



REPÚBLICA DE CUBA  
UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA

Empleo de policultivos para el manejo de plagas en el maíz  
(*Zea mays* L.)

Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias  
Agrícolas

Marcos Tulio García González

Santa Clara

2015



REPÚBLICA DE CUBA  
UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA

Empleo de policultivos para el manejo de plagas en el maíz  
(*Zea mays* L.)

Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias  
Agrícolas

Autor: Marcos Tulio García González

Tutores: Prof. Tit. Ing. Leónides Castellanos González. Dr.C.  
Prof. Tit. Ing. Justo Antonio Rojas Rojas. Dr.C.

Santa Clara, 2015

Ayuda a la Naturaleza y con ella trabaja, y la  
Naturaleza te considerará como uno de sus creadores  
y te prestará obediencia.

Helena Blavatsky

## **DEDICATORIA**

A mi Señor Jesús, fuente de toda inteligencia humana.

A la razón de mi vida: mí querido hijo Franco.

A mí querida esposa Marcia, por ser mi apoyo y fortaleza en  
todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis tutores, en especial al Dr.C Leónides Castellanos González por confiar en mí y ser la persona que me ha enseñado a caminar en el mundo de la ciencia.

Al Dr.C Horacio Grillo Ravelo por su inmensa ayuda en el laboratorio de Taxonomía de insectos de la UCLV. Por su amistad.

A los Drs.C Ubaldo Álvarez Hernández y Lilián Marisol Morales Romero por sus excelentes oponencias, que ayudaron a mejorar la calidad de la tesis.

A la Dr C Ileana Miranda del CENSA por la revisión del diseño y estadística de la tesis.

A los compañeros del Centro Provincial de Meteorología de Sancti Spíritus en especial a los del departamento de pronósticos por la información ofrecida.

A los compañeros del Instituto de Recursos Hidráulicos provincial en Sancti Spíritus por la información ofrecida.

Al Dr.C Manuel Rodríguez González por sus buenos consejos y su ayuda en la revisión de la tesis.

A la dirección de la Universidad de Sancti Spíritus, en especial a la decana Otmara Castellanos por su apoyo en todo momento.

A mis compañeros de trabajo del departamento de agronomía de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Uniss.

A los estudiantes de agronomía que durante todos estos años colaboraron en este proyecto a través de sus trabajos de diplomas.

A los campesinos que me brindaron sus fincas y amistad para que pudiera realizar esta investigación.

Mi profundo y sincero agradecimiento a todas las personas que no por dejar de decir sus nombres, significaron menos y que durante todos estos años colaboraron, me apoyaron y estimularon en la realización de la tesis.

MUCHAS GRACIAS

## SÍNTESIS

En la investigación se presentan los resultados de la evaluación del empleo de los sistemas de cultivos maíz-calabaza (M+C), maíz-frijol caupí (M+F), maíz-ajonjolí (M+A) y maíz-girasol (M+G), en dos agroecosistemas (llano y premontaña), en las dos épocas de siembra (lluviosa y poco lluviosa). Se dispuso de un diseño experimental de dos factores en parcelas divididas (2 x 5) x 4, en bloques al azar. Se determinaron los niveles de infestación de *Spodoptera frugiperda*, *Peregrinus maidis*, *Helicoverpa zea* y *Diatraeae lineolata*. Se evaluaron los beneficios ecológicos, productivos y económicos en los sistemas de cultivos. Se comprobó que los sistemas M+C, M+A y M+G tienen mejor respuesta ante el ataque por *S. frugiperda*, *P. maidis*, *H. zea* y *D. lineolata* que el monocultivo del maíz, siendo significativamente inferior la incidencia en premontaña. Los principales fitófagos fueron *S. frugiperda* y *P. maidis*, mientras que *H. zea* y *D. lineolata* resultaron plagas secundarias. Los policultivos mostraron mayor estabilidad biológica dado por una mayor riqueza, diversidad y equidad de insectos que el monocultivo, destacándose M+C y M+A, así como mayor relación predador-presa e índice de parasitismo global donde los sistemas favorecidos fueron M+C, M+A y M+G. Los policultivos presentaron mayor eficiencia productiva y económica que el monocultivo.

## ÍNDICE

Contenidos	Pág.
<b>Capítulo I</b>	
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>Capítulo II</b>	
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	5
2.1 Aspectos generales	5
2.2 El cultivo del maíz	6
2.2.1 Botánica del maíz	7
2.2.2 Exigencias edafoclimáticas del maíz	8
2.2.3 Producción y mercado mundial del maíz	8
2.2.4 Producción de maíz en Cuba	9
2.3 Principales fitófagos en el maíz en Cuba	9
2.3.1 Palomilla del maíz ( <i>S. frugiperda</i> )	10
2.3.2 Chicharrita del maíz ( <i>P. maidis</i> )	10
2.3.3 Gusano de la mazorca ( <i>H. zea</i> )	11
2.3.4 Borer del maíz ( <i>D. lineolata</i> )	12
2.4 Métodos de control de plaga	13
2.4.1 Lucha biológica	14
2.4.2 Manejo agroecológico de plaga	15
2.4.3 Lucha química	17
2.4.3.1 Efecto de la lucha química sobre los enemigos naturales	17
2.5 La biodiversidad	18
2.5.1 Biodiversidad alfa	20
2.6 El monocultivo como forma de producción	20
2.7 EL policultivo como forma de producción	21
2.8 Papel de los agroecosistemas en la regulación de plaga	23
2.9 El cultivo del girasol	24
2.10 El cultivo del ajonjolí	24
2.11 El cultivo del frijol caupí	25
2.12 El cultivo de la calabaza	26
2.13 El Uso Equivalente de la Tierra (UET)	27
<b>Capítulo III</b>	
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	28
3.1 Determinación del porcentaje de infestación y niveles poblacionales de <i>S. frugiperda</i> , <i>P. maidis</i> , <i>H. zea</i> y <i>D. lineolata</i> en cinco sistemas de cultivo de maíz en dos agroecosistemas.	32

3.1.1	Determinación del porcentaje de infestación y los niveles poblacionales de <i>S. frugiperda</i> en los sistemas de cultivos de maíz	32
3.1.1.1	Determinación del inicio del ataque por <i>S. frugiperda</i> en los sistemas de cultivos de maíz	32
3.1.1.2	Determinación del porcentaje de infestación por <i>S. frugiperda</i> en los sistemas de cultivos de maíz	32
3.1.1.3	Determinación del daño causado por <i>S. frugiperda</i> en los sistemas de cultivos de maíz en los agroecosistemas en estudio	33
3.1.1.4	Determinación de la relación existente entre el daño foliar promedio (DFP) y el porcentaje de plantas gradología 4 y 5	34
3.1.1.5	Determinación de la relación existente entre el peso de las mazorcas y la gradología de daño causado por <i>S. frugiperda</i>	34
3.1.2	Determinación del porcentaje de infestación y los niveles poblacionales de <i>P. maidis</i> en los sistemas de cultivos de maíz	35
3.1.2.1	Determinación de la intensidad expresada en índices de <i>P. maidis</i> por plantas en los sistemas de cultivos de maíz	35
3.1.2.2	Determinación del porcentaje de infestación causado por <i>P. maidis</i> en los sistemas de cultivos de maíz	35
3.1.3	Determinación del porcentaje de infestación causado por <i>H. zea</i> en los sistemas de cultivos de maíz	36
3.1.4	Determinación del porcentaje de infestación causado por <i>D. lineolata</i> en los sistemas de cultivos de maíz en los agroecosistema en estudio	36
3.2	Determinación de los beneficios ecológicos de los sistemas de cultivo de maíz en estudio	37
3.2.1	Identificación de las especies de insectos asociados al cultivo del maíz en los sistemas de cultivo de maíz en estudio	37
3.2.2	Determinación de los índices ecológicos en los sistemas de cultivos de maíz en estudio	38
3.2.3	Establecimiento de la relación predador–presa en los sistemas de cultivos de maíz en estudio	40
3.2.4	Determinación del Índice de Parasitismo Global (IPG) en los sistemas de cultivos de maíz estudio	41
3.3	Determinación de los beneficios productivos y económicos de los sistemas de maíz en estudio	42
3.3.1	Determinación del uso equivalente de la tierra (UET) en las diferentes variantes en estudio	42
3.3.2	Valoración de la factibilidad económica de los sistemas de maíz en los agroecosistemas en estudio	43

## Capítulo IV

<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	45
4.1 Determinación del porcentaje de infestación y niveles poblacionales de <i>S. frugiperda</i> , <i>P. maidis</i> , <i>H. zea</i> y <i>D. lineolata</i> en cinco sistemas de cultivo de maíz en dos agroecosistemas.	45
4.1.1 Determinación del porcentaje de infestación y los niveles poblacionales de <i>S. frugiperda</i> en los sistemas de cultivos de maíz	45
4.1.1.1 Determinación del inicio del ataque por <i>S. frugiperda</i> en los sistemas de cultivos de maíz	45
4.1.1.2 Determinación del porcentaje de infestación por <i>S. frugiperda</i> en los sistemas de cultivos de maíz	46
4.1.1.3 Determinación del daño causado por <i>S. frugiperda</i> en los sistemas de cultivos de maíz en los agroecosistemas en estudio	51
4.1.1.4 Determinación de la relación existente entre el daño foliar promedio (DFP) y el porcentaje de plantas gradología 4 y 5	54
4.1.1.5 Determinación de la relación existente entre el peso de las mazorcas y la gradología de daño causado por <i>S. frugiperda</i>	55
4.1.2 Determinación del porcentaje de infestación y los niveles poblacionales de <i>P. maidis</i> en los sistemas de cultivos de maíz	56
4.1.2.1 Determinación de la intensidad expresada en índices de <i>P. maidis</i> por plantas en los sistemas de cultivos de maíz	56
4.1.2.2 Determinación del porcentaje de infestación causado por <i>P. maidis</i> en los sistemas de cultivos de maíz	60
4.1.3 Determinación del porcentaje de infestación causado por <i>H. zea</i> en los sistemas de cultivos de maíz	64
4.1.4 Determinación del porcentaje de infestación causado por <i>D. lineolata</i> en los sistemas de cultivos de maíz en los agroecosistema en estudio	68
4.2 Determinación de los beneficios ecológicos de los sistemas de cultivo de maíz en los agroecosistemas en estudio	73
4.2.1 Identificación de las especies de insectos asociados al cultivo del maíz en los sistemas de cultivo de maíz en estudio	73
4.2.2 Determinación de los índices ecológicos en los sistemas de cultivos de maíz en estudio	78
4.2.3 Establecimiento de la relación predador–presa (RPP) en los sistemas de cultivos de maíz en estudio	83
4.2.4 Determinación del índice de parasitismo global (IPG) en los sistemas de cultivos de maíz en estudio	90
4.3 Determinación de los beneficios productivos y económicos de los sistemas de maíz en estudio	92
4.3.1 Determinación del uso equivalente de la tierra (UET) en las diferentes variantes en estudio	92
4.3.2 Valoración de la factibilidad económica de los sistemas de maíz	95

en los agroecosistemas en estudio

<b>CONCLUSIONES</b>	99
<b>RECOMENDACIONES</b>	100
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## 1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es la forma domesticada de la gramínea silvestre mexicana conocida como teocintle (*Zea mexicana* L.). México y los países centroamericanos son considerados como centro de la diversidad de maíz con 59 razas (Cortez, 2008).

El maíz y sus parientes silvestres, los teocintles, se clasifican dentro del género *Zea* perteneciente a la familia Poaceae. Con base en caracteres de la espiga o inflorescencia masculina, el género *Zea* se ha dividido en dos secciones (Iltis y Benz, 2000).

Entre los cuatro cultivos principales en el mundo, el maíz es uno de los más importantes, con más de 900,00 millones de toneladas producidas anualmente. El mayor productor es Estados Unidos, con alrededor de 300,00 millones de toneladas anuales. Le siguen China, Brasil, México y Argentina. Estados Unidos también es el principal productor de elote, mientras que México pasó a ser el segundo país (FAO, 2012).

Los aborígenes cubanos cultivaron el maíz y fue fundamental en la dieta de aquellas comunidades. En la actualidad se cultiva en todas las provincias, y se sitúa dentro de las prioridades de las políticas agrarias del estado; pero una de las limitantes de su producción radica en las incidencias de las plagas que con frecuencia merman los rendimientos a pesar de que las plantas resisten sus ataques (Méndez, 2002).

Bruner *et al.* (1975), describen entre los principales insectos que atacan al maíz en Cuba a: *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith.), *Helicoverpa zea* (Boddie.)

(Lepidoptera: Noctuidae), *Diatraea lineolata* (Walk.) (Lepidoptera: Pyralidae). Schmutterer (1990), incluye además a *Peregrinus maidis* (Ashmead.) (Hemiptera: Delphacidae).

Con la modernización de la agricultura, la aplicación del monocultivo se intensificó y extendió. El creciente aumento de los problemas de plagas se relaciona experimentalmente con la expansión del monocultivo, ya que el proceso de simplificación de la biodiversidad alcanza una forma extrema bajo estas condiciones, de ahí que una de las principales medidas a implementar en un programa de manejo agroecológico es hacer desaparecer al monocultivo como estructura básica del sistema agrícola (Pérez, 2003).

Muchos científicos de todo el mundo comienzan a reconocer el papel y la importancia de la biodiversidad en el funcionamiento de los sistemas agrícolas. En ecosistemas naturales la regulación interna de su funcionamiento es substancialmente un producto de procesos y sinergias ligadas a la biodiversidad. Esta forma de control se pierde progresivamente con la intensificación y la simplificación agrícola, de manera que para funcionar los monocultivos deben ser subvencionados con altos niveles de insumos químicos (Nicholls y Altieri, 2000).

La crisis económica de Cuba en los años 90, ayudó a rescatar tradiciones agrícolas olvidadas por la implementación de la agricultura moderna. Dentro de estas tradiciones sobresale el resurgimiento de los sistemas de cultivos intercalados, múltiples o policultivos, que a decir de muchos, representa la máxima expresión de la agricultura sostenible en el trópico (Casanova *et al.*, 2005).

En los últimos años la producción del maíz, se ha afectado por los bajos rendimientos, debido fundamentalmente entre otras causas a la producción en monocultivo, que favorece alta incidencia de plagas dentro de las que se destacan *S. frugiperda*, *P. maidis*, *H. zea* y *D. lineolata*, con índices tan altos de infestación como en el caso de *S. frugiperda* que llega entre un 45 y 50 %, según los parte

mensuales de protección de planta del Servicio Estatal de Sanidad Vegetal de la provincia de Sancti Spíritus. Por su parte González (2009), señala que *P. maidis* provoca daños directos e indirectos, causando amarillamiento y enanismo arbustivo y transmite enfermedades virales incapacitando a la planta para la producción, con afectación al rendimiento que puede llegar a más de un 50 %.

