1		√	C	H
Cryptophagidae 1		√	C	H
Cucujidae		√	C	O
Dermaptera 1	√		D	D
Dryinidae		√	Hy	Pr
<i>Ephestia cautella</i>		√	L	P
Encyrtidae		√	Hy	Pr
Eupelmidae		√	Hy	Pr
Formicidae 1	√		Hy	D
Formicidae 2		√	Hy	D
Lathridiidae 1	√	√	C	H
Lathridiidae 2	√	√	C	H
Lathridiidae 3	√		C	H
Lathridiidae 4		√	C	H
Leiodidae 1		√	C	H
Nitidulidae1	√	√	C	M
Ostomidae1	√		C	O
Phalacridae 1	√		C	O
Phalacridae 2	√		C	O
Ploiariidae 1		√	He	D
Psocoptera 1	√	√	P	H
Psocoptera 2	√	√	P	H

Continuación Cuadro 1

	Cosecha	6 meses de almacenaje	Orden	Categoría
Psocoptera 3	√	√	P	H
Psocoptera 4	√	√	P	H
Pteromalidae 1	√	√	Hy	Pr
Reduviidae 1	√		He	O
Rhizophagidae 1	√	√	C	D
Rhizophagidae 2		√	C	D
Scelionidae 1		√	Hy	Pr
Sciaridae 1		√	D	M
Scydmaenidae 1		√	C	O
<i>Sitotroga cerealella</i>		√	L	P
Staphylinidae 1	√	√	C	O
Staphylinidae 2		√	C	O
Staphylinidae 3		√	C	O
Syrphidae 1	√		D	D
Thysanoptera 1	√	√	T	Pl

Además de las especies de insectos, se encontró que la troja era constantemente visitada por ratones o ratas. Se desconoce el número o la especie de roedores que frecuentaba, pero se encontró mazorcas mordidas, orina fresca e insectos que se encuentran en el pelo de ratas y ratones (“piojos”).

## B. ¿Hay más porcentaje de humedad en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva?

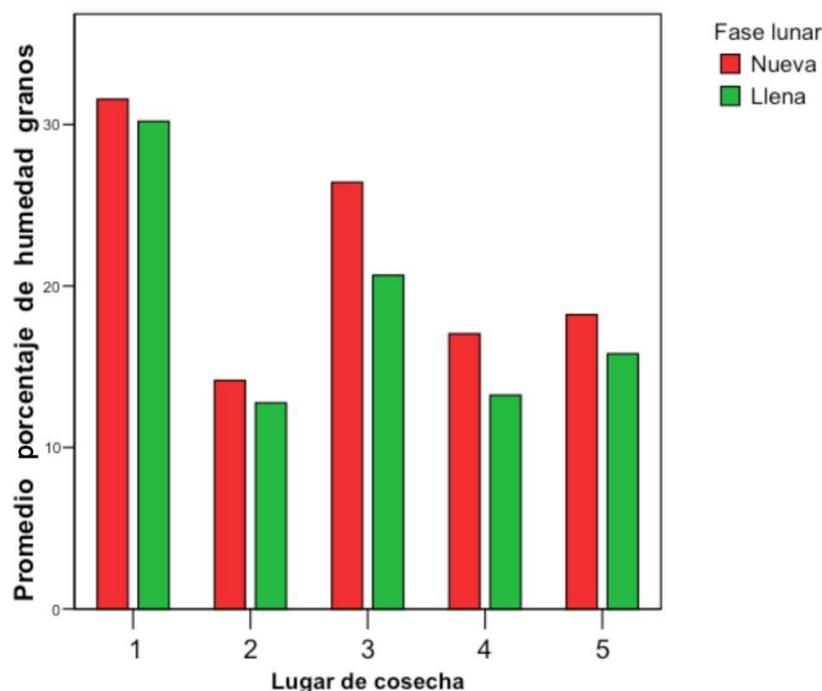
Se hizo análisis exploratorios usando ANOVA de tres vías y se determinó que no existen diferencias significativas entre meses de cosecha ( $F = 0.094$ ,  $p=0.774$ ). Se continuó analizando el efecto de la luna en el porcentaje de humedad del maíz con el análisis de ANOVA de dos vías, utilizando los sitios como bloques del diseño. Hay que tomar en cuenta que los bloques no contienen los mismos sitios entre cada repetición (mes). En la repetición 1 (mes de enero), se muestrearon los sitios 1 y 2, en la repetición 2 (mes de febrero) se muestrearon los sitios 2 y 3 y en la repetición 3 (mes de marzo) se muestrearon los sitios 4 y 5.

Al analizar la diferencia en el porcentaje de humedad en el maíz al momento de la cosecha en las dos fases lunares se encontró que la fase de luna nueva (21.48%) presentó significativamente mayor porcentaje de humedad ( $F=0.31$ ,  $p=0.031$ ), que la luna llena

(17.57%). Hay que tomar en cuenta que las muestras de luna llena estuvieron dos semanas más en el campo antes de ser cosechadas que las de luna nueva. También se encontró diferencia significativa ( $F=52.00$ ,  $p=.001$ ) en el porcentaje de humedad del maíz cosechado en las distintas localidades de muestreo, encontrándose mayor porcentaje de humedad en las mazorcas cosechadas en luna nueva que luna llena. De nuevo, hay que tomar en cuenta que los lugares estuvieron bajo distinto manejo, por lo que no se puede comparar entre dichas localidades. Aunque no es objetivo de este trabajo comparar entre localidades, es interesante observar que aunque son distintos sitios, cosechados en distintos meses y con distintos porcentajes de humedad promedios, la diferencia en el porcentaje de humedad de los granos entre las dos lunas es claro (Figura 1).

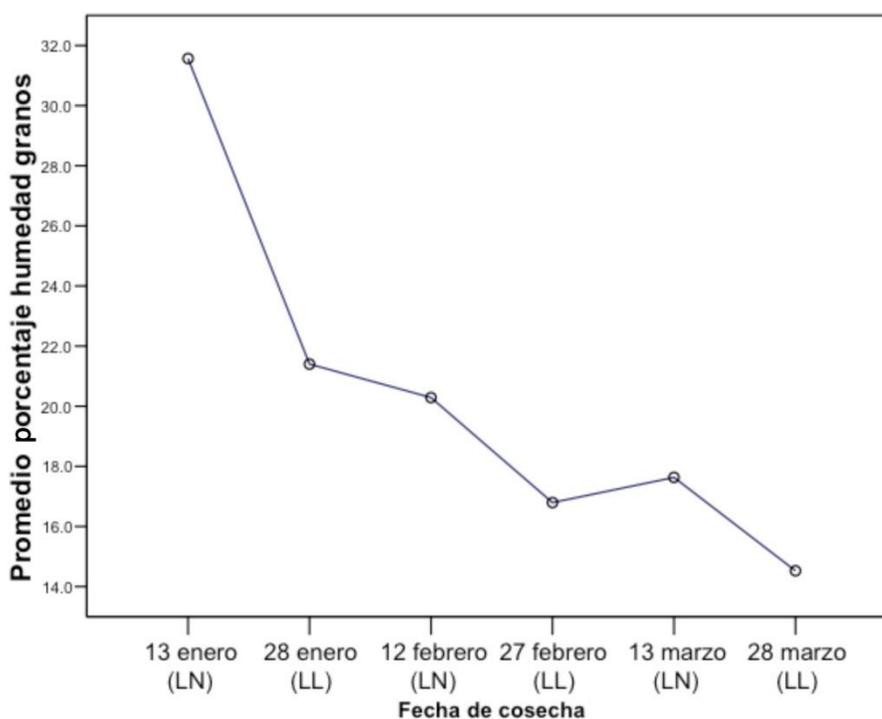
El análisis no mostró diferencia significativa ( $F=34.61$ ,  $p=0.127$ ) entre la interacción de fase lunar y el lugar de muestreo para el porcentaje de humedad encontrada en el maíz en la cosecha.

Figura 1. Promedio del porcentaje de humedad de los granos de maíz presente al momento de la cosecha en cada fase lunar en las distintas localidades de muestreo. Las colectas se realizaron en los meses de enero (sitio 1 y 2), febrero (sitio 2 y 3) y marzo (sitio 4 y 5) del 2002, durante luna nueva y luna llena, en el Tablón, Sololá.



Se pensó en alguna manera de analizar los datos del porcentaje de humedad presente en la cosecha sin la diferencia de dos semanas de más que estuvieron las mazorcas cosechadas en luna llena. Al graficar los datos de humedad en el tiempo, se puede ver (Figura 2) que a pesar de que la humedad efectivamente se perdió con el tiempo se ven picos en la fase de luna nueva indicando que si quitamos el efecto de las dos semanas habría la posibilidad que esta diferencia continuara siendo significativa.

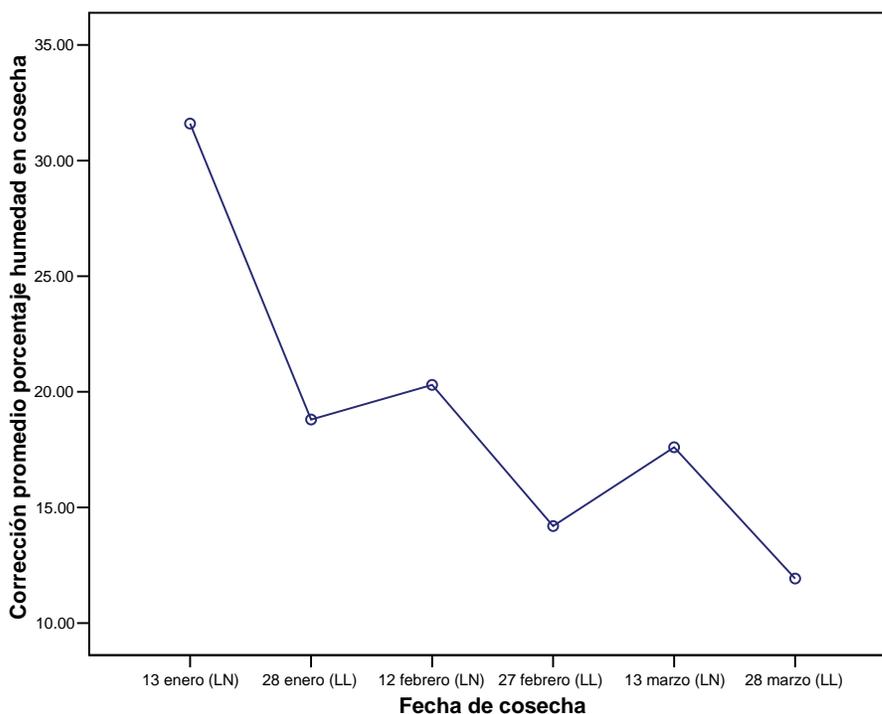
Figura 2. Promedio del porcentaje de humedad de los granos de maíz presente al momento de la cosecha en cada fase lunar. Las colectas se realizaron en enero, febrero y marzo 2002, durante luna nueva y luna llena, en 5 sitios en el Tablón, Sololá.



Se calculó el porcentaje de humedad que podría perderse si las mazorcas permanecieran dos semanas más en el campo. Primero se calculó utilizando los datos de almacenaje ya que allí se tenía más datos para calcular el cambio. Utilizando los datos de todos los sitios durante los seis meses se calculó que se perdía únicamente el 0.19%. Luego se hizo lo mismo para los datos de cosecha, calculado la humedad que se perdía en dos semanas y se encontró que en promedio era un 2.6%. Para el nuevo análisis se utilizó el dato de la cosecha (2.6%) para tener el peor escenario posible y no asumir que se

pierde la misma cantidad de humedad en la cosecha y durante el almacenamiento. Se restó este valor de todos los datos de porcentaje de humedad de las mazorcas cosechadas en luna llena (Figura 3). Al hacer el nuevo análisis (ANOVA 2 vías) se encontró de nuevo diferencia significativa ( $F=1532.693$ ,  $p=0.016$ ) en el porcentaje de humedad entre las cosechas de las dos lunas, habiendo más humedad en la cosecha de luna nueva (21.48%) que en luna llena (14.97%). De igual forma el porcentaje de humedad entre las localidades de nuevo mostró diferencias significativas ( $F=2081.633$ ,  $p=0.016$ ) y en el mismo orden descrito anteriormente. Para la interacción de fase lunar y lugar no se encontraron de nuevo diferencias significativas ( $F=0.129$ ,  $p=0.129$ ).

Figura 3. Corrección del promedio del porcentaje de humedad de los granos de maíz presente al momento de la cosecha en cada fase lunar. Las colectas se realizaron en enero, febrero y marzo 2002, durante luna nueva y luna llena, en 5 sitios en el Tablón, Sololá.

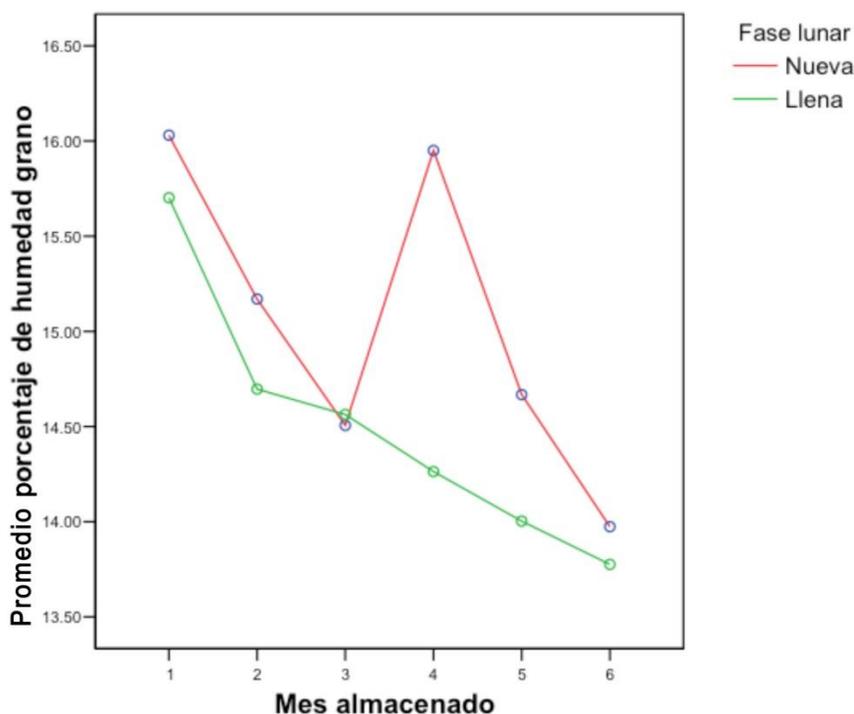


### **C. ¿Cómo se comporta el porcentaje de humedad durante seis meses de almacenamiento?**

Además de conocer el porcentaje de humedad al momento de la cosecha, es importante monitorear cómo la humedad se comporta durante la fase de almacenamiento por ser de importancia para el agricultor.

Los datos se analizaron primero mes por mes (efecto de cosechar en distintas fases lunares en el tiempo) con Análisis de Split Plot. Luego se juntaron estos datos y se analizaron con un ANOVA de dos vías para poder ver si hubo diferencias significativas en la humedad de los granos como promedio de los seis meses en almacén dependiendo de la fase lunar con la que se cosechó. En el primer análisis se determinó que durante los seis meses de almacenamiento, el porcentaje de humedad no presentó diferencias significativas ( $F= 0.16$ ,  $p=0.975$ ) entre las muestras cosechadas en luna nueva y luna llena. Es importante notar que, aunque las diferencias en el porcentaje de humedad de las muestras provenientes de las dos lunas son pequeñas entre sí, se mantiene en casi todos los casos (con excepción del mes tres) la relación de mayor porcentaje de humedad en las muestras cosechadas en luna nueva que en luna llena. El mes tres prácticamente contiene el mismo promedio de porcentaje de humedad en las dos fases lunares (luna nueva 14.5% y luna llena 14.6 %). Ver Figura 4.

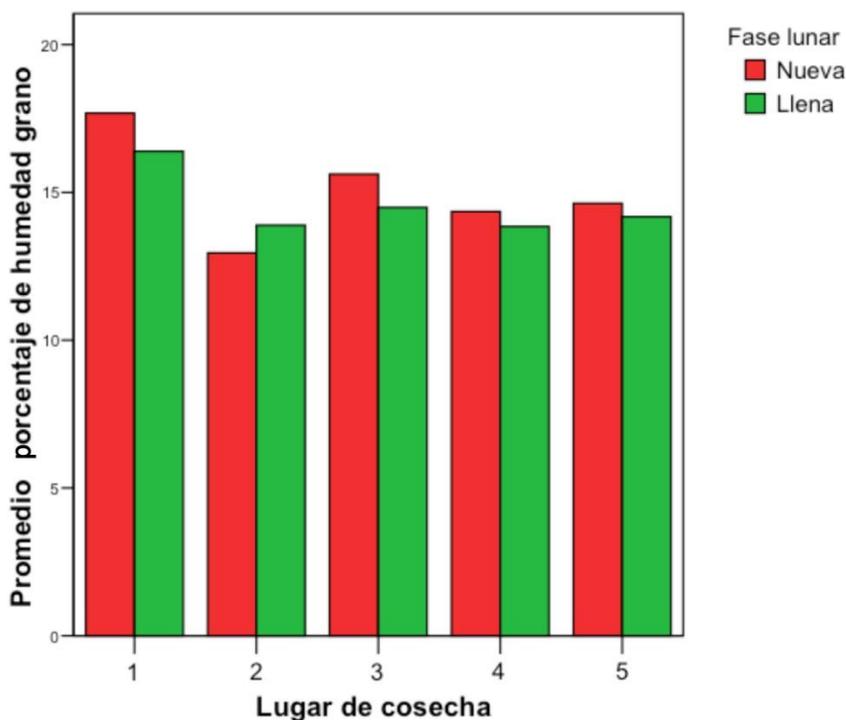
Figura 4. Promedio del porcentaje de humedad de los granos en cada mes de almacenamiento separado por fase lunar en la que fueron cosechadas las muestras. Los números no representan meses calendario, sino tiempo de almacenaje. Las mazorcas fueron almacenadas luego de cada cosecha. Las cosechas se realizaron en enero, febrero y marzo 2000 durante la luna nueva y luna llena, en 5 sitios en el Tablón, Sololá.



Luego de promediar los datos de los seis meses de almacenamiento por fase lunar de cosecha, encontramos que hay más porcentaje de humedad en las muestras de luna nueva (15.05%) que las provenientes de luna llena (14.74%), pero la diferencia no es significativa ( $F= 0.728$ ,  $p= 0.397$ ) ni muy grande. Luego se analizaron los datos de los seis meses de almacenamiento por lugar de cosecha y se puede observar que al igual que en la cosecha, hay diferencias significativas ( $F= 4.757$ ,  $p= 0.002$ ) entre los lugares de cosecha (Figura 5). De nuevo, no se pueden hacer comparaciones debido a que los lugares estuvieron bajo distinto manejo, pero es interesante observar que los lugares que al momento de la cosecha tuvieron mayor porcentaje de humedad lo mantiene a lo largo de los seis meses de almacenamiento. Haciendo referencia a la Figura 1 (cosecha) y Figura 5 (monitoreo), podemos claramente observar que, en la cosecha, el orden descendiente de porcentajes de humedad son: lugar 1 (31.11%), lugar 3 (23.54%), lugar 5 (17.57), lugar 4 (15.14%) y lugar 2 (13.23%). En el monitoreo también encontramos el mismo orden:

Lugar 1 (17.04%), lugar 3 (15.06%), lugar 5 (14.74%), lugar 4 (14.10%) y lugar 2 (13.56%).

Figura 5. Promedio del porcentaje de humedad de los granos después de seis meses almacenados separados por lugar de cosecha. Las mazorcas fueron almacenadas luego de cada cosecha. Las cosechas se realizaron en enero, febrero y marzo 2002, durante la luna nueva y luna llena, en 5 sitios en el Tablón, Sololá.



La interacción del porcentaje de humedad de granos entre fase lunar y lugar de cosecha después de los seis meses en almacenaje no mostraron ser significativa ( $F= 0.533$ ,  $p= 0.712$ ).

#### **D. ¿Hay mayor número de insectos en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva?**

Para determinar el número de insectos presentes en cada muestra al momento de la cosecha se tomaron en cuenta tanto los insectos adultos, como todas las etapas de desarrollo anteriores. Se encontraron poco número de insectos de cada morfoespecie,

por lo que los análisis se hicieron para el número de insectos totales y luego se colocaron en distintas categorías. Los análisis exploratorios con ANOVA de tres vías mostraron de nuevo que el mes de cosecha no causó diferencias significativas para el número total de insectos ( $F= 2.406$ ,  $p=0.196$ ). En este análisis también se tomó lugar como el bloque del diseño.

No se encontró diferencias significativas ( $F= 2.66$ ,  $p= 0.350$ ) entre luna nueva (Media= 53.6 individuos) y luna llena (Media = 26.5 individuo) para el número total de insectos al momento de la cosecha. Haciendo referencia a los datos anteriores aunque no se encontraron diferencias significativas se encontró el doble de insectos en las mazorcas de luna nueva que las cosechadas en luna llena. Para las localidades no se encontraron diferencias significativas para el número de insectos totales ( $F= 2.841$ ,  $p= 0.415$ ), ni tampoco para la interacción de luna y lugar ( $F=0.943$ ,  $p=0.639$ ).