En el caso de *H. zea*, el insecto daña los granos del ápice de la mazorca y propicia la entrada de otros insectos plaga (gorgojos), se reportan infestación de hasta el 60 %, con pérdidas del 10 al 15 % (Tejada *et al.*, 2008). Mientras que *D. lineolata* barrena el tallo de la planta provocando pérdidas según las reportadas por Iannone (2000), pueden llegar a afectar entre el 8 y 20 % de la producción. Los daños y afectaciones en Cuba por *H. zea* y *D. lineolata* están poco documentados, ya que hasta el momento de esta investigación estos organismos no son monitoreados por el sistema de señalización de Sanidad Vegetal.

El sistema de producción establecido por años en el maíz, que presenta al monocultivo como principal forma de producción, favorece la especialización de insectos plagas, así como la pérdida de la biodiversidad insectil dentro del cultivo por no presentar las condiciones ecológicas para el establecimiento de los mismos. Es por esto que el maíz a pesar de su alto potencial productivo, económico, su nobleza y adaptabilidad a las diferentes condiciones agroclimáticas no ocupa el papel que le corresponde en el desarrollo de la agricultura cubana. Por tal razón se hace necesario buscar un sistema de producción que favorezca el manejo de las principales plagas y a su vez el aumento de los rendimientos.

### **Problema Científico**

El aumento de la infestación de las plagas clave, la disminución de la entomofauna benéfica y la reducción de la eficiencia productiva y económica en el maíz monocultivo en relación a los sistemas de policultivos del maíz en diferentes agroecosistemas y épocas de siembra.

## **Hipótesis**

A partir de la práctica de los policultivos (maíz-calabaza, maíz-ajonjolí, maíz-girasol y maíz-frijol caupí), se podrían disminuir los niveles de incidencia de las plagas clave, así como favorecer el aumento de la entomofauna benéfica y la eficiencia productiva y económica en el maíz en diferentes agroecosistemas y épocas de siembra.

## **Objetivo General**

Evaluar el empleo de los policultivos (maíz-calabaza, maíz-frijol caupí, maíz-ajonjolí y maíz-girasol) sobre las infestaciones de las poblaciones de insectos plagas, la entomofauna benéfica y la eficiencia productiva y económica en los sistemas de cultivos del maíz en diferentes agroecosistemas y épocas de siembra.

## **Objetivos específicos**

1. Determinar el porcentaje de infestación y niveles poblacionales de *S. frugiperda*, *P. maidis*, *H. zea* y *D. lineolata* en cinco sistemas de cultivo de maíz en dos agroecosistemas y época de siembra.
2. Determinar los beneficios ecológicos en los sistemas de policultivos de maíz en los sistemas de cultivos en estudio.
3. Determinar los beneficios productivos y económicos en los sistemas de policultivos de maíz en los sistemas de cultivos en estudio.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Aspectos Generales**

De todas las regiones donde se practica la agricultura, es en el trópico donde más urgen los sistemas novedosos de producción. Esta región no se ha beneficiado significativamente de las tecnologías modernas que condujeron a una elevada productividad agrícola en las regiones templadas. La precipitación abundante y las altas temperaturas promueven la competencia de malezas, los brotes de plagas y la lixiviación de nutrientes que enfrentan constantemente las grandes plantaciones y los monocultivos anuales que cubren grandes extensiones de los trópicos (Altieri y Nicholls, 2004).

A la necesidad de aumentar la producción agrícola se opone no solo limitantes de áreas cultivables y de calidad de suelo, sino también las pérdidas causadas por enfermedades, malezas e insectos, las cuales se estiman en un 37 % de la población a nivel mundial. Las contribuciones de cada uno de estos factores bióticos se estiman de la siguiente manera: enfermedades, 12 %, malezas, 12 %; insectos, 13 %. De la influencia de estos factores bióticos no queda fuera el cultivo del maíz, el cual junto con el trigo y el arroz es uno de los cereales más importantes del mundo, suministrando elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales, además de ser el tercero también en cantidad de área destinada a su cultivo, más 319 millones de acres (129 millones de hectáreas) de este grano son sembradas en el mundo cada año. Además constituye una materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y desde hace poco, combustible (Márquez, 2008).

Por ser un cultivo de gran capacidad de adaptación no se propagó solo en el continente americano, sino en el resto de los continentes; en la actualidad constituye el tercer cereal de mayor importancia en la nutrición humana. Las ciencias agrícolas han desarrollado variedades más productivas y con el empleo de la genética y otros procedimientos han mejorado la calidad nutricional del maíz. Este cereal constituye una fuente de alimentación debido a su contenido de hidratos de carbono del tipo complejo, fibra dietética, vitaminas, principalmente en forma de pro vitamina A (carotenos). Su industrialización ha dado origen a gran variedad de productos derivados, no solo para la alimentación, sino también como elemento integrante de otras producciones de uso cotidiano en la vida del hombre (Alonso, 2009).

El maíz, uno de los cultivos de mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental. A nivel mundial se siembra en latitudes desde los 55 °N a 40 °S y del nivel del mar hasta 3 800 m de altitud. La distribución del cultivo está en función de la adaptación, condiciones climáticas (precipitación, altitud sobre el nivel del mar, temperatura, humedad relativa), tipo de suelo (Fuentes, 2002).

## **2.2 Origen del maíz**

México se ha considerado el centro mundial de origen de este importante cultivo (Benz, 2001 y 2006), ya que las condiciones que favorecieron su diversificación se deben por una parte a la amplia variación ambiental del territorio mexicano y por otra a que es una especie de polinización abierta y presenta la mayor variación genética conocida dentro de los cultivos agrícolas. Estos aspectos han sido explotados por los agricultores para conservar materiales nativos, así como, adaptar y generar germoplasmas nuevos.

Por el contrario a los argumentos de la hipótesis de los multicentros de domesticación del maíz, estudios de variación isoenzimática sugieren que el maíz fue domesticado en la región del Balsas (Doebley *et al.*, 1987), ya que todas las

razas de maíz son isoenzimáticamente cercanas a la subespecie *parviglumis* en comparación de otros teocintles. Apoyando esta hipótesis recientes estudios moleculares también sugieren que el maíz se originó en un solo evento de domesticación al sureste de México hace 9 000 años (Matsuoka *et al.*, 2002).

### **2.2.1 Botánica del maíz**

Al inicio de los estudios taxonómico del maíz, los científicos clasificaron los géneros *Zea* y *Euchlaena*, como dos géneros separados, sin embargo, debido al estudio realizado por Reeves y Mangelsdorf (1942), se los considera como un único género, basándose en la compatibilidad entre esos grupos de plantas y los estudios citogenéticos. En general, solo *Zea mays* se considera como una especie de gran importancia económica dentro de las Maydeas (Paliwal, 2001).

La clasificación taxonómica del maíz está bien estudiada (Sánchez, 2014).

Reino Plantae

División Magnoliophyta

Clase Liliopsida

Orden Poales

Familia Poaceae

Género *Zea*

La planta del maíz es una monocotiledónea anual de elevado porte. El sistema radicular presenta una parte de raíces adventicias seminales que constituye cerca del 52 % de la planta además de ser el principal sistema de fijación y absorción de la planta, mientras que el sistema nodular es el 48 % de la masa total de raíces de la planta. El tallo es simple, erecto, con numerosos nudos y entrenudos. Las inflorescencias unisexuales crecen siempre en lugares separados de la planta. Al principio ambas inflorescencias presenta primordios de flores bisexuales pero, en ambos casos, los primordios de gineceos y estambres abortan y quedan solo las inflorescencias femeninas (mazorcas) y masculinas (espiga), respectivamente. El

fruto es indehisciente, cada grano se denomina cariósido, no presentando latencia la semilla (Kato *et al.*, 2009).

### **2.2.2 Exigencias edafoclimáticas del maíz**

Este cultivo requiere una temperatura de 25 a 30 °C, con bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C, el maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 °C y a partir de 30 °C pueden aparecer problemas serios debidos a mala absorción de nutrientes minerales y agua, para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 30 °C. Se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular (Pérez *et al.*, 2008).

### **2.2.3 Producción y mercado mundial del maíz**

En las culturas americanas fue un alimento básico muchos siglos antes de que los europeos llegaran a América y se dice que a Europa fue llevado por Cristóbal Colón. En las civilizaciones indígenas jugó un papel fundamental en las creencias religiosas y en su alimentación (Fenalce, 2012).

Este cereal, es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen y debido a sus grandes bondades y multitud de usos se ha convertido entre los cultivos más importante entre los cereales a nivel mundial por su producción (980 000 000 de toneladas, superando al trigo y al arroz), de las cuales el 90 % corresponden a maíz amarillo y el 10 % restante a maíz blanco. Ocupa el segundo lugar en área de siembra, con alrededor de 140 000 000 de hectáreas, se siembra en 135 países y se comercializan en el mercado internacional más de 90 millones

de toneladas donde los principales países son Estados Unidos, Brasil, Argentina y Ucrania (WASDE, 2014).

#### **2.2.4 Producción de maíz en Cuba**

El maíz es una planta muy popular y de gran tradición en Cuba. Se emplea como alimento humano y animal, pero también como cultivo asociado, barrera viva, reservorio de entomófagos (Vázquez, 2010).

Para el campesino cubano el maíz es de gran importancia, ya que la mayor parte de la producción obtenida es dedicada para su sustento ya sea directamente en su dieta o para la alimentación de sus animales. A pesar de los esfuerzos realizados por la agricultura para elevar los rendimientos en el cultivo estos presentan una media nacional de 2,25 t ha<sup>-1</sup>, distante de la media mundial, con valores alrededor de las 4,50 t ha<sup>-1</sup> (ONE, 2013).

#### **2.3 Principales fitófagos en el maíz en Cuba**

En los agroecosistemas cubanos, la planta de maíz sustenta poblaciones de 56 especies de insectos fitófagos. De ellas, cinco pertenecen al orden Thysanoptera (8,9 %), 13 al Hemiptera (23,2 %), 15 al Coleoptera (26,8 %), 19 al Lepidoptera (33,9 %), tres al Diptera (5,4 %) y una al Hymenoptera (1,9 %). De estos insectos fitófagos, son considerados de importancia alta y permanente a *S. frugiperda* en el follaje, *H. zea* en los granos tiernos y *S. zea-mays* en los granos almacenados, que se manifiestan en altas poblaciones en todos los agroecosistemas del país (Vázquez, 2010). Por su parte Padrón (2008), reporta al delfácido *P.maidis* como un fitófago de gran importancia en Cuba en las siembras de la época poco lluviosa debido a su alto potencial en la transmisión de virus.

### **2.3.1 Palomilla del maíz (*S. frugiperda*)**

*S. frugiperda* (palomilla del maíz), se considera la plaga más importante del maíz en toda Mesoamérica; existen centenares de investigaciones sobre esta especie, y cuantiosos datos sobre su biología, fisiología, ecología y control (químico, cultural, biológico e integrado) (Fernández, 2002).

La palomilla del maíz, constituye la plaga más importante del cultivo del maíz en Cuba, sus daños causan pérdidas cuantiosas, estas pueden ser de hasta un 45 % de la cosecha. Este insecto ataca también a una amplia gama de cultivos como arroz, sorgo, caña de azúcar, soya y algodón. Debido al exceso de aplicaciones de insecticidas químicos se han afectado las poblaciones de sus enemigos naturales y ha aumentado su resistencia a los plaguicidas (Rojas, 2000).

En las condiciones climáticas de Cuba, *S. frugiperda* está presente en cualquier época de siembra, en las realizadas en períodos de cambios estacionarios de poco lluvioso a lluvia o viceversa, se manifiestan incrementos sustanciales de la plaga, causando pérdidas considerables, así como el establecimiento de estas para siembras posteriores. El incremento de la plaga se enmarca en la fase de crecimiento vegetativo hasta los 35 - 40 días de emergido el cultivo. La afectación a los rendimientos pueden llegar a 0,8 t ha<sup>-1</sup> de maíz seco, lo que equivale al 40 % de la producción en condiciones de Cuba (Pérez, 2006).

### **2.3.2 Chicharrita del maíz (*P. maidis*)**

El delfácido *P. maidis* (chicharrita del maíz), es considerado entre las especies más nocivas al cultivo del maíz en los trópicos, ya que, al alimentarse del floema, provoca daños directos e indirectos, transmitiendo enfermedades virales (Rioja *et al.*, 2003).

López y De Oliveira (2004), aseveran que *P. maidis* es una chicharrita que se encuentra distribuida en todas las regiones tropicales y subtropicales del planeta y que principalmente se encuentran en áreas bajas y húmedas, pero aún no ha sido registrada en Europa. Las plantas hospederas de *P. maidis* está restringida a algunas poáceas como *Rottboelia exaltata* L. y algunas plantas del género *Sorghum* y *Zea*; sin embargo, hay algunas otras especies donde estas chicharritas pueden sobrevivir por periodos variables de tiempo.

Estos autores manifiestan que en maíz el ciclo de vida de un adulto de *P. maidis* es de 24 días aproximadamente a una temperatura de 25 a 27 °C. Las hembras pueden ovipositar de 100 a 600 huevos durante toda su vida, poseen un periodo embrionario de ocho días. La fase ninfal es completada en aproximadamente 17 días y la longevidad de los adultos es variable y está dentro del rango de los 20 a 40 días.

#### **2.3.4 Gusano de la mazorca (*H. zea*)**

Este insecto conocido comúnmente como "gusano de la mazorca", señalada tradicionalmente como una plaga del maíz, más como consecuencia de su presencia frecuente de sus orugas en las mazorcas tiernas que como resultado de una evaluación seria del impacto sobre los rendimientos en granos del cultivo o en el valor de mercado del producto fresco. Las hembras depositan sus huevos en los pistilos de las mazorcas, de las cuales se alimentan las orugas en un primer momento, moviéndose luego hacia el ápice de la mazorca, donde consumen los granos en formación o aquellos en estado muy tierno (Chi Serrano, 2002).

El adulto de esta plaga es una mariposa de color amarillo, que durante el día permanece escondida en los rastrojos, cercos y lugares de escasa luz. Al anochecer, los adultos vuelan por los cultivos y las hembras ovipositan sus huevos, en forma separada uno de otros en los pistilos de la mazorca. Los huevos tienen una forma semiesférica, siendo de color blanco-cremoso cuando están

recién puestos, para cambiar a crema amarillento cuando van a eclosionar (Tejada *et al.*, 2008).

Cada hembra puede ovipositar entre 300 a 500 huevos y potencialmente infestar a un número igual de mazorcas; pudiendo ocasionar un fuerte daño a los cultivos. Después de 2 a 10 días de la postura, de cada huevo nace una oruga que inicialmente se alimenta de los pistilos o barbas frescas, dirigiéndose a la mazorca; luego entra en ella, donde se alimenta por el resto de su vida larval, periodo que puede durar de 2 a 4 semanas (Tejada *et al.*, 2008).

El daño es ocasionado por la oruga que se alimenta de los granos de la mazorca. Al inicio, la oruga consume los granos lechosos de la punta de la mazorca, luego conforme va madurando el grano es consumido en su estado pastoso. La oruga abandona la mazorca ya sea cuando ha cumplido su ciclo larval, o cuando los granos endurecen, a tal punto que ya no son de su agrado. A la cosecha, los granos se observan comidos, completa o parcialmente a través de las hileras de la mazorca. Cuando la oruga se desarrolla completamente dentro de la mazorca, el daño por su consumo puede llegar hasta la base de la misma (Tejada *et al.*, 2008).

### **2.3.5 Borer del maíz (*D. lineolata*)**

Los huevos son puestos en filas yuxtapuestas de 1 - 10, son aplanados y ovalados; recién puestos son transparentes, pero después de 2 días presentan bandas rojas. Las orugas son cremosas con puntos negros o café en cada segmento; Las orugas pueden llegar a medir hasta 25 mm de largo. Los adultos son cremosos o gris claro y miden 20 - 40 mm con las alas extendidas. Normalmente este insecto mantiene poblaciones bajas, debido a los biorreguladores. En sitios en que la plaga ha sido seria, se debe practicar la rotación de cultivos, el intercalamientos, destruir los residuos de cosecha, especialmente en las partes inferiores de los tallos, sembrar tempranamente y realizar una buena fertilización. El combate químico es a menudo ineficaz y

restringido a la época entre la eclosión del huevo y antes de que la larva penetre el tallo (Iannone, 2009).

## **2.4 Principales métodos de control**

Durante muchos años, para reducir los efectos nocivos de insectos, se ha dependido del uso de insecticidas químicos, los que son asperjados o espolvoreados; en muchas ocasiones las efectividades han sido bajas, debido a que estas se han realizado pasado el momento crítico de la plaga y la etapa fenológica más apropiada del cultivo o después que los daños son irreversibles; incluso se ha pretendido aminorarla cuando prácticamente el cultivo alcanza un tamaño que imposibilita la entrada de las máquinas al campo (Pérez, 2006 ).

Los insecticidas ponen en riesgo la salud de los campesinos que utilizan estos productos, así como la población que consume alimentos con residuos, porque estos productos son intrínsecamente sustancias tóxicas, con efectos de toxicidad aguda y crónica. Recientemente se ha atribuido a los insecticidas y otros pesticidas efectos negativos sobre el sistema inmunológico de las personas, lo que los pone en mayor riesgo para desarrollar diversas enfermedades (González, 2002).

El desarrollo de medios biológicos para el control de insectos nocivos lleva implícito la búsqueda de patógenos eficaces, mediante los cuales se puedan obtener biopreparados masivamente e ir sustituyendo gradualmente las aplicaciones químicas sobre la base de la efectividad de los medios biológicos aplicados (Méndez, 2007).

Dentro del modelo agrícola cubano, uno de los elementos claves, es el desarrollo e implementación de técnicas de manejo de plagas, que tienen como fundamento la reducción o eliminación del uso de los plaguicidas sintéticos. Contrario a lo que muchos piensan, la implementación de estas técnicas no tienen su causa en la

crisis económica que desde 1990 vive la nación cubana, pues de los primeros años de la década del 80 se implementaron en el país prácticas con el manejo de plaga que tenían como base la búsqueda de alternativas a los plaguicidas sintéticos, pues ya empezaban a manifestarse de forma notoria los efectos negativos del uso intensivo de los mismos en el control de plagas (Pérez, 1999).

#### **2.4.1 Lucha biológica**

En los agroecosistemas se pueden presentar enemigos naturales como parasitoides y depredadores, virus, protozoarios, nematodos, hongos y bacterias que pueden llegar a controlar de manera efectiva a la plaga, a esto se le denomina control biológico natural. Los parasitoides son a menudo los enemigos naturales más eficientes de las plagas, éstos matan a sus huéspedes para poder completar su desarrollo (Van Driesche *et al.*, 2007).

Los efectos negativos de los plaguicidas (resistencia, resurgencia, desarrollo de plagas nuevas, daño ambiental y daño a la salud humana) han conducido al cuestionamiento de esta estrategia fitosanitaria. Como consecuencia de estos efectos secundarios, se ha reconocido que la ocurrencia de plagas es la manifestación del desbalance en las relaciones ecológicas que existen en los ecosistemas agrícolas, los cuales ocasionan la destrucción de los mecanismos de regulación natural de las plagas. El control biológico de plagas, es una de las tecnologías fitosanitarias cuyo desarrollo está científicamente respaldado y es orientado por la ecología y en la mayoría de los programas actuales de manejo integrado, es una de las herramientas indispensables (Lomeli, 2009).

Los parasitoides son los enemigos naturales más utilizados en el control biológico aplicado y juegan un papel fundamental en el control biológico natural y aplicado. En gran medida el uso preferencial de parasitoides sobre depredadores se debe a un mayor nivel de especialización de los primeros; es decir, mientras los insectos depredadores típicamente se alimentan de varios individuos de diversas especies

presa en función de su disponibilidad, los parasitoides sólo son capaces de consumir un huésped. Entonces, la dinámica poblacional de los insectos, comúnmente está más asociada a la de especies parasitoides que a especies depredadoras. Por lo anterior, los parasitoides son identificados con mayor frecuencia como principales responsables de la regulación de las poblaciones de los insectos, en comparación con los depredadores (Bernal, 2007).

Los insectos depredadores se caracterizan por buscar a su presas, la consumen de una vez, la muerte es inmediata y no existe una relación clara entre el número de presas atacadas y el número de depredadores en la próxima generación, estos se alimentan de dos formas, la masticación de la presa y la succión de los líquidos contenidos en el interior de estas (Pérez, 2004).

#### **2.4.2 Manejo agroecológico de plagas**

La disciplina científica que enfoca el estudio de la agricultura desde una perspectiva ecológica se denomina «agroecología» y se define como un marco teórico cuyo fin es analizar los procesos agrícolas de manera más amplia. El enfoque agroecológico considera a los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio; y en estos sistemas, los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son investigadas y analizadas como un todo (Altieri y Nicholls, 2012).

Las principales prácticas de manejo agroecológico a nivel de finca pueden considerar el seguimiento y decisiones, la diversificación florística, el manejo de suelo, el manejo de material de siembra, el manejo del cultivo, conservación de biorreguladores de plaga, el saneamiento de la finca, elaboración y uso de preparados botánicos, la utilización de preparados microbiológicos, liberación de artrópodos entomófagos, los sistemas de trampas de captura, el uso de plaguicidas minerales y la conservación de la biodiversidad funcional. Una finca

diversificada o agroecológica es un sistema de producción complejo (Vázquez, 2010).

Los sistemas de policultivos ejercen efectos sobre los insectos plaga, reducen los niveles de daños económicos, al incrementar la diversidad de especies de cultivos, se aumentan las especies de reguladores biológicos naturales, así como el número de presas, néctar y polen, mayor estabilidad microclimáticas y estimulan las sinergias de la resistencia asociacional de los cultivos, por que confunden a los insectos plaga en la localización de sus hospederos por el enmascaramiento de los olores volátiles de sus plantas y no logran causar daños, también permite que los agricultores obtengan sobre rendimientos económicos como ecológicos garantizando la salud humana y ambiental (Gutiérrez *et al.*, 2008).

Según Vázquez y Fernández (2007), el manejo agroecológico de plagas tiene varias características fundamentales, que son:

- Manejar las plagas al nivel del sistema de producción o la finca, bajo el modelo de desarrollo endógeno.
- Otorgar prioridad a las prácticas agronómicas que tienen efecto preventivo o supresora sobre la incidencia de plagas.
- Favorecer la conservación de la diversidad biológica, sea la existente en el sistema de producción o la introducida.
- Lograr una gran participación de los técnicos o extensionistas y el agricultor, así como la comunidad agraria en los diferentes procesos.

Esto quiere decir que el manejo agroecológico de plagas no se concentra en la plaga o el campo cultivado, sino que incluye la finca o sistema de producción, ya que trata de influir sobre las causas por las cuáles los organismos nocivos arriban a los cultivos y se incrementan.

### **2.4.3 Lucha química**

Según González (2002), un plaguicida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar plagas, incluyendo los vectores de enfermedades a humanos o animales, especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, también aquellos que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otros organismos en sus cuerpos. Estas sustancias químicas constituyen un importante agente contaminante del medio natural, por lo cual se hace tan importante conocer y reflexionar sobre los efectos secundarios que acarrearán la aplicación de plaguicidas en los tratamientos agrícolas para el control de plagas en los cultivos, aún más si este uso es arbitrario, irracional e inconsciente.

#### **2.4.3.1 Efecto de la lucha química sobre los enemigos naturales**

Los insecticidas se caracterizan por tener un amplio espectro y ser tóxicos, actúan de forma muy negativa sobre las diferentes especies inocuas como son, los insectos benéficos entre los cuales figuran los enemigos naturales y los polinizadores. Entre los principales daños de estos productos a la fauna benéfica figuran: ascenso de plagas secundarias al lugar de plagas importantes por reducción de hábitat, causa resistencia en insectos plagas, eliminan insectos polinizadores y afectan gran cantidad de plantas cultivadas, lo que propicia los bajos rendimientos en las cosechas (Sostenes, 2011).

El uso de los plaguicidas, además de los efectos antes señalado sobre los biorreguladores, puede acarrear otros como ruptura del equilibrio biológico que se establece en la naturaleza, contribuyendo así a que aumenten las poblaciones de insectos que anteriormente no constituían plagas y los productores tengan que

umentar sus dosis de aplicación para lograr control, además de invertir más dinero en adquirir los mismos (González, 2002).

## **2.5 La biodiversidad**

La biodiversidad es una característica compleja de los sistemas biológicos que se manifiesta a distintas escalas espaciales y temporales. Las bases para su conservación sólo pueden alcanzarse mediante un enfoque integrador basado en los conocimientos de la ecología, genética, biogeografía, biología evolutiva, sistemática y disciplinas afines. Aún con lo complicado de esta aproximación, resulta urgente encontrar soluciones por la rapidez con que los cambios ambientales locales, regionales y globales están afectando la diversidad biológica. El interés por conservar la biodiversidad trasciende el ámbito científico, pues tiene múltiples valores para la sociedad contemporánea, incluidos los económicos, funcionales, culturales, morales y estéticos (Moreno, 2010).

La biodiversidad es el grado de variación entre los organismos vivos y los complejos ecológicos de los que forman parte. Se encuentra distribuida heterogéneamente entre paisajes, hábitats y regiones, por lo que su cuantificación a distintas escalas permite planear estrategias para su manejo y conservación (Crist y Veech, 2006).

Si bien la pérdida de especies ha ocurrido siempre como un fenómeno natural, el ritmo de la extinción se ha acelerado de manera espectacular como resultado de la actividad humana. Los ecosistemas se están fragmentando o desapareciendo y numerosas especies están en disminución o ya extintas. La principal causa de disminución de la diversidad biológica a nivel mundial es la pérdida y fragmentación de hábitat, provocada en gran medida por la deforestación para usos de la tierra con fines agrícolas, ganaderos o para asentamientos humanos. Otras causas que conllevan a la pérdida de la diversidad biológica son: tala y quema de bosques, sobrepastoreo, sobrepesca, monocultivo, uso irracional de

pesticidas y otros productos químicos tóxicos, conversión de terrenos silvestres para usos agrícolas y urbanos, manipulación genética irracional de especies (Fernández *et al.*, 2000).

Existen evidencias científicas de años de estudio que la biodiversidad no es sólo esencial para la regulación de plagas, sino que provee la base biológica para la sostenibilidad del agroecosistema (Altieri y Nicholls, 2007). En América Latina, los agricultores tradicionales han utilizado por siglos la biodiversidad de cultivos como componente clave en el diseño y manejo de sus sistemas integrados de producción.

Cuando se habla de biodiversidad se hace referencia a todas las especies de plantas, animales y microorganismos que existen e interactúan recíprocamente dentro de un ecosistema. En todos los agroecosistemas, existen polinizadores, enemigos naturales, lombrices de tierra y microorganismos del suelo, todos componentes claves de la biodiversidad que juegan papeles ecológicos importantes al mediar procesos como integración genética, control natural, ciclaje de nutrientes, descomposición. El tipo y la abundancia de biodiversidad dependen de la estructura y manejo del agroecosistema en cuestión (Altieri y Nicholls, 2007).

La biodiversidad agrícola es el indicador de mayor importancia para la sostenibilidad general de los agroecosistemas; ella refleja en su relación directa o indirecta, los cambios que ocurren a favor o en contra de la sostenibilidad, su riqueza natural actual y futura, es seguridad económica, alimentaria, de producción, de negociación y seguridad alimentaria para las generaciones presentes y futuras (Brack, 2005).

Los estudios sobre medición de biodiversidad se han centrado en la búsqueda de parámetros para caracterizarla como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas. Sin embargo, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro. En cada unidad geográfica, en cada paisaje, se encuentra un

número variable de comunidades. Por ello, para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, la separación de los componentes alfa, beta y gamma (Moreno, 2010) puede ser de gran utilidad, principalmente para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas.

### **2.5.1 Biodiversidad alfa**

Actualmente existen muchos índices, muy distintos unos de otros, para medir la diversidad alfa de un sitio. Estos índices han sido desarrollados para medir distintos aspectos, como son el número de especies (riqueza específica), la dominancia en la abundancia relativa de algunas especies, la equidad en la abundancia relativa entre todas las especies, o bien, conjuntar en un solo índice información sobre la riqueza específica y equidad. Entre los índices que miden riqueza específica se pueden citar el de Margalef, Menhinick, el alfa de Williams, métodos como la rarefacción, funciones de acumulación de especies y métodos no paramétricos como Chao2, Jackknife y Bootstrap. Entre los índices que miden el grado de dominancia están el de Simpson, la serie de números de Hill y el índice de McIntosh. La equidad en la abundancia proporcional puede medirse con modelos paramétricos (serie logarítmica, geométrica, entre otros) y no paramétricos (Chao1, estadístico Q) además de los índices clásicos de Shannon-Wiener, Pielou, Brillouin (Halffter, 2000).