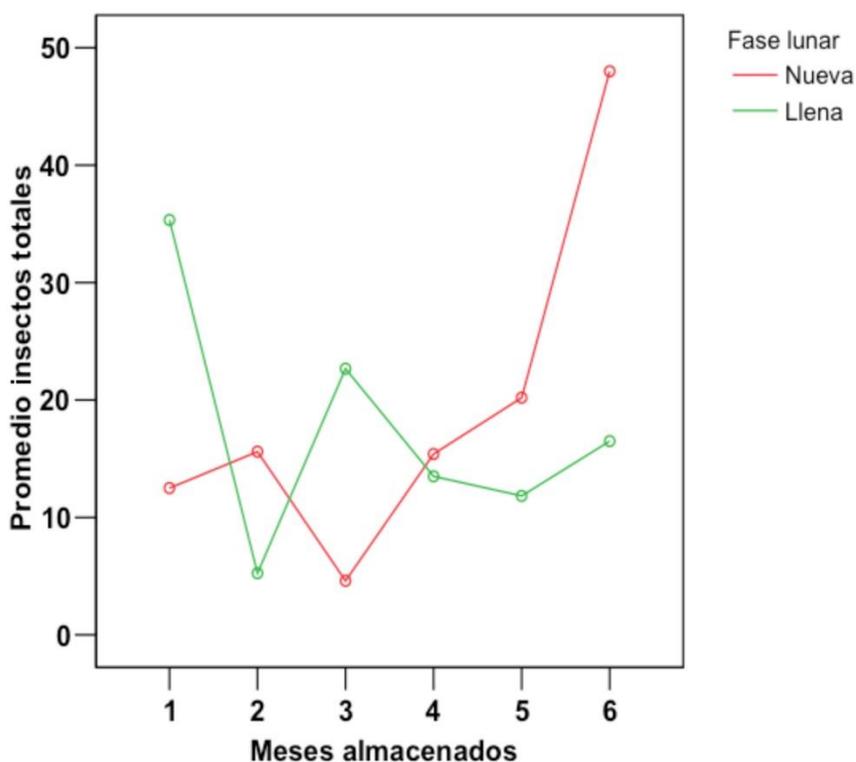
Luego se analizaron los individuos divididos en dos categorías: insectos fungívoros y enemigos naturales. No se analizaron las categorías de plaga y fitófagos porque sólo se encontró un individuo de la familia Bruchidae, familia que no está reportada como plaga en maíz almacenado y los fitófagos porque no eran de interés para fines de granos almacenados. El propósito de separar los insectos en categorías se hizo para ver si existía diferencia dentro de algún grupo pero que no pudiese ser notada al estar dentro del total. Esto se basó, como mencionado en la literatura, en que distintos grupos pueden presentar comportamientos distintos a un mismo factor. Ninguna de las dos categorías mostraron diferencias significativas entre luna nueva y luna llena (Fungívoros:  $F= 1.146$ ,  $p=0.478$  , Enemigos Naturales:  $F= 3.368$ ,  $p= 0.318$ ). Aunque no significativo y pocos individuos en cada categoría, se encontró casi el doble de individuos en las muestras de las cosechas en luna nueva (Promedio fitófagos= 33.2, enemigos naturales= 8.4), que en las de luna llena (Promedio fitófagos= 18.7, enemigos naturales= 3.5). Para ninguna de las categorías se encontró diferencias significativas entre los distintos lugares ((Fungívoros:  $F= 1.911$ ,  $p=0.490$ , Enemigos Naturales:  $F= 2.565$ ,  $p= 0.434$ ); ni para la interacción entre fase lunar y lugar de cosecha (Fungívoros:  $F= 0.498$ ,  $p=0.771$ ) , Enemigos Naturales:  $F= 1.554$ ,  $p= 0.533$ ).

### E. ¿Cómo se comportan los insectos en el maíz cosechado en cada fase lunar durante seis meses de almacenamiento?

Por haberse encontrado muy poco número de individuos por familia, los análisis se hicieron para el número total de insectos y luego se colocaron en distintas categorías. Se llevó a cabo el análisis de Split Plot para determinar lo que sucedió a lo largo de los seis meses almacenados. Luego se juntaron y se promediaron los datos para ser analizados con un ANOVA de dos vías para ver si hubo un efecto global de luna en los insectos durante todo el tiempo que estuvieron almacenados.

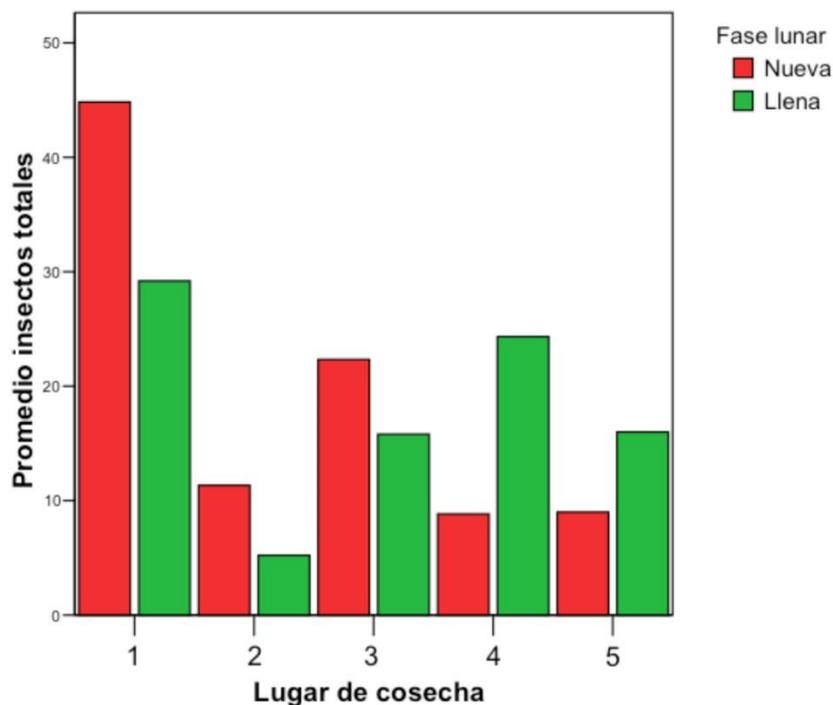
No se encontraron diferencias significativas en el número de insectos totales y el mes de almacenamiento ( $F=1.20$ ,  $p= 0.331$ ). Tampoco se encontraron diferencias significativas en el número de insectos totales entre las dos fases lunares a través de los meses almacenados ( $F= 0.02$ ,  $p= 0.900$ ). Por último, la interacción de fase lunar y mes de almacenaje tampoco mostró ser significativa ( $F= 1.95$ ,  $p= 0.112$ ). (Ver figura 6).

Figura 6. Promedio de insectos totales en cada mes de almacenamiento separado por fase lunar en la que fueron cosechadas las muestras. Los números no representan meses calendario, sino tiempo de almacenaje. Las mazorcas fueron almacenadas luego de cada cosecha. Las cosechas se realizaron en enero, febrero y marzo 2002, durante la luna nueva y luna llena, en 5 sitios en el Tablón, Sololá.



Al juntar los datos de todos los meses de almacenamiento y analizarlos por fase lunar en que fueron cosechados, encontramos que para el número total de insectos hubo un promedio mayor de individuos en luna nueva (19.62 individuos) que en luna llena (16.58 individuos), pero la diferencia fue pequeña y no significativa ( $F= 0.042$ ,  $p= 0.839$ ). Sí se encontró diferencias significativas entre los lugares de cosecha ( $F= 3.032$ ,  $p= 0.026$ ) (Figura 7). Haciendo referencia a las Figuras 1 y 5 (porcentaje de humedad en los granos en la cosecha y almacenamiento) y comparándola con la Figura 7 parece haber una relación entre el porcentaje de humedad tanto en la cosecha, como en el período de almacenaje y el número de insectos totales. Por otro lado la interacción de fase lunar y lugar de cosecha no fue significativa para el número total de insectos luego de los seis meses almacenados ( $F= 0.937$ ,  $p= 0.450$ ).

Figura 7. Promedio del número de insectos totales después de seis meses almacenados separados por lugar en que fueron cosechados. Las mazorcas fueron almacenadas luego de cada cosecha. Las cosechas se realizaron en enero, febrero y marzo 2002, durante la luna nueva y luna llena, en 5 sitios en el Tablón, Sololá.



Para el análisis por categorías, los insectos se subdividieron en los siguientes grupos: plaga, enemigos naturales, fungívoros, detritívoros y fitófagos. En el primer análisis (ver Cuadro 2) a través de los seis meses podemos ver que en ninguno de los grupos se encontró diferencias significativas en el número de insectos entre las fases lunares en las que se cosechó el maíz. Es interesante notar que algunos grupos no mostraron la misma respuesta a la misma fase lunar. Los insectos plaga (*Sitotroga cerealella* (Gelechiidae: Lepidoptera) y *Ephestia cautella* (Pyralidae: Lepidoptera)) y los insectos fitófagos mostraron mayor número de individuos en las mazorcas cosechadas durante la luna llena, mientras los grupos fungívoros, enemigos naturales y detritívoros mostraron mayor número en las mazorcas cosechadas en luna nueva. En cuanto al efecto del mes de almacenaje (Cuadro 2), es significativo para *S. cerealella*, enemigos naturales y fitófagos. No fue significativo en el caso de *E. cautella*, fungívoros y detritívoros. Los insectos fitófagos desaparecieron luego de la mitad del segundo mes de almacenamiento; los detritívoros dejan de aparecer en la primera mitad del tercer mes. Los enemigos naturales se mantuvieron durante los seis meses de almacenamiento aunque en números muy bajos y parecen mostrar un patrón (con excepción del tercer mes), en donde hay un mayor número en las muestras provenientes de la cosecha en luna nueva aunque no significativo (Figura 8). Los fungívoros también estuvieron presentes en todos los meses de almacenamiento y parece que empiezan a mostrar un patrón a partir del cuarto mes de almacenamiento, donde hay mayor número de individuos en luna nueva que luna llena (Figura 9). Por último, los insectos plaga no están desde el primer mes de almacenamiento; *S. cerealella* apareció en el segundo mes de almacenaje y *Ephestia cautella* hasta el cuarto. En ambas el número de individuos aumentó conforme aumentó el tiempo de almacenamiento; parecen tener un patrón en donde hay más individuos en luna llena que en luna nueva, aunque esta diferencia no es significativa (Figura 10 y 11 y Cuadro 2).