### **2.6 El monocultivo como forma de producción**

Gaitán (2004), señala que la producción en monocultivo, ha sido la causa del deterioro nutricional de las familias rurales, de riesgos, vulnerabilidades y dependencias innecesarias, de la no viabilidad económica de los pequeños agricultores y éxodo rural. Con el monocultivo la familia campesina se ve necesitada de abastecerse de alimentos básicos en las ciudades.

Los monocultivos son ambientes poco favorables para los enemigos naturales de las plagas, debido a los altos niveles de perturbación y a la falta de infraestructura ecológica. La capacidad de los depredadores y parasitoides para controlar los invasores es menor en sistemas simplificados que en agroecosistemas diversificados (Landis *et al.*, 2000).

Los insectos herbívoros alcanzan mayores niveles de abundancia y los enemigos naturales menor abundancia en los sistemas agrícolas simples que en los diversificados. El monocultivo al eliminar la diversidad vegetal reduce las fuentes de alimento y de refugio de los organismos fitófagos y de sus enemigos naturales provocando un aumento de los daños producidos por insectos plaga. Los artrópodos por su tamaño pequeño, su diversidad y su alta sensibilidad a las variaciones del ambiente serían buenos indicadores de la heterogeneidad del hábitat, de la biodiversidad del ecosistema y del estado de estrés del ambiente (Lietti *et al.*, 2011).

Resulta ecológicamente erróneo promover monocultivos mecanizados en áreas con una biota compleja, donde las plagas abundan durante todo el año y la lixiviación de nutrientes es un obstáculo considerable. En estos casos, es más ventajoso imitar los ciclos naturales, en lugar de tratar de imponer ecosistemas simplificados en áreas donde son naturalmente complejos. Por esta razón, muchos investigadores creen que los ecosistemas sucesionales son modelos particularmente apropiados para el diseño de agroecosistemas tropicales sostenibles (Altieri y Nicholls, 2004).

## **2.7 El policultivo como forma de producción**

El estudio de los sistemas de policultivos nos enfrenta a los desafíos del desarrollo rural en América Latina, ya que los problemas ambientales de la agricultura no son sólo ecológicos, sino que también son parte de un proceso social, económico y político. Poco a poco hemos caído en cuenta de que las causas generadoras de

los problemas de plagas son inherentes a las características del sistema económico prevaleciente, que estimula el establecimiento de monocultivos especializados de gran escala, altamente dependientes de insumos externos y que peligrosamente simplifican los paisajes agrícolas tornando más vulnerables a los sistemas agrícolas homogéneos (Altieri y Nicholls, 2007).

Los sistemas de policultivos ejercen efectos sobre los insectos plaga, reducen los niveles de daños económicos, al incrementar la diversidad de especies de cultivos, se aumentan las especies de reguladores biológicos naturales, así como el número de presas, néctar y polen, mayor estabilidad microclimática y estimulan las sinergias de la resistencia asociacional de los cultivos, por que confunden a los insectos plaga en la localización de sus hospederos por el enmascaramiento de los olores volátiles de sus plantas y no logran causar daños, también permite que los agricultores obtengan mayores rendimientos económicos como ecológicos garantizando la salud humana y ambiental (Gutiérrez *et al.*, 2008).

La ventaja esperable de los cultivos múltiples sobre los monocultivos se sustenta en el mayor aprovechamiento de los recursos por parte de los cultivos participantes, incrementando la productividad anual del suelo (Caviglia *et al.*, 2004).

El grado de superposición espacial y/o temporal de los componentes del cultivo múltiple condiciona el tipo y grado de complementariedad en el uso de los recursos. Cuando un cultivo sucede al otro en el mismo terreno (caso de los cultivos múltiples en sucesión) la complementariedad es de tipo temporal, donde cada componente captura los recursos en momentos diferentes durante la estación de crecimiento. En cambio, cuando los cultivos coexisten en la misma superficie, como en el caso de los cultivos intercalados o los cultivos en franjas, la complementariedad en la captura de recursos es de tipo espacial (Sarandón y Chamorro, 2003).

Los sistemas de policultivos han servido de modelos para generar un vasto conocimiento científico, fundamentales para dar origen a las bases ecológicas que sustentan el surgimiento del Manejo Ecológico de Plagas (MEP). Es en esencia, el aprovechamiento de la biodiversidad para prevenir, limitar, o regular los organismos nocivos a los cultivos, significa aprovechar todos los recursos y servicios ecológicos que la naturaleza brinda, es el manejo de plagas con un enfoque de sistema”. Es importante reconocer que se necesitan realizar más investigaciones en policultivos para tener un completo conocimiento de los mecanismos que intervienen en la reducción de plagas, de forma que se puedan idear estrategias para aumentar las ventajas entomológicas de estos sistemas (Gutiérrez *et al.*, 2008).

En particular, intercalar otros cultivos en campos de maíz, como los de cobertura o porte bajo (boniato, frijol y otros), es una práctica que ha aumentado debido a que reduce la incidencia de la palomilla (*S. frugiperda*) por confusión en la orientación de las hembras que acuden al campo de maíz a ovipositar. Con esta práctica también se incrementan las poblaciones y la diversidad de enemigos naturales de la plaga, y se favorece la diversidad de hormigas predadoras (Vázquez, 2010).

## **2.8 Papel de los agroecosistemas en la regulación de plagas**

Un agroecosistema puede ser concebido como un área lo suficientemente grande para incluir los espacios no cultivados que influyen en los cultivos a través de interacciones de comunidades de organismos, materia y energía. Frecuentemente, en los estudios de plagas se ignoran las relaciones con otros cultivos, plantas hospedadoras y comunidades de plantas cercanas, que son de importancia crítica en los ciclos de vida de los fitófagos (Altieri, 2012).

Mientras más diversos son los sistemas productivos, más complejos y estables resultan; cuantos más componentes biológicos haya en los sistemas, mayores mecanismos de autorregulación habrá, y entre mayores sean los mecanismos de autorregulación, mayor será el equilibrio de los sistemas (Jiménez, 2005).

## **2.9 El cultivo del girasol**

El girasol (*Helianthus annuus* L.) procede del oeste de América del Norte. Se utiliza especialmente para la producción de aceite y en menor medida como ornamentales. El ciclo promedio del girasol comprende entre 100 y 150 días, el desarrollo está controlado genéticamente en interacción con factores del ambiente: la temperatura afecta la duración de todas las fases de desarrollo y fotoperiodo sólo modifica algunas de ellas. El cultivo de girasol se realiza tanto bajo prácticas de siembra directa como con laboreo. A mayor profundidad de suelos mayores son las posibilidades de alcanzar altos rendimientos. No es recomendable su cultivo en suelos con espesores inferiores a los 30 cm (Díaz-Zorita *et al.*, 2003).

Las flores del girasol son magníficas para atraer insectos beneficiosos, pues son grandes y abiertas, las que son utilizadas para la alimentación de los adultos de parasitoides y predadores. Esta especie es de gran utilidad como barrera viva y reservorio de enemigos naturales (Vázquez, 2007).

## **2.10 El cultivo del ajonjolí**

El cultivo del ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) ampliamente cultivado en los países de Oriente medio y en la India, su cultivo se ha extendido a otras regiones tropicales y subtropicales. Es una planta herbácea de la familia de las Pedaliáceas, que alcanza hasta 1.5 metros de altura. Sus frutos son unas cápsulas algodonosas que contienen varias semillas aplanadas de 2 a 5 mm de longitud, normalmente son marrones; aunque las hay también de color blanco, rojo

y negro. La cosecha se debe iniciar tan pronto las cápsulas estén secas y han empezado a abrirse, esta se efectúa en forma manual o semimecanizada. A medida que se cortan las plantas, se agrupan en pequeños haces de diez a quince plantas, que se amarran y se dejan sobre el terreno entre diez a veinticuatro horas, para que se sequen. Posteriormente, los pequeños haces se amontonan en grupos de diez a quince, de manera que se forman torrecitas cónicas, con 30 ó 40 cm de diámetro en la parte superior y se colocan sobre el terreno. A los quince días después del corte, los haces están listos para la trilla (Martínez, 2012).

Vázquez (2010), reporta los beneficios del ajonjolí en el manejo integrado de plagas. Entre las utilidades que esta planta brinda a los productores es su utilización como barrera viva, cultivo intercalado, como nematicida contra *Meloidogyne incognita* y como cultivo en rotación.

## **2.11 El cultivo del frijol caupí**

El frijol caupí (*Vigna unguiculata* L.), leguminosa de gran importancia por ser rico en proteínas y fuente de calorías, fibras dietéticas, minerales y vitaminas, tanto en países desarrollados como en subdesarrollados. El frijol complementa con su alto contenido proteico a los cereales y a otros alimentos ricos en carbohidratos, pero pobres en proteínas, proporcionando así una nutrición adecuada (Bascur, 2001).

El frijol caupí es una planta anual y requiere de un clima templado a cálido. Puede crecer con temperaturas relativamente bajas, pero su rendimiento se ve afectado. Temperaturas inferiores a 16 – 18 °C son perjudiciales para el crecimiento de la planta. Entre los factores climáticos cabe destacar la sequía y las altas temperaturas. El stress provocado por el déficit de agua es un fenómeno muy extendido en las zonas productoras de frijoles. Es frecuente la pérdida del cultivo por sequía, si ocurre en plena floración provoca aborto floral y de frutos, además del retraso general de la fenología del cultivo. El exceso de lluvias puede destruir

las plantas por asfixia, puede producir pudrición en las raíces, además de ser un factor de predisposición ante el ataque de enfermedades (MINAGRI, 2003).

En particular, intercalar otros cultivos en campos de maíz, como los de cobertura o porte bajo (frijol común y caupí), es una práctica que ha aumentado debido a que reduce la incidencia de la palomilla (*S. frugiperda*) por confusión en la orientación de las hembras que acuden al campo de maíz a ovipositar (Vázquez, 2007).

Respecto a *S. frugiperda*, principal plaga del maíz en Cuba, las investigaciones realizadas por Mederos (2002), comprobaron que el maíz sembrado en monocultivo es más afectado por esta plaga que cuando se asocia con frijol, sobre todo en las siembras del período poco lluvioso.

## **2.12 El cultivo de la calabaza**

La calabaza (*Cucurbita moschata* Dutch.) utilizada por el hombre en su alimentación de forma directa e indirecta, se cultiva en diferentes zonas geográficas del planeta y en la actualidad son pocos los países que no cultivan esta especie. Su origen aún no ha sido bien precisado, aunque muchos investigadores consideran que es de América, por los hallazgos de semillas en lugares arqueológicos y aseguran que junto al maíz y al frijol, la calabaza fue la base de la alimentación de los Incas, Aztecas y Mayas antes de la colonización española. También está adaptada a ecologías totalmente diferentes, como son los trópicos húmedos de América del sur o las zonas templadas y frías, donde se les cultiva en la época de verano (Huanca, 2008).

Al intercalar calabazas o ajonjolí en siembras de maíz se favorece la regulación de las poblaciones de *S. frugiperda*, ya que las flores de la calabaza, y el ajonjolí contribuyen a la alimentación de los entomófagos de dicha plaga (Vázquez, 2010).

### **2.13 Uso equivalente de la tierra (UET)**

El Uso Equivalente de Tierra, provee una medida de rendimientos alcanzados al cultivar dos o más plantaciones de una forma intercalada, comparando estos resultados con los mismos cultivos, pero sembrados individualmente en un área determinada en forma de monocultivo. El uso equivalente de tierra, como también se le conoce, es la sumatoria de dividir para cada cultivo el rendimiento del policultivo sobre el rendimiento del monocultivo de mayor valor económico, el resultado de esta ecuación no son valores reales de rendimiento, sino que son valores proporcionales que determinan el nivel de interferencia de cultivos intercalados en un tipo de sistema de producción de cultivos (Gliessman, 2002).

Se puede definir UET como la cantidad de tierra necesaria para producir en monocultivo tanto como puede producirse en una hectárea de policultivos (Vandermeer, 1989).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Empresa Agropecuaria municipal de Fomento, provincia de Sancti Spíritus, durante los años 2011, 2012 y 2013 en dos agroecosistemas (llano (70 m s. n. m.) y premontaña (150 m s. n. m.)), en las dos épocas de siembra (Periodo lluvioso y poco lluvioso) para el agroecosistema del llano y solo en el lluvioso para el agroecosistemas premontañoso; dado por la imposibilidad de riego en esas condiciones agroclimáticas.

La ubicación geográfica de los agroecosistemas en estudio, corresponden con el cinturón climático tropical, al cual pertenece todo el archipiélago cubano y a la subregión climática Caribe-Occidental, con vientos estacionales en calma e influencia de la continentalidad.

Las variables climáticas temperatura y humedad relativa media para cada agroecosistema, fueron obtenidas del Centro Meteorológico provincial y se registraron interpolando los datos de las estaciones meteorológicas de los municipios Cabaigúan, Trinidad, Sancti Spíritus y la estación de Villa Clara 78308 (La Piedra), mientras que las precipitaciones fueron obtenidas por el Instituto de Recursos Hidráulico de la provincia de Sancti Spíritus de pluviómetros ubicados a menos de 2 km de los sitios de investigación.

El ecosistema premontañoso en estudio se encuentra en los cuadrantes cartográficos 52-128-50,51, presenta un relieve ondulado, realizándose las labores agrícolas con tracción animal. La temperatura media anual oscila entre los 23,5 - 24 °C, el promedio de precipitaciones anuales en el período lluvioso es de 1 300 – 2 000 mm y en el período poco lluvioso de 260 - 450 mm. La humedad relativa se mantiene durante todo el año por encima de 75 % (Anexo 1). La biodiversidad tanto florística como de la fauna es abundante, con la presencia de grandes áreas de bosques naturales colindantes, dado por su cercanía a las zonas montañosas.

Por su parte el ecosistema del llano, se encuentra en los cuadrantes cartográficos 55-127-9,10, la temperatura media anual oscila entre los 24,5 °C - 25 °C, con promedio de precipitaciones anuales en el período lluvioso es de 1 000 - 1 400 mm y en el período poco lluvioso de 150 - 250 mm. La humedad relativa oscila entre 65 – 80 % según la época del año (Anexo 2). El paisaje agrícola no presenta las mismas condiciones de biodiversidad que el premontañoso, la vegetación está representada por los cultivos agrícolas, vegetación anual (arvenses) y por pequeñas arboledas de frutales.

El suelo predominante y sobre el cual se realizó la investigación para ambos agroecosistemas fue Pardo Sialítico sin Carbonato (Hernández *et al.*, 1999).