Cuadro 2. Resumen del valor de F y la significancia p (entre paréntesis) del Análisis de Split Plot para determinar la significancia entre el número de insectos en cada categoría y los distintos factores de estudio durante el tiempo de almacenaje. (Nota: *Sitotroga cerealella* y *Ephestia cautella* fueron desglosados del grupo Plaga, por ser especies de importancia)

Grupo	Entre Meses de Almacenamiento	Entre Fases Lunares	Fase Lunar en la que hubo mayor número de insectos	Interacción Fase Lunar y Mes de Almacenamiento
Plaga	4.34 (0.003)	1.19 (0.337)	Llena	0.95 (0.462)
<i>Sitotroga cerealella</i>	4.17 (0.004)	1.46 (0.293)	Llena	0.92 (0.479)
<i>Ephestia cautella</i>	1.93 (0.113)	0.24 (0.649)	Llena	0.39 (0.854)
Fungívoros	1.89 (0.120)	0.39 (0.567)	Nueva	2.79 (0.031)
Enemigos Naturales	2.54 (0.046)	1.78 (0.253)	Nueva	0.83 (0.537)
Detritívoros	1.50 (0.214)	0.17 (0.698)	Nueva	0.78 (0.567)
Fitófagos	2.70 (0.036)	3.21 (0.148)	Llena	1.24 (0.309)

Figura 8. Promedio de enemigos naturales en cada mes de almacenamiento separado por fase lunar en la que fueron cosechadas las muestras. Los números no representan meses calendario sino tiempo de almacenaje. Las mazorcas fueron almacenadas luego de cada cosecha. Las cosechas se realizaron en enero, febrero y marzo 2002, durante la luna nueva y luna llena, en 5 sitios en el Tablón, Sololá.

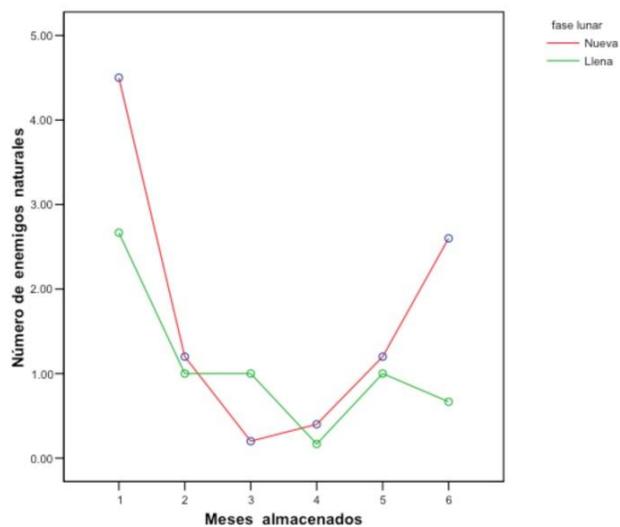


Figura 9. Promedio de insectos fungívoros en cada mes de almacenamiento separado por fase lunar en la que fueron cosechadas las muestras. Los números no representan meses calendario, sino tiempo de almacenaje. Las mazorcas fueron almacenadas luego de cada cosecha. Las cosechas se realizaron en enero, febrero y marzo 2002, durante la luna nueva y luna llena, en 5 sitios en el Tablón, Sololá.

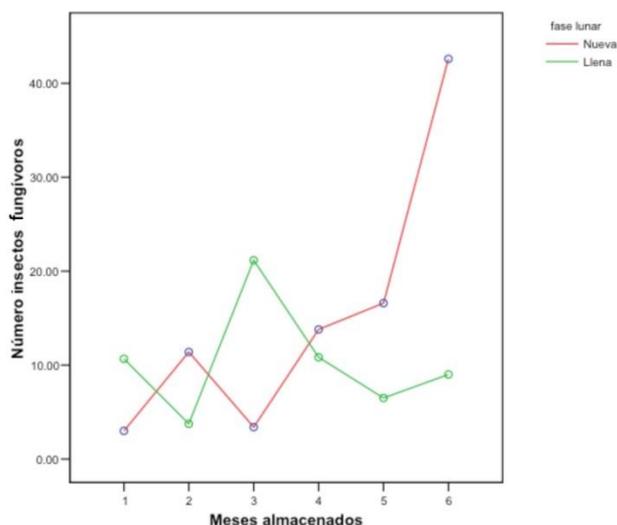


Figura 10. Promedio de *Sitotroga cerealella* en cada mes de almacenamiento separado por fase lunar en la que fueron cosechadas las muestras. Los números no representan meses calendario, sino tiempo de almacenaje. Las mazorcas fueron almacenadas luego de cada cosecha. Las cosechas se realizaron en enero, febrero y marzo 2002 durante la luna nueva y luna llena en 5 sitios en el Tablón, Sololá.

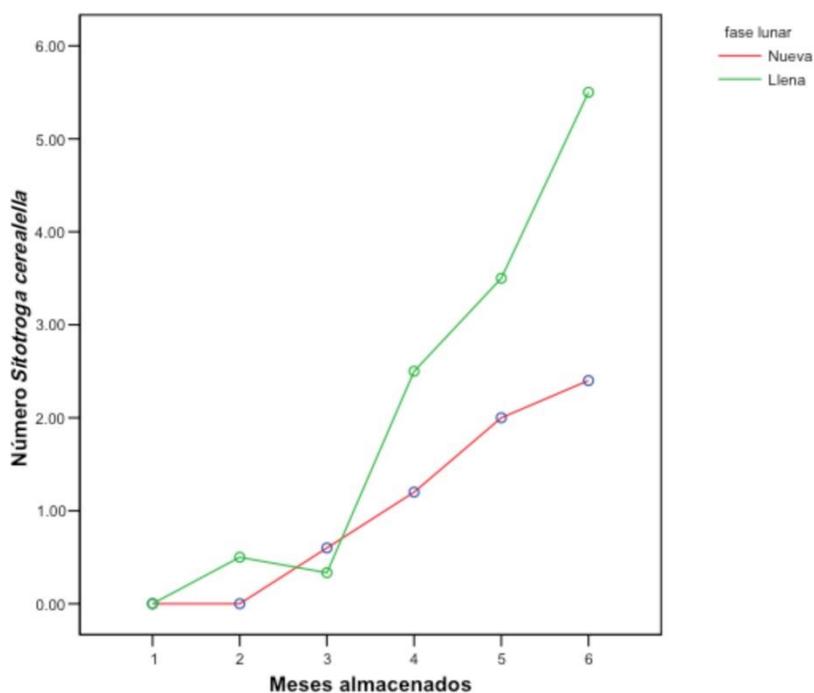
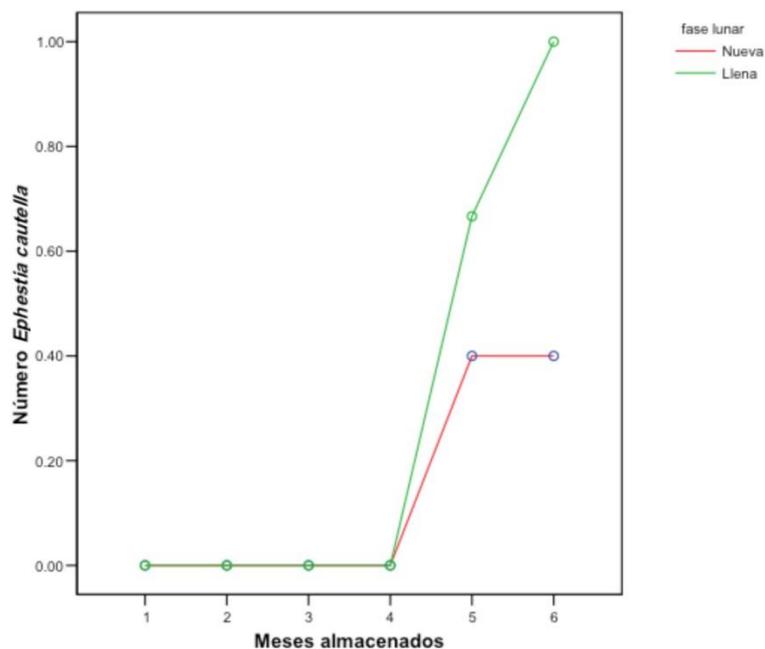


Figura 11. Promedio de *Ephestia cautella* en cada mes de almacenamiento separado por fase lunar en la que fueron cosechadas las muestras. Los números no representan meses calendario, sino tiempo de almacenaje. Las mazorcas fueron almacenadas luego de cada cosecha. Las cosechas se realizaron en enero, febrero y marzo 2002, durante la luna nueva y luna llena, en 5 sitios en el Tablón, Sololá.



Al realizar los análisis de ANOVA de dos vías, juntando todos los datos de los insectos por categorías de los seis meses almacenados, únicamente el lugar de cosecha mostró ser significativo para algunos grupos y la diferencia en cosechar por fase lunar fue significativa sólo para *S. cerealella* (Cuadro 3). Como mencionado anteriormente, debido al diseño experimental no se puede hacer comparaciones entre lugares. El Cuadro 3 muestra el número de individuos promedio que había en cada grupo por fase lunar, en todos los casos el número es relativamente bajo.

Cuadro 3. Resumen del valor de F y la significancia p (entre paréntesis) del Análisis de ANOVA de dos vías para determinar la significancia entre el número de insectos en cada categoría y los distintos factores de estudio juntando todos los datos provenientes del período de almacenamiento.

Grupo	Promedio de individuos en luna nueva	Promedio de individuos en luna llena	Fase lunar	Lugar	Interacción Luna x Lugar
Plaga	1.2	2.7	2.881 (0.096)	2.638 (0.045)	0.858 (0.496)
<i>Sitotroga cerealella</i>	1.1	2.4	3.070 (0.086)	2.737 (0.039)	0.719 (0.583)
<i>Ephestia cautella</i>	0.1	0.3	0.872 (0.355)	2.897 (0.031)	1.426 (0.239)
Fungívoros	16	11	0.597 (0.443)	1.905 (0.124)	1.316 (0.277)
Enemigos Naturales	1.6	0.9	1.141 (0.291)	1.261 (0.298)	0.944(0.446)
Detritívoros	0.14	0.06	0.276 (0.602)	2.784 (0.036)	0.126 (0.973)
Fitófagos	1	2.1	0.561 (0.457)	2.320 (0.070)	0.649 (0.630)

### **F. ¿Hay mayor reproducción de *Sitophilus zeamais* en el maíz cosechado el luna llena que en luna nueva? (Experimento de laboratorio)**

Las muestras cosechadas en luna nueva permanecieron por error dos semanas más en los frascos que las muestras de la cosecha de luna llena. El análisis se hizo primero con estos datos y luego se realizó un análisis con un estimado para corregir los datos.

Después de dos meses de haber inoculado las muestras, se encontró que *Sitophilus zeamais* Motschulsky no logró reproducirse durante los dos meses que permanecieron en los frascos. La mayoría de organismos habían muerto y en otros casos estaban únicamente los diez iniciales. Aunque el *S. zeamais* no logró establecerse para poder determinar si las diferencias en humedad en el maíz cosechado en las dos fases lunares los afectaban en alguna manera, se encontraron diferencias en *Sitotroga cerealella*. Este organismo no fue inoculado, si no se encontraba presente en algún estadio dentro del grano cuando las muestras fueron colocadas en los frascos.