El diseño metodológico de la investigación se estructuró en fases que dieron salida cronológicamente y de manera sistémica a los objetivos específicos del estudio, empleándose los métodos de investigación siguiente:

- La observación
- La medición
- El experimento

Se desarrolló un experimento con un diseño experimental de dos factores en parcelas divididas (2 x 5) x 4, en bloques al azar (Figura 1), donde las parcelas grandes fueron los dos agroecosistemas (llano y premontaña) y las parcelas pequeñas los cinco sistemas de cultivos: maíz monocultivo (M), maíz-calabaza (M+C); maíz-frijol caupí (M+F); maíz-ajonjolí (M+A) y maíz-girasol (M+G)) y cuatro réplicas (parcelas). El experimento fue repetido durante los años 2011,2012 y 2013.

Para el sistema del llano en la época poco lluviosa se condujo un experimento con diseño experimental unifactorial de bloque al azar donde se estudiaron los cinco

sistemas de cultivos antes mencionados con cuatro replicas. El experimento también fue repetido los tres años en que se desarrolló la investigación.

Las unidades experimentales (parcelas) en ambos experimentos tenían 0,04 ha (400 m<sup>2</sup>). La distancia entre las parcelas fue de un metro y entre bloques de 1,5 m.



**Figura 1. Diseño de bloques al azar**

Se dispuso de un área experimental en una misma finca por agroecosistema para el diseño de parcela dividida para los tres años. Para el experimento en la época poco lluviosa del agroecosistema del llano se dispuso de otra área en la misma finca del otro experimento. El área de la época lluviosa se rotó con hortalizas (pimientos y pepino) y el área de la poco lluviosa con boniato. Se utilizó el maíz como cultivo principal mientras que la calabaza (*Cucurbita moschata* Duch.), ajonjolí (*Sesamun indicum* L.), girasol (*Helianthus annuus* L.) y frijol caupí (*Vigna unguiculata* L.) como cultivos intercalados.

Para el diseño espacial de los sistemas de policultivos fue de tres surcos de maíz y uno del cultivo intercalado, para lo cual se tuvo como referencia los estudios

realizados por Rodríguez *et al.* (2004) en el instituto de Investigaciones Nacional de Viandas Tropicales (INIVIT), así como los declarados por González (2005) en la provincia de Sancti Spíritus; ambos autores declaran que las variantes de mayor efectividad productiva fueron las de tres surcos de maíz y uno del cultivo intercalado. La siembra de la calabaza se efectuó 20 días antes que el resto de los cultivos, en bolsas de polietileno (20 x 24 cm), con 50 % de materia orgánica (humus de lombriz) y 50 % de tierra, se llevaron al campo en el momento de la siembra del maíz.

La preparación del suelo se realizó según las normas del instructivo técnico: roturación, mullido, cruce, mullido y surcado; todo con tracción animal excepto la rotura que se realizó de forma mecanizada. A los 30 días, se realizó un aporque entre surco, con tracción animal. La fertilización fue con formula completa (9-13-17) en la siembra y una segunda aplicación a los 30 días con urea (46 % de N), coincidiendo con la labor de aporque. Durante la fase vegetativa de los cultivos se realizaron dos aplicaciones de FitoMas-E a razón de 1,5 litros por hectárea, la primera a los 15 días después de la germinación (ddg) y la segunda 15 días después de la primera. Los marcos de siembras y los cultivares utilizados se describen en la Tabla 1. Las fechas de siembra para los tres años en estudio fueron para la época lluviosa en el mes de mayo y para la poco lluviosa fue en diciembre.

**Tabla 1. Cultivares y marcos de siembras utilizados en la investigación**

Cultivos	Cultivares utilizadas	Marco de siembra (m)
Maíz	Criollo	0,90 x 0,30
Calabaza	RG	3,60 x 1,50
Frijol Caupí	INIFAT 93	3,60 x 0,10
Ajonjolí	Acarigua blanco	3,60 x chorrillo
Girasol	Caburé-15	3,60 x 0,30

### **3.1 Determinación del porcentaje de infestación y niveles poblacionales de *S. frugiperda*, *P. maidis*, *H. zea* y *D. lineolata* en cinco sistemas de cultivo de maíz en dos agroecosistemas**

#### **3.1.1 Determinación del porcentaje de infestación y los niveles poblacionales de *S. frugiperda* en los sistemas de cultivos de maíz**

##### **3.1.1.1 Determinación del inicio del ataque por *S. frugiperda* en los sistemas de cultivos de maíz**

El inicio del ataque de *S. frugiperda* se determinó en los dos agroecosistemas y en los dos períodos de siembra del cultivo mediante la observación diaria al cultivo en las parcelas durante los primeros 10 ddg, observando 25 plantas por parcelas (100 por sistema de cultivo) al azar en forma de bandera inglesa (cinco puntos por parcela y cinco plantas por punto), no se aplicó tratamiento de insecticidas para el control de plaga. Se realizó un análisis de proporciones muestrales a los cinco, siete y diez ddg mediante la prueba de Z para n entre 20 - 200, según Lerch (1977), con un 5 % error de probabilidad máximo permisible.

##### **3.1.1.2 Determinación del porcentaje de infestación por *S. frugiperda* en los sistemas de cultivos de maíz**

Los muestreos se realizaron con una frecuencia semanal observando 25 plantas por parcelas (100 plantas por sistema de cultivo) al azar, en forma de bandera inglesa (cinco puntos por parcela y cinco plantas por punto). El porcentaje de infestación se determinó por la fórmula propuesta por el CNSV (2009) y utilizada por Padrón (2000).

$$\% I = \frac{P_i}{P_m} \cdot 100$$

*% I* : porcentaje de infestación

*P<sub>i</sub>*: plantas infestadas

*P<sub>m</sub>*: plantas muestreadas

Los datos de porcentajes de infestación se transformaron en 2 arcoseno de % y se realizó un ANOVA de dos factores para el experimento de parcela dividida y unifactorial para el de la época poco lluviosa en el agroecosistema del llano en el sexto muestreo (pico de infestación), previa comprobación del supuesto de normalidad por la prueba de Kolmogórov Smirnov para lo cual se empleó el paquete estadístico SPSS – versión 15 para Windows. Las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.1.1.3 Determinación del daño causado por *S. frugiperda* en los sistemas de cultivos de maíz en los agroecosistemas en estudio

Para la determinación del daño causado al maíz por *S. frugiperda* se utilizó la metodología de Fernández y Expósito (2000), utilizando una escala visual de cinco grados (Tabla 2). Los muestreos comenzaron a partir de la primera semana después de la germinación y se extendieron con una frecuencia semanal hasta los 70 ddg, ya que a partir de esta fecha se hace notable la disminución de las poblaciones de *S. frugiperda* (Fernández, 2001). En cada planta se revisó el verticilo o última hoja y se anotó las características del daño foliar ocasionado, evaluado mediante una escala de cinco grados. Se evaluaron cinco puntos al azar por parcela y en cada uno de ellos se observaron 5 plantas consecutivas, para un total de 25 plantas por parcela y 100 plantas por sistema de cultivo

**Tabla 2 Escala visual para estimar el daño ocasionado por *S. frugiperda* al cultivo del maíz (Fernández y Expósito, 2000)**

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

El daño foliar promedio (DFP) de cada muestreo se calculó mediante la fórmula descrita y utilizada por Fernández y Expósito (2000).

$$DFP = \frac{\sum (F_i \cdot X_i)}{N}$$

Donde:

*DFP*: daño foliar promedio del muestreo; *X<sub>i</sub>*: valor de las observaciones (entre 1 y 5, de acuerdo a la escala de daños); *F<sub>i</sub>*: frecuencia (número de observaciones) de cada valor; *N*: número total de observaciones realizadas (plantas examinadas).

Los datos del daño foliar fueron transformados en raíz de  $x + 0,5$ . Con los datos promedio se realizó un ANOVA unifactorial a los 14, 28, 42 y 56 ddg en los agroecosistemas en estudio previa comprobación del supuesto de normalidad por la prueba de Kolmogórov Smirnov, para lo cual se empleó el paquete estadístico SPSS – versión 15 para Windows. Los valores fueron comprados por la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

#### **3.1.1.4 Determinación de la relación existente entre el daño foliar promedio (DFP) y el porcentaje de plantas gradología 4 y 5**

#### **3.1.1.5 Determinación de la relación existente entre el peso de las mazorcas y la gradología de daño causado por *S. frugiperda***

Para establecer la relación existente entre las variables antes declaradas (3.1.1.4. y 3.1.1.5) se realizó un análisis de tendencia, previa una estimación curvilínea (regresión), se evaluaron varios modelos y su prueba de ANOVA correspondiente, luego de seleccionar el más adecuado según el coeficiente de determinación, se realizó el estudio de tendencia mediante software profesional Microsoft Office Excel versión 2010 sobre Windows 8 de 32 bit, graficándose los resultados.

### 3.1.2 Determinación del porcentaje de infestación y los niveles poblacionales de *P. maidis* en los sistemas de cultivos de maíz

#### 3.1.2.1 Determinación de la intensidad expresada en índices de *P. maidis* por plantas en los sistemas de cultivos de maíz

El muestreo se realizó con frecuencia semanal a partir de la primera semana después de germinado hasta la décima semana, se cuantificaron visualmente todos los estados de *P. maidis* presentes en cada planta. Se observaron 25 plantas por parcelas (100 plantas por sistema de cultivo) al azar, en forma de bandera inglesa (cinco puntos por parcela y cinco plantas por punto). La intensidad de *P. maidis* por planta se calculó mediante la fórmula recomendada por Padrón (2000).

$$I = \frac{Ti}{Pm}$$

Donde:

*I*: intensidad de insectos por planta; *Ti*: total de insectos; *Pm*: plantas muestreadas

Los datos de intensidad de ataque se transformaron en 2 arcoseno de % y se realizó un ANOVA de dos factores para el experimento de parcela dividida y unifactorial para el de la época poco lluviosa en el agroecosistema del llano en el sexto muestreo (pico de infestación), previa comprobación del supuesto de normalidad por la prueba de Kolmogórov Smirnov para lo cual se empleó el paquete estadístico SPSS – versión 15 para Windows. Las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### **3.1.2.2 Determinación del porcentaje de infestación causado por *P.maidis* en los sistemas de cultivos de maíz**

Los muestreos se realizaron de igual manera que para determinar la intensidad de *P. maidis* por planta (acápite 3.1.2.1). El porcentaje de infestación se calculó mediante la fórmula del CNSV (2009) y utilizada por Padrón (2000), ya descrita anteriormente para *S. frugiperda*.

Con los datos de porcentaje de infestación se realizó un ANOVA para los dos experimentos, previa comprobación de la normalidad, con la comparación de media y el nivel p similares a la forma realizada para la variable del epígrafe 3.1.1.2.

### **3.1.3 Determinación del porcentaje de infestación causado por *H. zea* en los sistemas de cultivos de maíz**

El muestreo se realizó, aproximadamente sobre los 95 días, observándose 5 puntos por parcela al azar y 5 plantas por punto para un total de 25 plantas por parcelas y 100 plantas por sistema de cultivo, revisando las mazorcas en busca de orugas de *H. zea*. El cálculo del porcentaje de infestación se realizó mediante la fórmula del CNSV (2009) y utilizada por Padrón (2000), ya descrita anteriormente en el acápite 3.1.1.2.

Con los datos de porcentaje de infestación se realizó un ANOVA para los dos experimentos previa comprobación de la normalidad, con la comparación de media y el nivel p similares a la forma realizada para la variable del epígrafe 3.1.1.2.

### **3.1.4 Determinación del porcentaje de infestación causado por *D. lineolata* en los sistemas de cultivos de maíz en los agroecosistema en estudio**

El muestreo se realizó, al igual que para *H. zea*, aproximadamente sobre los 95 días, se examinaron los tallos de las plantas en 5 puntos por parcela al azar y 5 plantas por punto para un total de 25 plantas por parcelas y 100 plantas por sistema de cultivo en buscas de orificios. Las plantas que presentaron orificios se revisaron y cuantificó la presencia de orugas, así como la localización del orificio en el tallo. El cálculo del porcentaje de infestación se realizó mediante la fórmula del CNSV (2009) y utilizada por Padrón (2000), ya descrita anteriormente en el acápite 3.1.1.2.

Con los datos de porcentaje de infestación se realizó un ANOVA para los dos experimentos previa comprobación de la normalidad, con la comparación de media y el nivel p similares a la forma realizada para la variable del epígrafe 3.1.1.2.

## **3.2 Determinación de los beneficios ecológicos de los sistemas de cultivo de maíz en estudio**

### **3.2.1 Identificación de las especies de insectos asociados al cultivo del maíz en los sistemas de cultivos en estudio**

Se realizaron muestreos cada siete ddg, en cada evaluación se revisaron 25 plantas por parcelas en cinco puntos de muestreo con cinco plantas por punto empleado, para un total de 100 plantas por sistema de cultivo, utilizando el método de bandera inglesa. Los insectos colectados fueron embalados en alcohol al 70 % y enviados para su diagnóstico al laboratorio de Taxonomía del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de la Universidad Central Marta Abreu de las Villas (UCLV), utilizando métodos convencionales de diagnóstico como observación directa, uso de microscopio estereoscopio y empleo de claves y

descripciones de especies. Para la descripción de los mismos se conformó una lista con sus nombres científicos y vulgares (fitófagos y depredadores). Los insectos colectados fueron los que se encontraban encima de las plantas de maíz. Los muestreos se realizaron en horas tempranas de la mañana.

Para los parasitoides de *S. frugiperda*, se realizaron muestreos a los 14, 35, 42 y 63 ddg, colectando orugas y puestas de huevos, las orugas se colocaron en recipientes con aserrín y se le alimentaron con hojas de maíz todos los días y al emerger los parasitoides se enviaron al CIAP de la UCLV. Para *P. maidis* igualmente se colectaron hojas a los 14, 35, 42 y 63 ddg de la parte apical de la planta y se colocaron en recipientes y se revisaron diariamente para determinar si existía presencia de enemigos naturales, las muestras fueron enviadas al CIAP. Para determinar los parasitoides de *H. zea* y *D. lineolata* se evaluaron 100 plantas por sistema de cultivo (25 plantas por parcelas) alrededor de los 95 días y se colectaron las orugas existentes. Para *H. zea* se colocaron en recipientes y se alimentaron con porciones de mazorcas con granos en estado pastoso hasta la emergencia de los adultos o los parasitoides. En el caso de *D. lineolata*, los tallos que presentaron galerías se fraccionaron y se le realizó una incisión para determinar la presencia de la oruga, las porciones de tallos con orugas se colocaron en grandes frascos hasta la emergencia de los adultos o los parasitoides.

### **3.2.2 Determinación de los índices ecológicos en los sistemas de cultivos de maíz en estudio**

Los índices ecológicos se determinaron con el objetivo de monitorear la biodiversidad de las comunidades en cada sistema de cultivo, los cuales fueron descritos según criterios de Moreno (2001), como se muestra a continuación:

### **Riqueza específica (S)**

Es la forma más sencilla de medir la biodiversidad basada únicamente en el número de especies presentes sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especie(S)

### **Diversidad (H)**

Se determinó a través del Índice de Shannon – Wiener. Expresa la uniformidad de los valores de importancia través de todas las especies de la muestra.

$$\left( H' = -\sum p_i \cdot \ln p_i \right)$$

Donde

*H*: diversidad de especies; *P<sub>i</sub>*: abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

### **Dominancia (D)**

Se determinó mediante el Índice de Simpson. Es un parámetro inverso a la uniformidad y equidad. Está fuertemente influido por la especie más dominante, sin evaluar la contribución del resto de las especies.

$$D = \sum (p_i)^2$$

Donde

*D*: dominancia; *P<sub>i</sub>*: abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

### **Equidad:**

Corresponde al cociente entre diversidad real y la máxima, indicando en los valores próximos a 1, que la comunidad está equilibrada:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde

*E*: equidad; *S*: número de especies colectadas; *H*: Diversidad

Esto se realizó para el total de especies registradas en cada agroecosistema (tratamientos) y para cada época del año en que se desarrolló la investigación.

Se realizó un ANOVA unifactorial para cada índice evaluados por año, agroecosistema y época de siembra, previa comprobación de la normalidad para lo cual se empleó el paquete estadístico SPSS – versión 15 para Windows. Las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### **3.2.3 Establecimiento de la relación predador–presa en los sistemas de cultivos de maíz en estudio**

Se utilizó la metodología modificada por Vázquez (2008), la que describe la relación entre la población que preda y la población predada que se hallan en el cultivo. Se evaluaron 30 puntos/ha al azar (2 puntos/parcelas), de un metro cuadrado, la evaluación se realizó durante un minuto de observación, contando la cantidad de individuos del predador y de la presa.

La relación predador - presa se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$RPp = \frac{P}{p}$$

Donde

*P*: Es el total de individuos predador en fase activa; *p*: es el total de individuos de la plaga.

### **3.2.4 Determinación del Índice de Parasitismo Global (IPG) en los sistemas de cultivos de maíz en estudio**

Se utilizó la metodología modificada por Vázquez (2008), la cual describe al índice de parasitismo como la resultante de todo el parasitismo que se manifiesta en la población de una especie de fitófago que habita un cultivo. Se expresa en porcentaje e incluye los parasitoides (Hymenoptera y Diptera), los parásitos y los patógenos (hongos, bacteria y virus).

Para realizarlo se colectaron al azar 100 individuos / hectárea (4 por parcelas, 16 por sistema de cultivo) de la especie plaga, colocándolos en bolsas o recipientes plásticos y se trasladaron a un local donde fueron separados en: individuos parasitados (IP), individuos enfermos (IE), pupas de las cuales han emergido parasitoides (PP).

El índice de parasitismo global se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$IPG = \frac{IP + IE + PP}{TE}$$

Donde:

*IPG*: índice de Parasitismo Global; *IP*: individuos con síntomas de parasitismo, expresados en cambios de coloración, oscurecimiento característico de la presencia de larvas y pupas del parasitoide; *IE*: individuos donde se observa en su exterior el endurecimiento y oscurecimiento general, la esporulación del hongo entomopatógeno, aspecto lechoso de la hemolinfa atacada por bacterias; *PP*: se observa el orificio circular de la salida del parasitoide; *TE*: Total de individuos evaluados.

### **3.3 Determinación de los beneficios productivos y económicos de los sistemas de maíz en estudio**

#### **3.3.1 Determinación del uso equivalente de la tierra (UET) en las diferentes variantes en estudio**

Para determinar el rendimiento del maíz de cada parcela se utilizó la metodología descrita por Martín (2000), se tomaron al azar 20 muestras de 1 m<sup>2</sup>, se cosecharon y pesaron las mazorcas con una balanza de plato. El rendimiento en seco se estimó a través del uso de un factor de conversión (0,40), determinado por investigador anteriormente citado.

Los rendimientos de los cultivos intercalados (calabaza, frijol, ajonjolí y girasol) en monocultivo fueron tomados de los obtenidos en parcelas aledañas al diseño en el mismo área experimental y en las mismas condiciones agroclimáticas en estudio. Los rendimientos se calcularon según las normas del ministerio de la agricultura para cada cultivo en particular.

Para el cálculo del UET se utilizó la fórmula de Vandermmmer (1989).

$$U.E.T = \frac{P1}{M1} + \frac{P2}{M2}$$

Donde:

U. E. T - Uso Equivalente de la tierra

P1- Producción del cultivo 1 en policultivo

M1- Producción del cultivo 1 en monocultivo

P2- Producción del cultivo 2 en policultivo

M2 Producción del cultivo 2 en monocultivo

### 3.3.2 Valoración de la factibilidad económica de los sistemas de maíz en los agroecosistemas en estudio

Para el análisis económico se utilizó la metodología de Pérez y Álvarez (2005), utilizada por Rodríguez (2014), esta se realizó para una hectárea a partir de los elementos de costo involucrados en la investigación en las fases del cultivo (maíz) (anexos 3 y 4). El valor de la producción se calculó según los rendimientos en (t ha<sup>-1</sup>) y del precio de venta en moneda nacional (CUP) de la tonelada del producto cosechado fue el establecido por la Empresa de Acopio del MINAG de la provincia de Sancti Spiritus durante el proceso de venta de la producción obtenida: maíz (\$ 4 340,00); calabaza de (1 736,00); frijol caupí (\$ 10 850,00); ajonjolí (\$ 23 870,00) y girasol (\$ 13 020,00).

Para el valor de compra de las semillas se tuvo en cuenta los fijados en moneda nacional por la Empresa Productora y Comercializadora de Semilla de la propia provincia: maíz (\$ 9,76 kg<sup>-1</sup>), frijol caupí (\$ 10,85 kg<sup>-1</sup>), calabaza (\$ 173,60 kg<sup>-1</sup>), ajonjolí (\$ 23,87 kg<sup>-1</sup>) y girasol (\$ 13,02 kg<sup>-1</sup>).

Las expresiones fundamentales utilizadas en el proceso de cálculo de los índices seleccionados fueron las siguientes:

$$Bb = R \cdot P_v \qquad Bn = Bb - CP \qquad B / C = \frac{Bn}{CP}$$

$$CU = \frac{CP}{Q \circ} \qquad CPP = \frac{CP}{Pv \cdot Q} \qquad PEE = \frac{Cf_{TOTAL}}{1 - \frac{Cv_{TOTAL}}{Bn}}$$

Donde.

*Bb*: Ingresos brutos ( $\$ \text{ ha}^{-1}$ ), *R*: rendimiento  $\text{t ha}^{-1}$ ; *Pv*: precio de venta de la producción obtenida; *Bn*: beneficio neto ( $\$ \text{ ha}^{-1}$ ), *CP*: costo de producción ( $\$ \text{ ha}^{-1}$ ); *B/C*: relación beneficio costo, *CU*: costo unitario ( $\$ \text{ t}^{-1}$ ), *CPP*: costo por peso de producción ( $\$$ ), *Q<sub>0</sub>*: volumen de producción, *PEE*: punto de equilibrio económico, *Cf*: costo fijo total y *Cv*: costo variable total.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**4.1 Determinación del porcentaje de infestación y niveles poblacionales de *S. frugiperda*, *P. maidis*, *H. zea* y *D. lineolata* en cinco sistemas de cultivos de maíz en dos agroecosistemas.**

**4.1.1 Determinación del porcentaje de infestación y los niveles poblacionales de *S. frugiperda* en los sistemas de cultivos de maíz**

**4.1.1.1 Determinación del inicio del ataque por *S. frugiperda* en los sistemas de cultivos de maíz**

### **Época lluviosa**

En el agroecosistema del llano el inicio de la afectación por *S. frugiperda* al cultivo del maíz para todos los sistemas de cultivos fue en los primeros 10 días después de la germinación de las plantas. No se presentó diferencias estadísticamente en el año 2011 para ningún sistema de policultivo con respecto al monocultivo; en el 2012 solo tuvieron diferencias significativas los sistemas M+C y M+F a los siete ddg. En el 2013 presentaron diferencias a los siete ddg para todos los sistemas de policultivos respecto al monocultivo, ya a los 10 días las diferencias estuvieron solo entre los sistemas M+C y M+F respecto al monocultivo (Anexo 5). Estos resultados mostraron menor infestación por *S. frugiperda* para los sistemas de policultivos M+C y M+F que el monocultivo durante los primeros 10 ddg.

Para el agroecosistema premontañoso no existieron diferencias significativas entre los policultivos con relación al monocultivo, solo el sistema de cultivo M+C a los siete y 10 ddg con el monocultivo durante el 2013 (Anexo 6). En el monocultivo fue donde primero apareció *S. frugiperda*, al tercer día posterior a la germinación. Al

igual que en el agroecosistema del llano, M+C fue el menos infestado. Los de mayor infestación fueron el monocultivo y M+G, en este orden.

La afectación que provoca *S. frugiperda* en los primeros 10 ddg al maíz consiste en raspados de las hojas, que provocan pequeñas manchas traslúcidas y pueden debilitar la plántula. Resultados similares fueron reportados por Rojas (2000), Negrete y Morales (2008), y García (2009), al señalar que las orugas recién nacidas comienzan el ataque a la parte carnosa de la hoja, y pueden notarse pequeñas manchas donde han comido.

### **Época poco lluviosa**

En la época poco lluviosa solo presentaron diferencias con respecto al monocultivo en el año 2013; a los cinco ddg los sistemas de cultivos M+C y M+F, mientras que a los siete días M+C también tuvo diferencias con el monocultivo (Anexos 7).

Estos resultados evidencian que en los primeros 10 ddg la infestación por *S. frugiperda* fue menor para los tratamientos M+C y M+F, respecto al monocultivo en las dos épocas de siembra en estudio y coinciden con lo expuesto por Rojas (2000) y García (2009) al afirmar que *S. frugiperda* está presente desde el mismo momento de la germinación, tanto en el periodo lluvioso como poco lluvioso, y su incidencia aumenta con el desarrollo del cultivo.

#### **4.1.1.2 Determinación del porcentaje de infestación por *S. frugiperda* en los sistemas de cultivos de maíz y agroecosistemas en estudio**

### **Época lluviosa**

El análisis estadístico de la infestación por *S. frugiperda* en el año 2011 mostró diferencia para la interacción de los agroecosistemas con los sistemas de cultivos,

así como entre los dos agroecosistemas y entre los diferentes sistemas de cultivos. El mayor nivel de infestación por *S. frugiperda* se presentó en el agroecosistema del llano con el monocultivo, seguido en segundo orden el agroecosistema de premontaña con el monocultivo. Los menores niveles de infestación se observaron en el agroecosistema premontaña con los cuatro sistemas de policultivos (Tabla 3), donde la media general fue 1,25 menor la infestación que la del llano. Estos resultados evidencian que el monocultivo favorece el desarrollo de la plaga en los dos agroecosistemas, mientras que el agroecosistema de la premontaña en cualquiera de los sistemas de policultivos estudiados propicia condiciones para una menor infestación. El sistema de cultivo M+G fue el de mayor infestación dentro de los sistemas de policultivos para ambos agroecosistemas.

**Tabla 3. Porcentaje de infestación al maíz por *S. frugiperda* para cada sistema de cultivos y agroecosistemas en estudio para la época lluviosa del 2011**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M+F	M+A	M+G		
Agroecosistemas	Infestación (%)						
	Medias de las interacciones					Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	37,25B	21,00F	23,00F	22,00F	25,00E	25,65b	
Llano	44,00A	26,0E	29,00D	29,00D	33,00C	32,20a	
Media sistemas de cultivos	40,62a	23,50d	26,00c	25,00c	29,00b	28,92	0,263
Error Típico	0,294					0,131	
CV (%)						22,27	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

La infestación por *S. frugiperda* durante el año 2012 tuvo un comportamiento similar al del 2011. La mayor infestación se estableció en el monocultivo del llano, seguido por el monocultivo de la premontaña. En el llano en todos los sistemas de

cultivos estudiados (incluyendo el monocultivo) fue superior que en cada sistema de cultivo similar en el agroecosistema de premontaña (Tabla 4). Los tratamientos menos infestados fueron el M+C y M+A en premontaña, sin diferencias entre ellos. El sistema de policultivo más infestado resultó el M+G en el llano.

**Tabla 4. Porcentaje de infestación al maíz por *S. frugiperda* para cada sistema de cultivos y agroecosistemas en estudio para la época lluviosa del 2012**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M+F	M+A	M+G		
Agroecosistemas	Infestación (%)						
	Medias de las interacciones					Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	35,70B	17,00H	22,15F	16,30H	21,00F	22,0b	
Llano	39,10A	24,00E	27,00D	23,70E	28,60C	28,51a	
Media sistemas de cultivos	37,40a	20,50d	23,50c	20,80d	24,8b	25,20	0,118
Error Típico	0,55					0,167	
CV (%)						28,80	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

En el 2012 la infestación decreció respecto al 2011 en 1,14 veces, coincidiendo con lo informado por Altieri y Nicholls (2009), de que los sistemas de policultivos contribuyen al manejo de plagas.

El año 2013 mantuvo un comportamiento similar a los años anteriores, pero con valores en la infestación de 1,22 y 1,06 menor que los años 2011 y 2012 respectivamente. Continúa el agroecosistema premontañoso con menor infestación que el llano y el monocultivo es el sistema más infestado para ambos agroecosistemas. De igual manera, los sistemas M+C y M+A en premontaña fueron los más favorecidos, sin diferencias entre ellos. Los tratamientos de M+G y M+F en el llano fueron los sistemas de policultivos más infestados sin diferencias

entre ellos (Tabla 5). De forma general los tratamientos M+A y M+C fueron los menos infestados por *S. frugiperda* para ambos agroecosistemas.