Luego de evaluar los datos con el análisis de ANOVA de dos vías se observó que tanto para el número de pupas como para el número de adultos de *S. cerealella* hubo una diferencia significativa entre el número de individuos y la fase lunar en que fueron cosechadas las muestras (pupas:  $F= 24.833$ ,  $p=0.004$ ; adultos:  $F=32.810$ ,  $p= 0.002$ ). En ambos casos se encontraron más individuos promedio en luna nueva (adultos= 91.4,

pupas= 159.1) que en luna llena (adultos= 15.6, pupas=32.8), al contrario de lo encontrado en el campo. Pero, las muestras de luna nueva tuvieron dos semanas de ventaja. Para contrarrestar este error, se hizo un estimado del número de individuos adultos que pudieron haberse encontrado en las muestras de luna llena si el muestreo hubiera sido dos semanas después. *S. cerealella* dura de 8 a 11 días en pasar de pupa a adulto, si las muestras de luna llena hubieran permanecido dos semanas más en los frascos, todas las pupas hubiesen podido convertirse en adultos. En el nuevo análisis se sumó únicamente a los datos cosechados en luna llena, el número de pupas que había en cada frasco con el número de adultos. En este nuevo análisis la diferencia entre las muestras de las cosechas de las dos fases lunares dejó de ser significativa ( $F= 1.615$ ,  $p= 0.260$ ). Aunque, las muestras de la cosecha en luna nueva (media = 91.4) tuvieron casi el doble de individuos que las cosechadas en luna llena (media= 48.4).

Además de ver el número de individuos se hicieron análisis del porcentaje de daño. Al igual que en el campo, hubo más porcentaje de daño en las muestras cosechadas durante luna nueva (57.93%) que en luna llena (14.34%), pero esta vez sí fue significativa la diferencia ( $F= 18.700$ ,  $p= 0.008$ ) (Figura 16A, 16B). Por último, también se hizo un análisis en donde se encontró que hubo significativamente ( $F= 7.917$ ,  $p= 0.020$ ) mayor pérdida en el peso en las muestras de la cosecha de la luna nueva (4 %) que las provenientes de la luna llena (2%).

### **G. ¿Hay más daño en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva a lo largo de seis meses de almacenamiento?**

Además de conocer el comportamiento del porcentaje de humedad y la cantidad de insectos presentes en las muestras durante los seis meses de almacenamiento, es muy importante determinar el porcentaje de daño. Es en términos de esta variable que va a depender el posible consumo y venta por el agricultor. El daño se midió primero como daño total y luego se separó por daño causado únicamente por insectos.

Durante los seis meses de almacenamiento se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de daño entre cada mes ( $F=2.11$ ,  $p= 0.095$ ) pero no mostró ningún patrón. El daño no aumentó con el tiempo y varió aproximadamente entre 3 y 10

por ciento a lo largo de los seis meses (Figura 12). Tampoco hubo diferencia significativa entre el porcentaje de daño entre las distintas fases lunares en que fueron cosechadas las muestras a través de los seis meses almacenados ( $F= 0.16$ ,  $p= 0.708$ ) (Figura 13).

Figura 12. Promedio del porcentaje de daño total en cada mes de almacenamiento. Los números no representan meses calendario, sino tiempo de almacenaje. Las mazorcas fueron almacenadas luego de cada cosecha. Las cosechas se realizaron en enero, febrero y marzo 2002, durante la luna nueva y luna llena, en 5 sitios en el Tablón, Sololá.

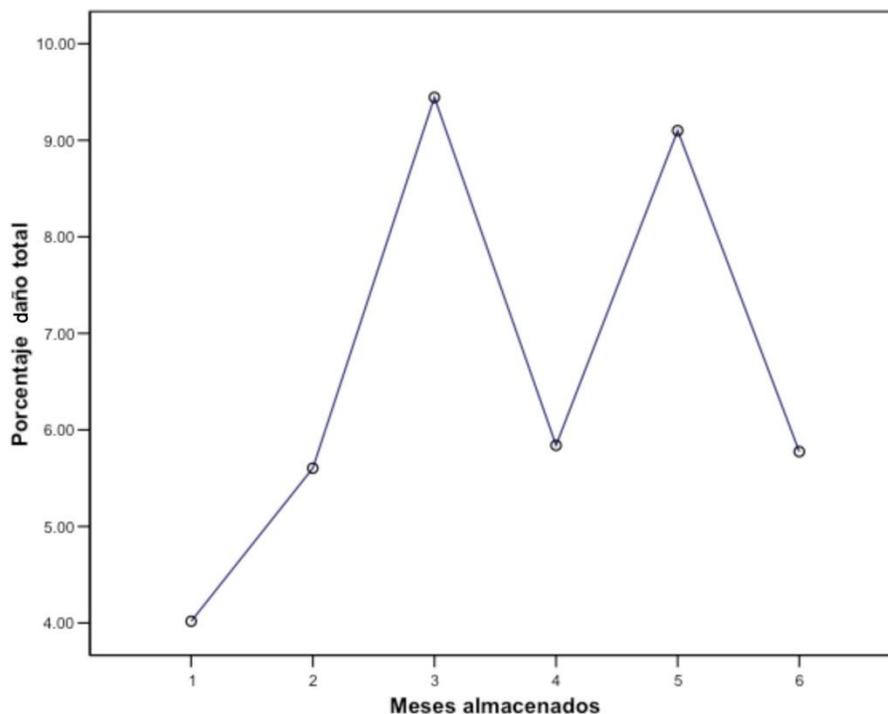
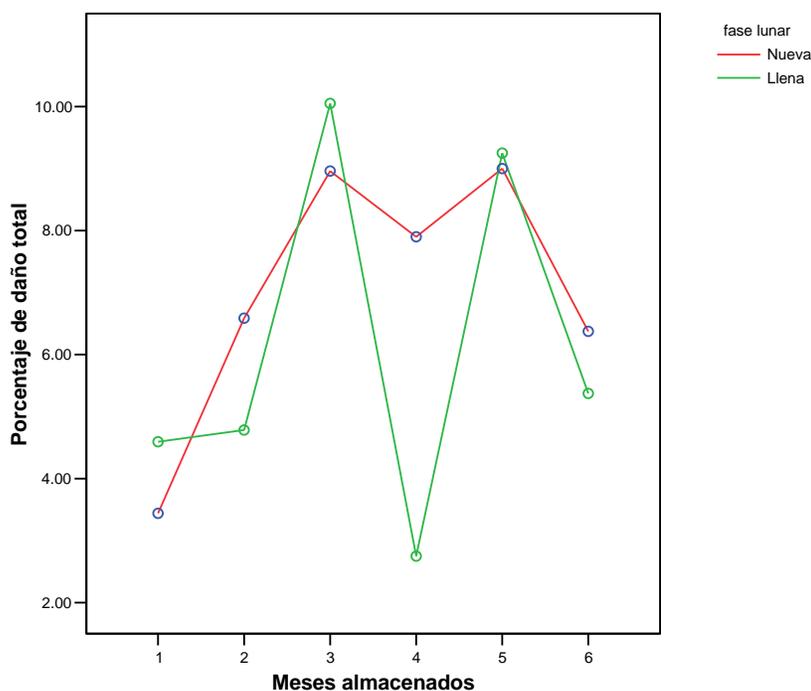


Figura 13. Promedio del daño total en cada mes de almacenamiento separado por fase lunar en la que fueron cosechadas las muestras. Los números no representan meses calendario, sino tiempo de almacenaje. Las mazorcas fueron almacenadas luego de cada cosecha. Las cosechas se realizaron en enero, febrero y marzo 2002, durante la luna nueva y luna llena, en 5 sitios en el Tablón, Sololá.



Al separar el porcentaje de daño en daño ocasionado por insectos, no se encontró diferencias significativas en el porcentaje de daño entre los meses de almacenamiento ( $F=0.51$ ,  $p=0.766$ ), entre las fases lunares en las que fueron cosechadas las muestras ( $F=0.65$ ,  $p=0.467$ ), ni tampoco entre la interacción de fase lunar y mes de almacenamiento ( $F=0.80$ ,  $p=0.559$ ).

Al juntar todos los datos de los seis meses de almacenamiento, para ver el efecto global, tampoco se encontraron diferencias significativas entre las cosechas de las dos fases lunares en el daño total ( $F=0.245$ ,  $p=0.624$ ), ni en el daño por insecto ( $F=1.068$ ,  $p=0.308$ ). Aunque no significativo, hubo mayor daño en general en las muestras provenientes de la luna nueva (6.8%) que en luna llena (5.9%). Al separar el daño por insecto fue distinto, hubo mayor daño en luna llena (1.3%) que en luna nueva (1%), coincidiendo con la fase lunar en donde se encontraron mayor número de insectos plaga (ver figura 10 y 11).

## **H. ¿Hay más daño en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva después de un año en almacenamiento?**

Luego de casi un año de la primera cosecha se hizo este pequeño muestreo en donde se midió el daño entre las muestras cosechadas durante las dos fases lunares. En general se puede decir que el daño fue casi exclusivamente por *S. cerealella*. Los granos dañados no sólo se encontraron consumidos, si no contaminados por desechos, restos corporales y pupas de este insecto. Luego de analizar los datos de porcentaje de daño entre las muestras cosechadas en luna nueva y luna llena encontramos una diferencia altamente significativa ( $F= 14.939$ ,  $p= 0.001$ ). Hubo 50.22 % de daño en las muestras provenientes de la cosecha en luna nueva, mientras únicamente un 19.30% en las cosechadas en luna llena. Esto representa 2.6 veces más daño en el maíz sólo por haber sido cosechado en luna nueva y no en luna llena.

## **I. ¿Cómo son las condiciones de almacenamiento en esta región?**

Al momento que las mazorcas ya están maduras, se observó que los agricultores realizan distintas prácticas antes de cosechar y almacenar sus mazorcas. Algunos realizan la “dobla”, en donde quiebran el tallo de la planta y las dejan un tiempo para que se sequen en el campo. Otros observan las fases lunares para determinar cuándo “tapiscar” (cosechar). Algunos agricultores luego de cosechar amarran varias mazorcas con un lazo y las cuelgan expuestas al sol, o las colocan sobre mantas en los patios para que allí se sequen. Muchos utilizan combinaciones de las prácticas anteriores para maximizar el secado de los granos para luego almacenarlos o en otros casos almacenan el maíz inmediatamente después de la cosecha.

El agricultor en esta región no acostumbra utilizar insecticidas para el maíz que tiene almacenado. Utiliza ciertas prácticas tradicionales como mantener el maíz cerca de fuentes de humo, rociarlo con cal o quitar los insectos dañinos manualmente. Las cosechas nuevas son almacenadas en las mismas estructuras en donde se encuentran las mazorcas de la cosecha del año anterior. No se evaluaron las prácticas que realizan los agricultores para limpiar las trojas entre distintos años de cosecha, o si realizan alguna.