**Tabla 5. Porcentaje de infestación al maíz por *S. frugiperda* para cada sistema de cultivos y agroecosistemas en estudio para la época lluviosa del 2013**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M+F	M+A	M+G		
Agroecosistemas	Infestación (%)						
	Medias de las interacciones					Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	34,41B	16,25F	20,00D	15,41F	20,37E	21,34b	
Llano	36,41A	21,60E	25,42C	20,93E	25,00C	26,05a	
Media sistemas de cultivos	35,46a	18,92c	22,78b	18,17c	23,13b	23,69	0,135
Error Típico	0,725					0,190	
CV (%)						28,70	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

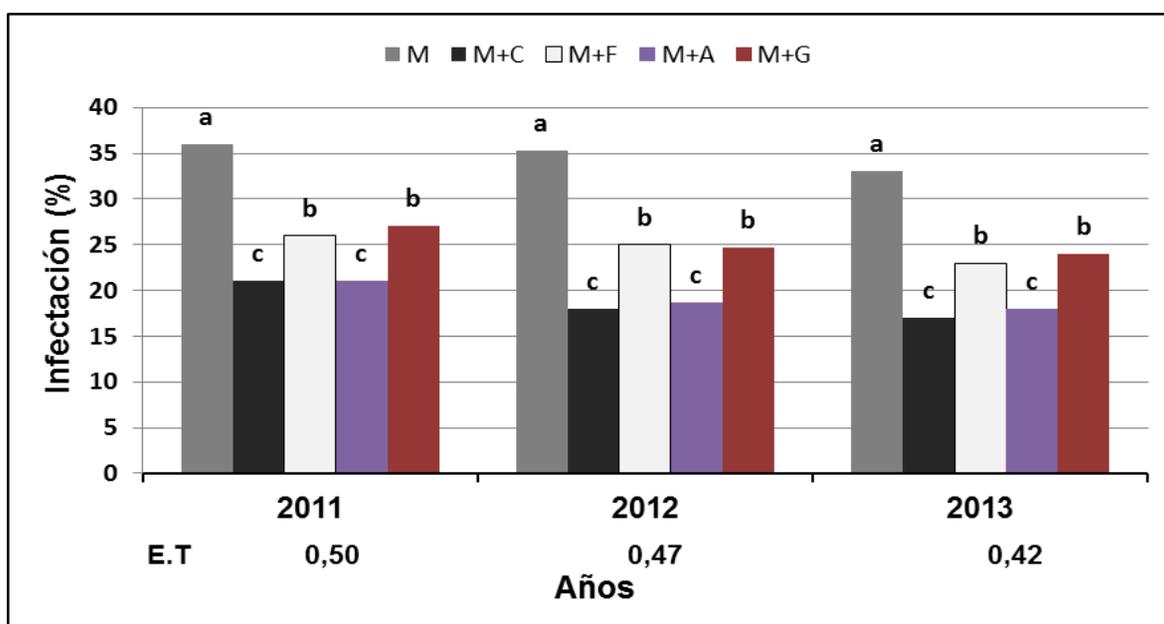
Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Como se evidencia, los porcentajes de infestación por *S. frugiperda* a los 42 ddg fueron menores en el agroecosistema premontañoso y en descenso en la medida que transcurren los años, de igual manera se obtuvo que los sistemas de cultivos con menores valores en los tres años y en los dos agroecosistemas fueron el M+C y M+A. Los policultivos de M+F y M+G a pesar de alcanzar valores mayores que los sistemas antes mencionado, las infestaciones estuvieron por debajo del monocultivo en los tres años y en los dos agroecosistemas. Estos resultados coinciden con lo reportado por García y Miranda (2012) en su estudio sobre los niveles poblacionales de *S. frugiperda* en sistemas de policultivos en condiciones similares de premontaña. Igualmente los resultados coinciden con los informados por Rojas (2000), al señalar que las infestaciones por *S. frugiperda* en premontaña son menores que en el llano.

## Época poco lluviosa

El mayor porcentaje de infestación por *S. frugiperda* en la época poco lluviosa lo presentó el monocultivo, con diferencias estadísticas con el resto de los sistemas de cultivos durante los tres años de estudio (Figura 2). Los sistemas con los valores menores de infestación fueron M+C y M+A, sin diferencias entre ellos. Por su parte M+G y M+F no tuvieron diferencias significativas entre ellos y aunque no fueron los de menor infestación, sí estuvieron por debajo del monocultivo durante toda la investigación. Al igual que en época lluviosa los sistemas de cultivos M+C y M+A resultaron los policultivos que más facilitaron la regulación de la palomilla del maíz.



**Figura 2. Infestación al maíz por *S. frugiperda* para cada sistema de cultivos en el agroecosistema del llano. Época poco lluviosa**

Como se evidencia los sistemas de policultivos estudiados disminuyen la infestación por *S. frugiperda*, lo que coincide con Vázquez (2008), al informar que los policultivos incrementan la presencia de depredadores y parasitoides de *S. frugiperda*, regulando sus poblaciones.

#### 4.1.1.3 Determinación del daño causado por *S. frugiperda* en los sistemas de cultivos de maíz en los agroecosistemas en estudio

##### Época lluviosa. Llano

Los daños foliares promedios causados por *S. frugiperda* al cultivo del maíz durante los años en estudio, para el agroecosistema del llano en la época lluviosa mostraron en todos los muestreos mayor daño para el monocultivo, con diferencias significativas respecto al resto de los sistemas de policultivos (Tabla 6).

**Tabla 6. Daño foliar promedio causado por *S. frugiperda* en el agroecosistema del llano. Época lluviosa**

Sistemas de cultivos	Daño foliar promedio							
	Días después de la germinación							
	14		28		42		56	
	X orig	X transf.	X orig	X transf.	X orig	X transf.	X orig	X transf.
M	1,86	1,79a	3,37	2,33a	3,76	2,44a	2,37	2,02a
M+C	1,15	1,56c	2,12	1,96c	2,55	2,10d	1,48	1,71c
M+F	1,37	1,67b	2,39	2,03b	2,75	2,15b	1,69	1,79b
M+A	1,39	1,68b	2,14	1,96c	2,48	2,07e	1,35	1,64e
M+G	1,39	1,68b	2,39	2,04b	2,57	2,12c	1,39	1,68d
CV(%)		4,40		6,84		6,13		7,60
Error Típico		0,016		0,031		0,030		0,030

Valores con letras desiguales en las columnas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Para todos los sistemas de cultivos fue a los 42 después de la germinación cuando se produjeron los mayores daños al cultivo. El 80% de las plantas atacadas en las primeras dos semanas solo presentaron manchas traslúcidas y en menor cuantía los daños llegaron a tomar valores de cinco en la gradología, con afectación del verticilo, lo cual coincide con lo reportado por Fernández *et al.* (2001), al considerar que en esta fase de desarrollo pueden existir ataques que destruyen la yema apical en las plantas de maíz y que en consecuencia estas pueden detener su crecimiento e incluso morir.

En los primeros 14 ddg el sistema de cultivo de M+C fue el de menor daño foliar, mientras que a partir de los 28 días fue el sistema M+A hasta la octava semana, aunque sin diferencias con el sistema M+C a los 28 ddg. Por su parte el M+F fue el de mayor gradología de daño entre los sistemas de policultivos durante toda las evaluaciones, aunque con diferencias con el monocultivo.

### Época lluviosa. Premontaña

En el agroecosistema premontañoso durante todos los muestreos realizados solo el monocultivo fue el que alcanzó gradología superior a tres (a los 28 y 42 ddg), mostrando mayor nivel de daño en todos los muestreos que los sistemas de policultivos (Tabla 7), por su parte M+C fue el sistema de menor daño por el insecto durante los primeros 28 ddg, mientras que a los 42 días los menores daños lo presentó M+A y en la octava semana M+A y M+G sin diferencias entre ellos. El policultivo M+F desde los 28 días de germinado presentó los mayores niveles de daños dentro de los sistemas policultivos.

**Tabla 7. Daño foliar promedio causado por *S. frugiperda* en el agroecosistema premontañoso. Época lluviosa**

Sistemas de cultivos	Daño foliar promedio							
	Días después de la germinación							
	14		28		42		56	
X orig	X transf.	X orig	X transf.	X orig	X transf.	X orig	X transf.	
M	1,27	1,63a	3,07	2,25a	3,66	2,41a	2,06	2,43a
M+C	0,96	1,48d	2,08	1,94d	2,47	2,07c	1,33	1,65b
M+F	1,03	1,51c	2,17	2,11b	2,58	2,11b	1,34	1,66b
M+A	1,05	1,52c	2,18	2,05c	2,39	2,04d	1,28	1,62c
M+G	1,09	1,54b	2,19	2,07c	2,48	2,07c	1,28	1,62c
CV(%)	3,40		4,94		6,49		18,02	
Error Típico	0,011		0,023		0,0311		0,072	

Valores con letras desiguales en las columnas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

## Agroecosistema del llano. Época poco lluviosa

En la época poco lluviosa, los daños igualmente fueron superiores en el monocultivo en todas las evaluaciones realizadas (Tabla 8). Los sistemas M+C y M+A fueron los de menor daños sin diferencias entre ellos en los primeros 28 ddg. Mientras que a partir de la cuarta semana fue el M+A el sistema de cultivo con menor daño foliar promedio. De forma similar el policultivo M+F fue el de mayor daño por *S. frugiperda* sin diferencias con el M+G a los 14 y 42 ddg.

**Tabla 8. Daño foliar promedio causado por *S. frugiperda* en el agroecosistema del llano. Época poco lluviosa**

Sistemas de cultivos	Daño foliar promedio							
	Días después de la germinación							
	14		28		42		56	
X orig	X transf.	X orig	X transf.	X orig	X transf.	X orig	X transf.	
M	1,36	1,66a	2,35	2,03a	3,55	2,38a	2,18	1,98
M+C	1,04	1,51c	1,46	1,71d	2,47	2,07c	1,28	1,63c
M+F	1,15	1,57b	1,66	1,79b	2,63	2,12b	1,54	1,74b
M+A	1,05	1,52c	1,45	1,70d	2,36	2,03d	1,17	1,58d
M+G	1,14	1,56b	1,53	1,74c	2,60	2,11b	1,26	1,62c
CV(%)	3,51		6,80		5,90		8,71	
Error Típico	0,012		0,028		0,028		0,033	

Valores con letras desiguales en las columnas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Según Vázquez (2008), la calabaza sirve de refugio a los insectos benéficos y sus flores proveen de alimento a los adultos de entomófagos de *S. frugiperda*. Esto concuerda con los menores daños para este policultivo en los primeros muestreos de la investigación, debido a que es este cultivo fue el primero en florecer.

#### 4.1.1.4 Determinación de la relación existente entre el daño foliar promedio (DFP) y el porcentaje de plantas gradología 4 y 5

El análisis estadístico mostró que la relación existente entre la variable dependiente Daño Foliar Promedio (DFP) y la independiente porcentaje de plantas con gradología 4 y 5, establecieron un grado de relación fuerte ( $r=0,99$  y  $R^2=0,96$ ). Por ello un 96 % del DFP está determinado por el porcentaje de plantas con gradología 4 y 5. Esto evidencia una alta relación entre las variables en estudio (Figura 3).

Esta relación permite predecir el DFP en función del grado de ataque con grado 4 y 5, cuestión que no se había informado anteriormente para esta plaga en el país, ya que Fernández (2001), estableció una ecuación similar pero para predecir del número de plantas finales y de mazorcas en función del porcentaje de plantas con gradología 4 y 5.

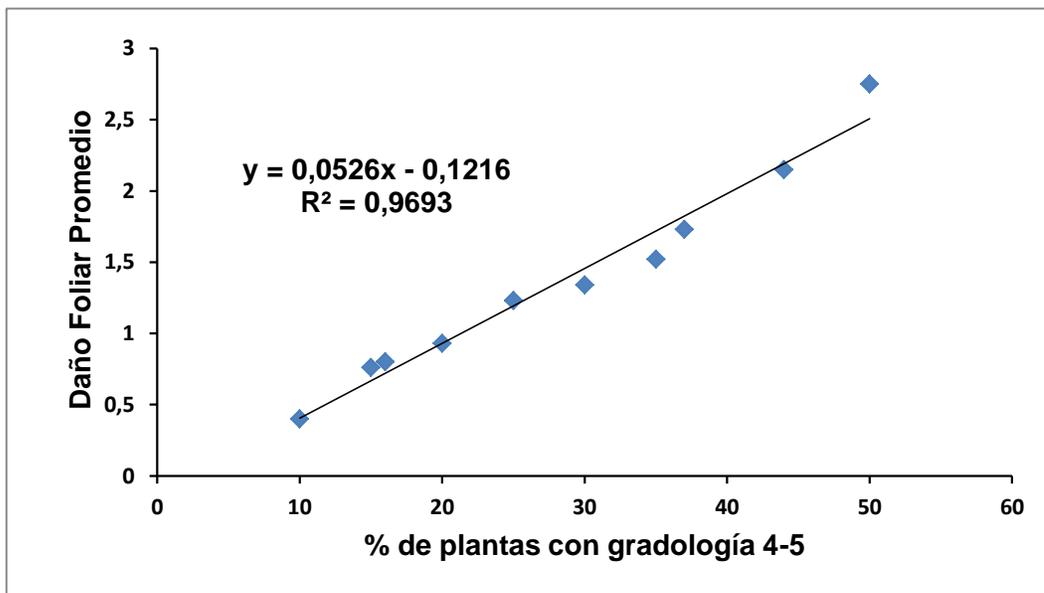


Figura 3. Relación entre el daño foliar promedio y el porcentaje de plantas con gradología 4 y 5

#### 4.1.1.5 Determinación de la relación existente entre el peso de las mazorcas y la gradología de daño causado por *S. frugiperda*

La relación entre el peso de las mazorcas y la gradología de daño por planta, mostró una correlación negativa muy fuerte ( $r= 0,91$  y  $R^2=0,85$ ). El aumento en la gradología de daño disminuye el peso de las mazorcas con una variabilidad del 85 % (Figura 4), por cada grado de daño que aumentó, el peso de las mazorcas disminuyeron en 0,031 kg. Estos resultados muestran la fuerte relación entre la gradología de daño causado por *S. frugiperda* y el rendimiento en el maíz expresado en peso de las mazorcas, y no solo en función de las plantas y mazorcas finales como lo informado por Fernández (2001), utilizando la misma escala visual. Esto demuestra que bajo estas condiciones agroclimáticas y experimentales, las afectaciones al maíz por *S. frugiperda* aunque las plantas se recuperaron en gran medida, tuvieron una alta correlación con el rendimiento.