Durante los meses trabajados en esta región se pudo apreciar que el agricultor tiene conocimiento de los organismos que los afecta y en las épocas en que estos son más frecuentes. Muy poco de los procesos ecológicos y fenológicos de los organismos son comprendidos, en su mayoría se les atribuyen a sucesos no científicos. En esta experiencia se pudo observar el interés del agricultor tanto en aprender nuevo conocimiento como en compartir y enseñar lo que ellos saben. En la mayoría de los casos fue necesario primero crear una relación de confianza antes de que empezaran a compartir sus experiencias y conocimientos y empezaran a hacer preguntas. No se trabajó con agricultores jóvenes, pero los mayores mencionaron varias veces que estos ya no tienen el interés en aprender sobre “la tierra” y los organismos que viven en ella, y que prefieren aplicar pesticidas sintéticos para tratar los problemas de plagas cuando éstas se presentan. Aparentemente la generación joven no monitorea niveles de daño o número de insectos, si no la simple presencia de algunos individuos ya es razón para la aplicación de químicos.

## IV. DISCUSIÓN

### A. ¿Cuáles insectos son introducidos del campo y cuáles invaden el maíz cuando ya está almacenado?

De las 53 especies totales únicamente dos fueron importantes, *S. cerealella* y las especies del Orden Psocóptera. De las 18 especies compartidas entre el campo y el almacén, únicamente Psocóptera es de importancia debido a que se encontró en prácticamente todas las muestras. Según la guía del Museo Británico de Historia Natural de “Common insect pests of stored food products” (1989) los psocópteros son un buen indicador de condiciones húmedas en donde hay existencia de hongos. Pueden ocasionar daño tanto por sus desechos y/o por daño ocasionado al raspar el hongo de la superficie de los granos. Aunque este organismo no es de importancia económica, su presencia en el campo podría usarse como organismo indicador en esta localidad para determinar si los granos necesitan o no secado adicional antes de ser almacenados.

La única especie considerada de importancia económica en la troja fue *Sitotroga cerealella*, ya que fue la única que ocasionó daño visible en el maíz. No fue acarreada del campo a la troja, sino atacó los granos desde el segundo mes de almacenamiento. No se encontró ningún enemigo natural (depredador o parasitoide) que podría servir de control biológico para la especie, por lo que las prácticas culturales preventivas son aún más importantes.

### B. ¿Hay más porcentaje de humedad y por lo tanto más insectos en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva?

Los datos estadísticos mostraron que sí hay diferencia en el porcentaje de humedad entre cosechar maíz en luna nueva que en luna llena. Al contrario de la hipótesis planteada, se encontró significativamente mayor porcentaje de humedad en los granos cosechados en luna nueva que en luna llena. La Figura 3 muestra claramente los picos de humedad en las cosechas realizadas en luna nueva aún con la corrección de las dos semanas que tenían las muestras de luna llena (en esta figura todas las muestras tienen el

mismo tiempo de permanencia en el campo). Este dato coincide con lo mencionado por los agricultores del altiplano de Guatemala, pero no con la información en algunos artículos en los cuales se basó la hipótesis. Los granos cosechados en luna nueva presentaron un 21.48% de humedad, mientras los de la luna llena un 17.57%. Según varios autores (Smith 1969, Christensen y Kaufmann 1976, Ramírez 1979, Hall 1980, FAO 1993, Hosney 1994) el porcentaje de humedad óptimo para buenas condiciones en almacenamiento varía entre el 10 y 15%. El porcentaje de humedad en las cosechas hechas en la luna nueva están aproximadamente 6.5% por encima de lo recomendado, mientras las cosechas hechas en luna llena aproximadamente 2.6%. Haciendo referencia a la Figura 1, la mayoría de los lugares tienen el porcentaje de humedad adecuado. Igualmente se recomendaría combinar con otras prácticas para continuar secando los granos antes de ser almacenados.

Aunque no se pueden hacer comparaciones entre las localidades (por haber sido sujetas a distinto manejo) es interesante notar que aunque son distintos sitios, cosechados en distintos meses y con distintos promedios de porcentaje de humedad se ve un patrón en las humedades entre cosechas en luna nueva y luna llena. En todos los lugares hay más humedad en luna nueva que en luna llena (ver Figura 1).

Se esperaba que si había mayor porcentaje de humedad en alguna de las dos cosechas, que éstas presentarían mayor número de insectos. En este caso se esperaba mayor número de insectos en la cosecha realizada en luna nueva. Aunque la diferencia no fue significativa, como esperado sí se encontraron más insectos en las muestras que presentaron más humedad (luna nueva), tanto en los insectos totales como en las distintas agrupaciones. Esto probablemente se deba a que la humedad es un factor determinante en el desarrollo de de estos organismos. Este hecho fortalece la creencia de diversos agricultores en que los productos cosechados durante la fase de luna llena contienen menos humedad y por lo tanto menor número de insectos, comparado con los cosechados en luna nueva.

### **C. ¿Cómo se comporta la humedad durante seis meses de almacenamiento?**

Conocer el porcentaje de humedad y el número de insectos durante el almacenamiento es importante ya que se quiere que los granos se mantengan con la mejor calidad posible. Entre mejor conservados estén se garantiza que puedan ser consumidos y vendidos durante más tiempo, maximizándose el valor para el agricultor.

Aunque el porcentaje de humedad entre el maíz cosechado durante las dos lunas no presentaron diferencias significativas a lo largo de los seis meses, puede verse (Figura 4) que en la mayoría de los casos, se mantuvo la relación de mayor porcentaje de humedad en las muestras cosechadas en luna nueva que en las de luna llena. Esto nos dice que sí es importante el porcentaje de humedad inicial con que se almacenan los granos, ya que las muestras aunque aisladas en una pequeña troja mantuvieron la misma relación de humedad durante el almacenamiento. Las muestras más húmedas se mantuvieron más húmedas. Para apoyar este hecho aún más, al separar las muestras por localidad y fase lunar en que fueron cosechadas (comparar Figura 1 y 5) puede verse que el orden de mayor a menor porcentaje de humedad entre cada lugar fue el mismo al momento de la cosecha y durante los seis meses que permanecieron en almacén. Según Hosney (1994), distintos lotes de un mismo producto y en un mismo lugar pueden tener distintos contenidos de humedad en equilibrio con la atmósfera a una cierta humedad relativa. Depende de si los granos están perdiendo o ganando humedad con el ambiente. Esto no quiere decir que los granos no perdieron humedad al pasar el tiempo, pero que la relación entre ellos se mantuvo. Puede verse en la Figura 4 que con el tiempo los granos fueron perdiendo humedad. La excepción es el mes de almacenamiento 4 (las cosechas fueron realizadas en tres meses distintos: enero, febrero y marzo, por lo tanto el mes de almacenamiento 4 fue muestreado en los meses de mayo, junio y julio). Haciendo referencia al anexo 4, se puede ver que los meses de mayo a julio presentan datos pico en humedad relativa y temperatura ambiental, pudiendo ser una posible explicación a este aumento en la de humedad en este mes. Aunque de ser así, únicamente causó cambios en las muestras de luna nueva.

#### **D. ¿Cómo se comportan los insectos durante seis meses de almacenamiento?**

Se encontró relativamente poco número de insectos y a primera vista parecen no haber sido afectados por la fase lunar en que fue cosechado el maíz. Durante los seis meses almacenados (Figura 6) no parecía haber ningún patrón a través del tiempo. Al juntar todos los datos de los seis meses y analizarlos por luna, se vio que habían más individuos en luna nueva que en luna llena, pero la diferencia era pequeña y no significativa. La razón por la que se encontraron pocos insectos no es clara. En primera instancia se puede pensar que debido a que esta región normalmente mantiene temperaturas bajas (promedio 15° C, com. pers. INSIVUMEH 2002), no es una región óptima para el desarrollo de insectos. Según Ramírez (1979) y Hall (1980) el intervalo de temperatura para el crecimiento rápido de los insectos más comunes en granos almacenados es entre 21° C y 37° C. Sin embargo, al comparar con regiones en Chiapas (Sur de México) en donde se tiene una geografía y características ambientales similares a las de El Tablón, sí se ven números altos de estas mismas especies. Por lo tanto, la temperatura por sí sola no es el único factor determinante. Según H. Morales (com.pers. 2003) el haber encontrado pocos insectos puede deberse también a factores genéticos del maíz en Sololá y/o también al conjunto de prácticas tradicionales agrícolas que aún se realizan en esta región, las cuáles ya no se observan mucho en la región de Chiapas. Otra posible explicación es la de la hipótesis de saciación.

A pesar de que se encontraron pocos individuos, los valores fueron más altos en luna nueva que en luna llena tanto en el porcentaje de humedad (cosecha y almacenamiento) y en los insectos encontrados en la cosecha. Al analizar el número de individuos por localidad se encontró diferencias significativas entre las localidades (Figura 7) y al comparar con el porcentaje de humedad en las localidades tanto durante la cosecha (Figura 1) como en el período de almacenamiento (Figura 5), parece haber una relación entre el porcentaje de humedad y el número de insectos totales. Los granos cosechados en luna nueva fueron almacenados con mayor porcentaje de humedad y mantuvieron esta diferencia a lo largo de seis meses, se cree que esta fue la razón por la que tuvieron mayor presencia de insectos.

El número de insectos totales se separaron por categorías para ver si se comportaban de la misma manera ya que distintos autores han encontrado que distintas especies pueden responder de distinta forma a las fases lunares (Douthwaite 1978, Nemeč 1971, Williams 1936). Los insectos fungívoros, detritívoros y enemigos naturales mostraron mayor número durante la luna nueva y los insectos plaga y fitófagos durante la luna llena. Ninguno de estos valores fue significativo (Ver Cuadro 2).

Los insectos plaga y fitófagos se comportaron distinto a lo esperado, ya que estuvieron presentes en mayor número en las muestras que presentaron menos humedad. Los insectos fitófagos desaparecieron después del segundo mes de almacenaje, probablemente fueron llevados por casualidad del campo y desaparecieron porque no tenían alimento en la troja. Los anteriores y *Ephestia cautella* no se analizarán, únicamente *Sitotroga cerealella* por ser considerada de importancia económica. La palomilla *S. cerealella* apareció por primera vez en el segundo mes de almacenamiento en las muestras provenientes de la cosecha en luna llena y aparentemente se estableció de mejor manera en estas muestras. Haciendo referencia a la Figura 10 se puede ver que aunque el número promedio de palomillas es relativamente bajo, aumenta rápidamente conforme transcurre el tiempo. A partir del cuarto mes ya era notoria su presencia en las mazorcas, sobre todo porque cambian la apariencia física de los granos (y según las personas del área, el sabor también es diferente). Para el agricultor es difícil vender el grano atacado por esta palomilla porque la larva lo daña completamente con sus desechos y alimentación, las pupas permanecen dentro del grano y disminuyen el peso con su consumo. Por lo que es importante encontrar maneras de retardar el proceso o en el mejor de los casos evitar que aparezcan. Aunque se encontraron más palomillas en las muestras provenientes de la cosecha de la luna llena puede verse que en realidad este número no es tan distinto. La diferencia es pequeña por lo que es difícil determinar si la luna pudiera o no estar afectando. Apoyado en Nemeč (1971) que estudió el efecto lunar en capturas de *Heliothis zea* se pudo ver que al haber mayor número de individuos, la diferencia entre los resultados se volvía más obvia. Aquí pueden estar ocurriendo los siguientes sucesos: 1) La luna tiene efecto sobre otra variable distinta al porcentaje de humedad que no fue estudiada, y que puede estar afectando la reproducción de *S. cerealella*. 2) El hecho de que la palomilla se encuentre en mayor número en las muestras cosechadas en

luna llena es por azar y al haber más presión (más número de palomillas) el efecto sea más obvio y se encuentren más donde hay mayor porcentaje de humedad (luna nueva). 3) No se muestrearon suficientes réplicas.

### **E. ¿Hay más reproducción de *Sitotroga cerealella* en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva? Experimento de laboratorio.**

*Sitophilus zeamais* probablemente no se reprodujo como esperado debido a las bajas temperaturas a las cuales se encontraban los frascos. Smith (1993) ha reportado que esta especie es afectada por extremos de temperatura, siendo raramente encontrado por debajo de 15° C (la temperatura en ese momento estuvo por debajo de este valor). Por el otro lado *S. cerealella* está adaptada a un rango de temperaturas y altitudes más amplio, lo mismo que le ha permitido ser una especie cosmopolita encontrada en casi todas partes del mundo (Ramírez 1979).

Debido a que las muestras de la cosecha en luna nueva permanecieron dos semanas más en los frascos, se tuvo que hacer una proyección del número de adultos que pudo haber si las muestras cosechadas en luna llena hubieran permanecido el mismo tiempo. Al hacer este nuevo análisis estadístico con el estimado de adultos, la diferencia dejó de ser significativa pero no dejó de ser representativa. Probablemente el nuevo valor de las muestras provenientes de la luna llena esté sobre estimado, ya que se asume que todas las pupas estaban vivas e iban a convertirse en adultos y que ninguna era una pupa vacía. Tomando esto en cuenta, igualmente se encontró casi el doble de adultos en las muestras cosechadas en luna nueva que en luna llena. Este dato coincide con la fase lunar en donde se encontró mayor porcentaje de humedad al momento de ser cosechado el maíz. De igual manera en este experimento hubo más porcentaje de daño y mayor pérdida de peso en las muestras de luna nueva, probablemente por la combinación de humedad y mayor número de insectos. Se encontraron mayores diferencias en este experimento que en los resultados del campo y apoyado en los resultados de Nemeč (1971), nos indica que sí es posible que al encontrarse *S. cerealella* en alguna localidad con mayor presión, se podría encontrar diferencias más extremas en el número de individuos encontrados entre las cosechas en las diferentes fases lunares. En este caso, el cosechar el maíz durante la luna llena le

favorecería al agricultor disminuyendo el número de individuos de *S. cerealella* y por lo tanto el daño ocasionado a los granos. Sería interesante repetir este estudio en la costa sur en donde los valores de humedad y temperatura son más altos y hay más ataque de plagas. Esto comprobaría si la práctica resulta más eficiente.

## **F. ¿Hay más daño en el maíz cosechado en luna llena que en luna nueva a lo largo de seis meses de almacenamiento? ¿Y luego de un año?**

El porcentaje de daño no mostró ningún patrón con las fases lunares. Se cree que se debió haber muestreado mayor número de mazorcas ya que no es lógico que haya menor daño en el cuarto mes de almacenaje que en el segundo mes (ver figura 12). El daño no es reversible, por lo que debió aumentar conforme pasó el tiempo o mantenerse constante.

El daño total encontrado a lo largo de los seis meses fue bastante bajo, variando entre 3% y 10%. El porcentaje de daño promedio ocasionado por insectos fue únicamente el 1% (el daño por *S. cerealella* en granos almacenados se reporta entre 10%-50% (Ramírez 1979)), indicando que las condiciones en esta región no están favoreciendo a las plagas.

Al medir el daño en el pequeño muestreo un año después de las cosechas (tomar en cuenta que se usó otra metodología), el porcentaje de daño sí aumentó considerablemente y la diferencia es altamente significativa. Las muestras de la cosecha en luna nueva presentaron un 50.22% de daño mientras las muestras de la cosecha en luna llena únicamente 19.3%. Esto representa para el agricultor 2.6 veces más maíz para consumo y/o venta después de un año, con tan sólo cosechar cuando la luna está en la fase de llena y no en luna nueva. En esta región es mejor cosechar el maíz en la fase de luna llena que en luna nueva. Entre más tiempo se almacenan los granos, más importante parece esta práctica.

La discrepancia entre los agricultores en distintas localidades sobre la fase lunar en que es más conveniente cosechar, probablemente se deba a que depende bastante de las condiciones particulares para cada localidad. El porcentaje de daño parece depender de un conjunto de factores (ej. humedad, especies presentes, variedades, prácticas agrícolas, etc.) y probablemente el cosechar con las fases lunares sea más efectivo en algunas

regiones que otras. La evidencia en este trabajo sugiere que esta práctica podría ser de mayor importancia en regiones con valores de temperatura, humedad y presión de plaga más altos y cuando el almacenamiento sea a largo plazo.

### **G. ¿Cómo son las condiciones de almacenamiento en esta región?**

En general los agricultores de esta región no se enfrentan con serios problemas por plagas. Esto podría explicar el hecho de que el uso de plaguicidas químicos no es común. Es preocupante saber que la generación joven no se interesa por aprender sobre las prácticas tradicionales preventivas, pensando en la distorsionada idea que la aplicación de químicos es mejor alternativa por ser más sencilla, efectiva y rápida. Desconocen el peligro que estos productos pueden causar en la salud (conocen únicamente el peligro de ingerirlos directamente) y que dañan y desestabilizan el ambiente. La Universidad del Valle Altiplano sería un excelente medio para difundir información acerca de los peligros de los pesticidas químicos y de las posibles consecuencias ecológicas a largo plazo. Además sería una vía ideal para recopilar, difundir y promover las valiosas prácticas tradicionales para el manejo y prevención de plagas de la región de Sololá.

## V. CONCLUSIONES

1. Las fases lunares tienen influencia sobre el porcentaje de humedad presente en las muestras cosechadas de maíz. Las muestras cosechadas en luna nueva presentaron mayor porcentaje de humedad que las cosechadas en luna llena a pesar de que parecen haber muchas variables externas.
2. Aunque cosechar en la fase de luna llena disminuyó el porcentaje de humedad, parece haber más diferencia en porcentaje de humedad entre los sitios de cosecha.
3. El maíz que se almacena con mayor porcentaje de humedad, permanece más húmedo a lo largo de seis meses en almacén. Distintos lotes pueden tener distintos contenidos de humedad en un mismo almacén, por lo que el porcentaje de humedad inicial es muy importante.
4. En el experimento de laboratorio *Sitotroga cerealella* mostró comportamiento contrario al encontrado en el campo, respecto a número de individuos encontrados en las muestras de cada fase lunar. En el laboratorio (con mayor presión por esta plaga) se encontró más individuos en las muestras cosechadas en luna nueva.
5. El porcentaje de daño presente en el maíz luego de seis meses de almacenamiento no llega a niveles alarmantes y el daño por insectos es bajo. No se encontró diferencia en porcentaje de daño entre las muestras de las distintas fases lunares durante este tiempo.
6. Luego de un año de almacenamiento, cosechar durante la fase de luna llena sí parece de gran valor. Las muestras cosechadas en luna llena presentaron 2.6 veces menos daño que las cosechadas durante la luna nueva.
7. Los resultados en este trabajo coinciden con lo mencionado por los agricultores del altiplano. Al cosechar durante la luna llena los granos presentan menos humedad y por lo tanto menor número de insectos y menor daño durante el almacenamiento.
8. De las 53 especies encontradas tanto al momento de cosechar y durante el almacenamiento sólo dos son de importancia. Los individuos del orden Psocoptera pueden utilizarse a grandes rasgos como indicadores del porcentaje humedad antes de almacenar el maíz. *S. cerealella* fue la única especie de importancia económica y

apareció durante el almacenamiento, no durante las cosechas. No se encontró ningún enemigo natural que pueda considerarse para control biológico de esta palomilla.

9. Esta región no tiene problemas serios de plagas insectiles.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Aunque se desconocen las razones por las cuáles la luna podría afectar la humedad en las plantas, en base a este estudio se recomendaría planificar las cosechas de maíz cuando la luna está en fase de llena. Tal como lo recomiendan los agricultores en el altiplano de Guatemala.
2. El hecho de que hay más diferencias de humedad entre los sitios de cosecha que entre las fases lunares parece indicar que hay otras razones de más peso para secar los granos. Se sugiere que se evalúen otras prácticas de manejo utilizadas en esta región, como el uso de fertilizantes, variedades sembradas, dobla de la caña, manejo del suelo, etc. que pudieran tener más efecto en el secado de maíz antes de almacenarlo.
3. Se recomienda repetir el estudio en alguna región con mayor presencia de plagas, mayor temperatura y humedad. Puede ser que esta práctica sea más efectiva en unos lugares que en otros.
4. Al repetir este estudio, para prevenir que hayan 15 días de diferencia entre las cosechas y que haya dos semanas fenológicas que separen las muestras cosechadas en cada fase lunar, se recomienda sembrar con dos semanas de diferencia. De esta forma al momento de la cosecha se estarían almacenando mazorcas de la misma edad fenológica. El hecho de que un conjunto de variables externas (como lo es el clima) pueden afectar sólo a las muestras de una fase lunar y no a otra se disminuye al repetir las cosechas en más de un mes.
5. Para evaluar daño, se recomienda muestrear mayor número de muestras de cada tratamiento.
6. Antes de empezar un trabajo en alguna comunidad, visitar con anticipación para que la gente se sienta cómoda con la presencia de un extraño. Además familiarizarse y conocer las costumbres de las personas locales.

## VII. LITERATURA CITADA

- Altieri, M.; R. Norgaard; S. Hecht; J. Farrell y M. Liebman. 1987. *The scientific basis of alternative agriculture*. Westview Special Studies in Agriculture Science and Policy. Westview Press, Inc., Boulder, Colorado. 227 pp.
- Altieri, M. 1993. *Ethnoscience and biodiversity: key elements in the design of sustainable pest management systems for small farmers in developing countries*. Agric. Ecosyst. Environ. 46:257-272.
- Altieri, M. 2004. *Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture*. Front Ecol Environ 2(1): 35-42.
- Andrews, K. y J. Quezada. 1989. *Manejo integrado de plagas en la agricultura: Estado actual y futuro*. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 623 pp.
- Ashby et al. 2000. *Investing in farmers as researchers: Experience with local agriculture research committees in Latin America*. Cali, Colombia: CIAT.
- Beeson, C. 1946. *Forestry, horticulture and the moon*. Forestry Abstracts 8(2): 191-198.
- Blij, H. y P. Muller. 1993. *Physical geography of the global environment*. John Wiley and Sons Inc., New York. 576pp.
- Brown, F. 1976. *Biological clocks: Endogenous cycles synchronized by subtle geophysical rhythms*. BioSystems 8: 67-81.
- Brown, F. y C. Chow. 1976. *Lunar-correlated variations in water uptake by bean seeds*. Biological Bulletin 145:265-278.
- Carter, W. y S. Snedaker. 1969. *New lands and old traditions: Kekchi cultivators in the Guatemalan lowlands*. Latin American Monographs, 2<sup>nd</sup> series, No. 6. Univ. Florida Press. USA 153 pp.
- Castillo, L. 1989. *Prácticas populares para el control tradicional de plagas y*

- enfermedades de plantas y animales domésticos*. ICTA, Guatemala. 60pp.
- Canek, A. 2000. *Evaluación del efecto del fertilizante orgánico y químico, aplicado en el cultivo del maíz (Zea mays) sobre las plagas del almacenamiento en tres localidades del municipio de la Libertad, Petén*. Tesis en Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 41 pp.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1990. *Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo del maíz*. Programa de Mejoramiento de Cultivos Tropicales, Turrialba, Costa Rica. 88 pp.
- Christensen, C. y H. Kaufmann. 1976. *Contaminación por hongos en granos almacenados*. Editorial Pax-México, México. 199 pp.
- Clavijo, S. y G. Pérez. 2000. *Maíz en Venezuela*. Fundación Polar. En: [http://www.plagas-agricolas.info.ve/doc/html/clavijo\\_s-perezg\\_g.html](http://www.plagas-agricolas.info.ve/doc/html/clavijo_s-perezg_g.html) (con acceso 2002).
- De León, C. 1984. *Enfermedades del maíz: Una guía para su identificación en el campo*. Programa del Maíz, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México. 123pp.
- Douthwaite, R. 1978. *Some effects of weather and moonlight on light-trap catches of the armyworm, Spodoptera exempta (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), at Muguga, Kenya*. Bulletin of Entomology Research 68:533-542.
- Ek, U.; M. Narváez; A. Puch y C. Chan. 1982. *El cultivo del maíz en el ejido de Mucel*. Nuestro Maíz, Dirección General de Culturas Populares, México. 243-287 pp.
- Gómez, L. 1995. *Evaluación preliminar del funcionamiento de la caseta de secado Como alternativa para el manejo post-cosecha de maíz (Zea mays L.) en Zaragoza, Chimaltenango*. Tesis en Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 67 pp.
- Hall, C. 1980. *Drying and storage of agricultural crops*. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut. 381 pp.
- Hill, S. 1989. *Pest Control in sustainable agriculture-cultural methods of pest*,

- primarily insect, control*. Department of Entomology, Macdonald College of McGill University, Ste-Anne de Bellevue, Quebec, Canada. En: <http://eap.mcgill.ca/Publications/EAP32.htm> (con acceso 2002).
- Hirst, L. 1994. *Algunos aspectos físicos y de procesamiento del maíz en grano y mazorca, con tusa y sin tusa, almacenado en dos tipos de estructuras, con y sin tratamiento químico*. Tesis en Ing. en Ciencias y Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 234 pp.
- Hoseney, R. 1994. *Principles of cereal science and technology*. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN. 378 pp.
- Hoskin, M. 1999. *The Cambridge concise history of Astronomy*. Cambridge University Press. 376 pp.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agronómica (ICTA). 1981. *Curso internacional de control de plagas*. Sector Público Agrícola, Guatemala. 347 pp.
- Katz, A.; M. Hediger y L. Valleroy. 1974. *Traditional maize processing techniques in the New World*. *Science* 184: 765-773.
- Kavaliers, M. y C. MacVean. 1980. *Effect of temperature and lunar phase on the phototactic responses of larvae of the wax moth, Galleria mellonella (Lepidoptera, Pyralidae)*. *Entomology experimental and applied* 28:222-228.
- Kollerstrom, N. y G. Staudenmaier. 2001. *Evidence for lunar-sidereal rhythms in crop yield: A review*. *Biological Agriculture and Horticulture*. 19:247-259. En: [www.plantingbythemoon.co.uk](http://www.plantingbythemoon.co.uk) (con acceso 2002).
- Kolisko, L. 1928. *Workings of the stars in earthly substances*. En: Experimental studies from the Biological Institute of the Goetheanum. Original publisher: Orient-Occident Verlag, Stuttgart.  
En: [www.anth.org.uk/Science/kolisko/Kolisko\\_211126.htm](http://www.anth.org.uk/Science/kolisko/Kolisko_211126.htm) (con acceso 2002).
- Morales, H. 2000. *Manejo de plagas y conocimiento tradicional en los altos de Chiapas y Guatemala*. Protocolo de Investigación. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. 13 pp.

- Morales, H. 2001. *Manejo de plagas para pequeños productores*. Resumen de ponencia presentado en, el taller agroecología para técnicos del INI, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. 26pp.
- Morales, H., I. Perfecto. 2000. *Traditional knowledge and pest management in the Guatemalan highlands*. Agriculture and Human Values 17: 49-63.
- Museo Británico de Historia Natural. 1989. *Common insect pests of stored food products: A guide to their identification*. 7a. ed. British Museum of Natural History: Economic Series No. 15. Londres. 6-8 pp.
- Nemec, S. 1971. *Effects of lunar phases on light-trap collections and populations of Bollworm moths*. Journal of Economic Entomology 64: 860-864.
- Nyambo, B. and M. Kimani. 1998. *Role of information in IPM farmer field schools: Experiences in Kenya*. Communications Workshop: Eastern/Southern Africa. Nairobi, Kenya. International Centre for Insect Physiology and Ecology (ICIPE). 10 pp.
- Oppenheim, S. 2001. *Alternative agriculture in Cuba*. American Entomologist 47(4): 216-227.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). 1993. *El maíz en la nutrición humana*. Colección FAO: Alimentación y Nutrición No. 25. Roma. En: <http://www.fao.org/docrep/T0395S/T0395S00.htm#Contents> (con acceso 2002).
- Persson, B. 1974. *Diel distribution of ovoposition in Agrotis ipsilon (Hufn.), Agrotis munda (Walk.), and Heliothis armigera (Hbn.), (Lep. Noctuidae), in relation to temperature and moonlight*. Entomologica scandinavica 5: 196-208.
- Ramírez, M. 1979. *Almacenamiento y conservación de granos y semillas*. Compañía editorial Continental S.A., México DF 300 pp.
- Rojas, F. 1988. *La Cultura del maíz en Guatemala*. Delgado Impresos y Cía. Ltda., Guatemala. 146 pp.
- Rosset, P. y M. Benjamin. 1994. *The greening of the revolution: Cuba's experiment*

- with organic agriculture*. Ocean Press Melbourne. 84 pp.
- Royal Greenwich Observatory. 1996. *Las mareas, Particle Physics and Astronomy Research Council*. Cuaderno de información No. 53. En:  
[www.oarval.org/tidessp.htm](http://www.oarval.org/tidessp.htm) (con acceso 2002).
- Saunders, J.; A. King y C. Vargas. 1983. *Plagas de cultivos en América Central, una lista de referencia*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica. 90 pp.
- Smith, C. 1969. *Meteorology and grain storage*. Technical Note No.101. World Meteorological Organization (WMO), Suiza. 65 pp.
- Smith, L. 1993. *Effect of humidity on life history characteristics of Anisopteromalus Calandreae (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing maize weevil (Coleoptera: Curculionidae) larvae in shelled corn*. Environmental Entomology 22(3): 619-624.
- Theroux, M. 1997. *Lunar influence on the electrochemical production of colloidal silver*. En: [www.borderlands.com/journal/lunar.htm](http://www.borderlands.com/journal/lunar.htm) (con acceso 2002).
- Thrupp, A. 1989. *Legitimizing local knowledge: From displacement to empowerment to third world people*. Agriculture and Human Values 6 (3): 13-23.
- Vecinos Mundiales Guatemala. 2000. *La luna: el sol nocturno en los trópicos y su influencia en la agricultura*. Curso-Taller de agricultura ecológica “De la Utopía al día al día”. Guatemala, 9 pp.
- Warren, D. 1992. *Indigenous knowledge, biodiversity conservation and development*. Keynote address at the International Conference on Conservation of Biodiversity in Africa: Local Initiatives and Institutional Roles, 30 august-3 september, Nairobi, Kenya. En: [www.ciesin.org/docs/004-173/004-173.html](http://www.ciesin.org/docs/004-173/004-173.html) (con acceso 2002).
- Williams, C. 1936. *The influence of moonlight on the activity of certain nocturnal insects, particularly of the family Noctuidae, as indicated by a light trap*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological

Sciences 226(537): 357-389.

Zürcher, E. 1998. *Chronobiology of trees: Synthesis of traditional phytopractices and Scientific research, as a tool of future forestry*. Department of Forest and Wood Sciences, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Suiza. 10pp. En: <http://iufro.boku.ac.at/iufro/iufro.net/d6/wu60603/proc1998/Zürcher.htm> (con acceso 2002).

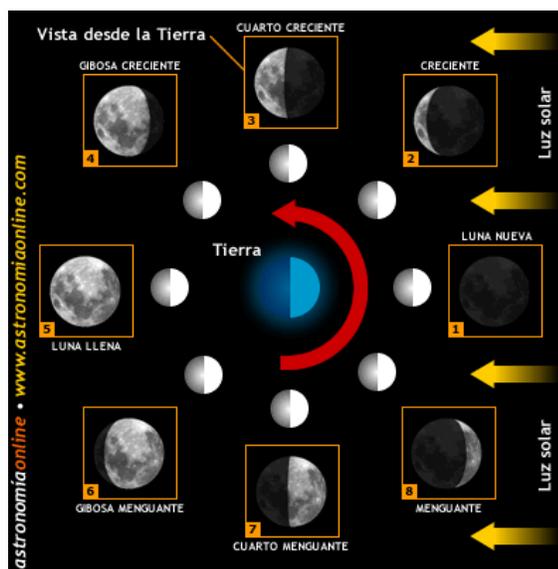
## VIII. ANEXOS

Figura 14. Foto de Troja tradicional de Sololá



Fuente: Foto por Soledad Rodas

Figura 15. Movimiento lunar alrededor de la Tierra



Fuente: [www.astronomiaonline.com](http://www.astronomiaonline.com), 2004

Figura 16. Muestras de experimento de laboratorio

A. Las muestras del lado izquierdo provienen de la cosecha en luna nueva.



Fuente: Foto por Soledad Rodas

B. Las muestras del lado izquierdo provienen de la cosecha de luna llena.



Fuente: Foto por Soledad Rodas

Figura 17 Temperatura ambiental y humedad relativa en El Tablón, Sololá, 2002  
(Datos proporcionados por el INSIVUMEH, estación de El Tablón)