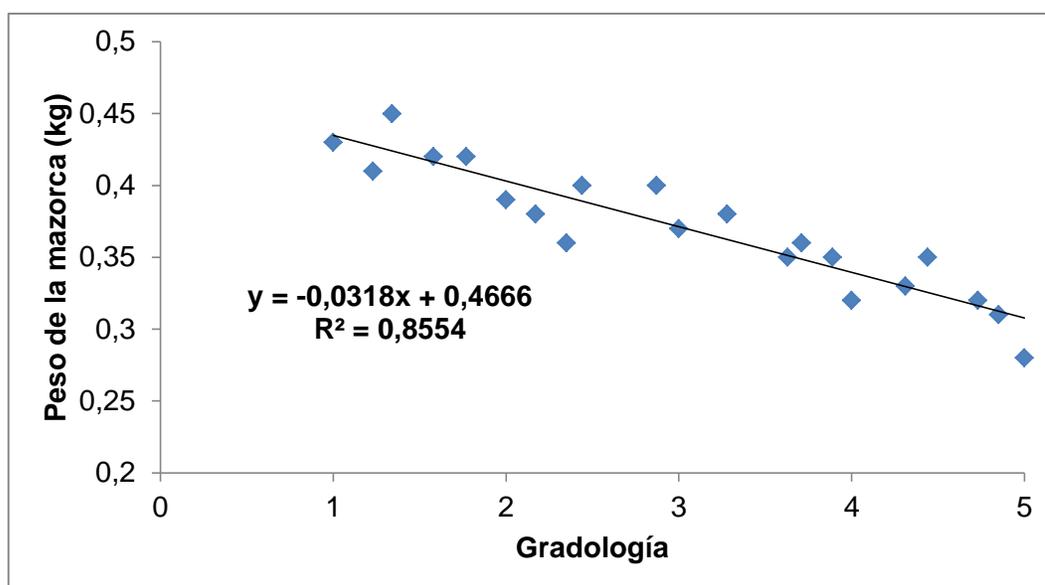


Figura 4. Relación entre el peso de las mazorcas y la gradología de daño

#### 4.1.2 Determinación del porcentaje de infestación y los niveles poblacionales de *P. maidis* en los sistemas de cultivos de maíz

##### 4.1.2.1 Determinación de la intensidad expresada en índices de *P. maidis* por plantas en los sistemas de cultivos de maíz

#### Época lluviosa

El análisis estadístico realizado al índice de *P. maidis* por planta durante el año 2011, manifestó diferencias para la interacción de los agroecosistemas con los sistemas de cultivos, así como entre los dos agroecosistemas y entre los diferentes sistemas de cultivos. El agroecosistema del llano fue el más afectado, y la media general superó en 1,40 veces al premontañoso (Tabla 9). El sistema de cultivo con mayor intensidad de *P. maidis* por planta fue el monocultivo del llano, seguido del monocultivo de premontaña. Las mejores combinaciones resultaron M+A y M+C del agroecosistema premontañoso. El sistema de cultivo M+F fue el policultivo con mayor intensidad por planta para ambos agroecosistemas.

**Tabla 9. Intensidad de *P. maidis* por planta para cada sistema de cultivo y agroecosistemas en estudio para la época lluviosa del 2011**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M+F	M+A	M+G		
Intensidad <i>P.maidis</i> /planta (%)							
Agroecosistemas						Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	9,53B	4,33H	5,53EF	4,18H	4,65G	5,54b	
Llano	12,15A	6,02D	7,70C	5,35F	5,93E	7,78a	
Media sistemas de cultivos	10,84a	5,11c	6,61b	4,76d	5,29c	6,71	0,039
Error Típico						0,38	
CV (%)							37,8

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

El índice de *P. maidis* por planta en el 2012 para el agroecosistema del llano en todos los sistemas de cultivos estudiados fue superior que en cada sistema de cultivo similar en premontaña. La media general de los sistemas de cultivos para el llano superó en 1,33 veces al premontañoso, lo que evidencia interacción entre los sistemas de cultivos y las poblaciones de *P. maidis* (Tabla 10). El tratamiento con mayor insecto por planta fue en ambos agroecosistemas el monocultivo, aunque con diferencias entre ellos. El sistema de cultivo con menor intensidad fue el M+A en premontaña, mientras que M+G mostró una disminución en la intensidad por planta al compararlo con el 2011. Por su parte el M+F se mantuvo como el sistema de policultivo de mayor intensidad de *P. maidis* por planta para ambos agroecosistemas.

**Tabla 10. Intensidad de *P. maidis* por planta para cada sistema de cultivo y agroecosistemas en estudio para la época lluviosa del 2012**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M +F	M+A	M+G		
Agroecosistemas	Intensidad <i>P.maidis</i> /planta (%)					Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	8,80B	4,20H	4,75G	3,96J	4,10I	5,15b	
Llano	10,86A	5,47D	6,38C	5,17F	5,23E	6,62a	
Media sistemas de cultivos	9,35a	4,82c	5,50b	4,55d	4,70dc	5,88	0,034
Error Típico	0,046					0,32	
CV (%)							36,14

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

El año 2013 presentó un comportamiento similar a los años anteriores pero con una menor intensidad por planta (Tabla 11). El sistema con mayor intensidad de insecto por planta fue en ambos agroecosistemas el monocultivo, aunque con diferencias entre ellos. El monocultivo del llano continuó como el sistema de mayor intensidad, seguido por el monocultivo en premontaña. Por su parte M+A en

premontaña fue el de menor intensidad por planta. Durante este año no existieron diferencias significativas entre los tratamientos de M+A y M+G para el llano, lo que evidencia como el girasol mostró efectividad como cultivo intercalado para el manejo de las poblaciones de *P. maidis*.

**Tabla 11. Intensidad de *P.maidis* por planta para cada sistema de cultivo y agroecosistemas en estudio para la época lluviosa del 2013**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M+F	M+A	M+G		
Agroecosistemas	Intensidad <i>P.maidis</i> /planta (%)					Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	7,85B	4,17G	4,62F	3,92I	4,07H	4,95b	
Llano	9,22A	5,13D	6,02C	4,95E	4,96E	6,05 a	
Media sistemas de cultivos	9,01a	4,73c	5,28b	4,45d	4,53cd	5,72	0,033
Error Típico	0,043					0,29	
CV (%)							32,5

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

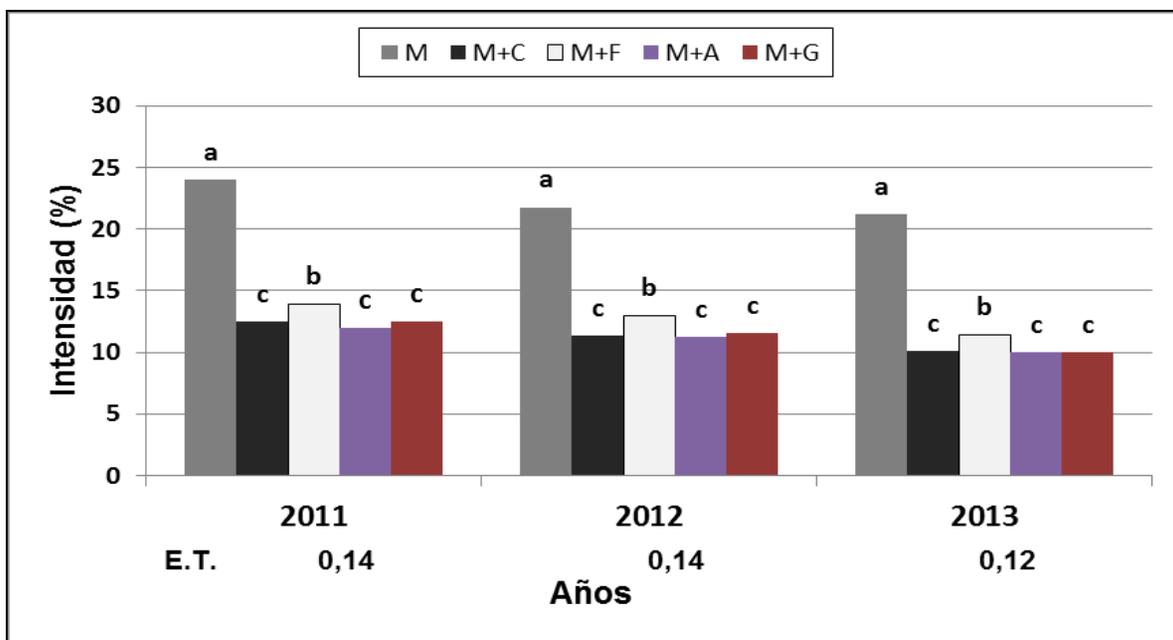
Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

### Época poco lluviosa

Durante los años en estudio, en la época poco lluviosa, el tratamiento con mayor intensidad de *P. maidis* por planta fue el monocultivo. En el 2012 y 2013 no existió diferencias estadísticas entre los tratamientos M+A, M+C y M+G. El tratamiento M+F fue el policultivo con mayor índice por planta, pero muy distante de los valores alcanzado por el monocultivo (Figura 5).

Como se puede apreciar al igual que en la época lluviosa los valores descienden con los años, lo que demuestra que los sistemas de policultivos continuados en el agroecosistema propician la regulación natural de las poblaciones de *P. maidis*. Las mayores intensidades de *P. maidis* por planta bajo estas condiciones

ecológicas se alcanzan en los meses de diciembre y enero, coincidiendo estos resultados con los expresados por Padrón (2008) en la provincia de Cienfuegos.



**Figura 5. Intensidad de *P. maidis* por planta para cada sistema de cultivos**

En los resultados antes expuestos se pudo comprobar como el agroecosistema del llano presentó valores superiores al premontañoso en los tres años en estudio, donde el monocultivo fue el de mayor intensidad y el tratamiento con menor *P. maidis* por planta fue el M+A, aunque sin diferencias con el de M+C y M+G en los años 2012 y 2013 en los ciclos poco lluviosos. La intensidad en las plantas de maíz en la época lluviosa estuvieron inferior a la época poco lluviosa, discrepando con los de obtenidos por Méndez (2008) en la provincia de Las Tunas, donde las mayores intensidades fueron descritas en los meses lluviosos.

#### 4.1.2.2 Determinación del porcentaje de infestación causado por *P.maidis* en los sistemas de cultivos de maíz

##### Época lluviosa

La infestación por *P. maidis* al maíz durante el año 2011 mostró diferencias estadísticas entre los dos agroecosistemas, entre los sistemas de cultivos, y entre la interacción de los dos factores. La mayor infestación se observó en la interacción del agroecosistema del llano con el monocultivo seguido de la interacción premontaña monocultivo. Es de señalar que todas las interacciones de los sistemas de cultivos con la premontaña presentaron menor infestación que en cada interacción respectiva de cada sistema de cultivo en el llano. El policultivo M+F resultó el de mayor infestación por *P. maidis* dentro de los sistemas de policultivos para cada agroecosistema (Tabla 12).

**Tabla 12. Porcentaje de infestación por *P. maidis* para cada sistema de cultivo y agroecosistemas en estudio para la época lluviosa del 2011**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M+F	M+A	M+G		
Agroecosistemas	Infestación (%)						
	Medias de las interacciones					Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	38,31B	23,31G	24,56F	22,56GH	22,25H	26,20b	
Llano	41,0A	28,93D	31,43C	28,25D	27,43E	31,41a	
Media sistemas de cultivos	39,65a	26,12c	28,0b	25,40d	24,84e	28,80	0,070
ErroTípico	0,050					0,098	
CV (%)						21,63	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

En las medias generales de los sistemas de cultivos se pone de manifiesto que estos sistemas de policultivos tienen un efecto supresor sobre la infestación de *P.*

*maidis* en el maíz si lo comparamos con los resultados obtenidos en el monocultivo.

Por su parte la infestación por *P.maidis* al maíz del 2012 fue similar al 2011. Se estableció significación estadística entre los dos agroecosistemas, entre los sistemas de cultivos y entre la interacción de los dos factores. El agroecosistema del llano continuó como el más infestado superando en 1,19 veces al premontañoso (Tabla 13). El tratamiento con mayor porcentaje de infestación, al igual que el año anterior, fue el monocultivo en el llano, seguido por el monocultivo en premontaña y con diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos. Los sistemas de cultivos M+C, M+A y M+G fueron los de menor infestación, sin diferencias entre ellos en premontaña. Igualmente, se mantuvo M+F como el policultivo con mayor infestación de *P. maidis* dentro los sistemas de policultivos para cada agroecosistema.

**Tabla 13. Porcentaje de infestación por *P. maidis* para cada sistema de cultivo y agroecosistemas en estudio para la época lluviosa del 2012**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M+F	M+A	M+G	Infestación (%)	
Agroecosistemas	Medias de las interacciones					Media agro ecosistemas	Erro típico
Premontaña	37,25B	21,50G	23,62F	21,00G	21,31G	24,93b	
Llano	39,12A	27,18D	29,18C	26,93E	26,06E	29,70a	
Media sistemas de cultivos	38,18a	24,34c	26,40b	23,96d	23,68d	27,31	0,058
Error Típico	0,41					0,066	
CV (%)						22,44	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

El año 2013, mostró al igual que los años anteriores, significación estadística entre los dos agroecosistemas, entre los sistemas de cultivos y entre la interacción de los dos factores. El agroecosistema del llano fue el más infestación por *P. maidis*

pero con porcentajes relativos de infestación inferiores respecto a los años 2011 y 2012 en 1,12 y en 1,06 veces respectivamente. El monocultivo en el llano continuó como el de mayor infestación seguido por el monocultivo en la premontaña y después el policultivo M+F en el llano. El policultivo con menor infestación fue el de M+G, seguido por M+A y M+C para el sistema premontañoso sin diferencias entre ellos (Tabla 14).

**Tabla 14. Porcentaje de infestación por *P. maidis* para cada sistema de cultivo y agroecosistemas en estudio para la época lluviosa del 2013**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M+F	M+A	M+G		
Infestación (%)							
Agroecosistemas	Medias de las interacciones					Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	36,12B	19,81G	21,81F	19,56G	18,81H	23,22b	
Llano	38,56A	25,25D	27,25C	24,87D	23,87E	27,96a	
Media sistema de cultivos	37,34a	22,53c	24,53b	22,21c	21,34d	25,59	0,086
Error Típico	0,061					0,147	
CV (%)						25,51	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Estos resultados demuestran que la infestación de *P. maidis* desciende con los años en los sistemas de policultivos y que al igual que para *S. frugiperda* el agroecosistema de premontaña y los policultivos M+G, M+A y M+C son más favorables para el manejo de esta plaga. Resultados que resultan novedosos para Cuba, puesto que no se ha encontrado en la literatura consultada estudios de este tipo.

## Época poco lluviosa

Al igual que en la época lluviosa, la infestación por *P. maidis* presentó una tendencia a disminuir con los años llegando a afectar más del 50 % de las plantas muestreadas en el sistema monocultivo que difirió en cada año del resto de los sistemas de cultivo (Figura 6). El sistema de cultivo M+A fue el policultivo de menor infestación en los tres años en estudio, aunque sin diferencia en el año 2013 con los sistemas M+C y M+G. Por su parte M+F fue el policultivo más infestado, con diferencias estadísticas con el resto de los policultivos durante todos los años, aunque con valores inferiores al monocultivo.

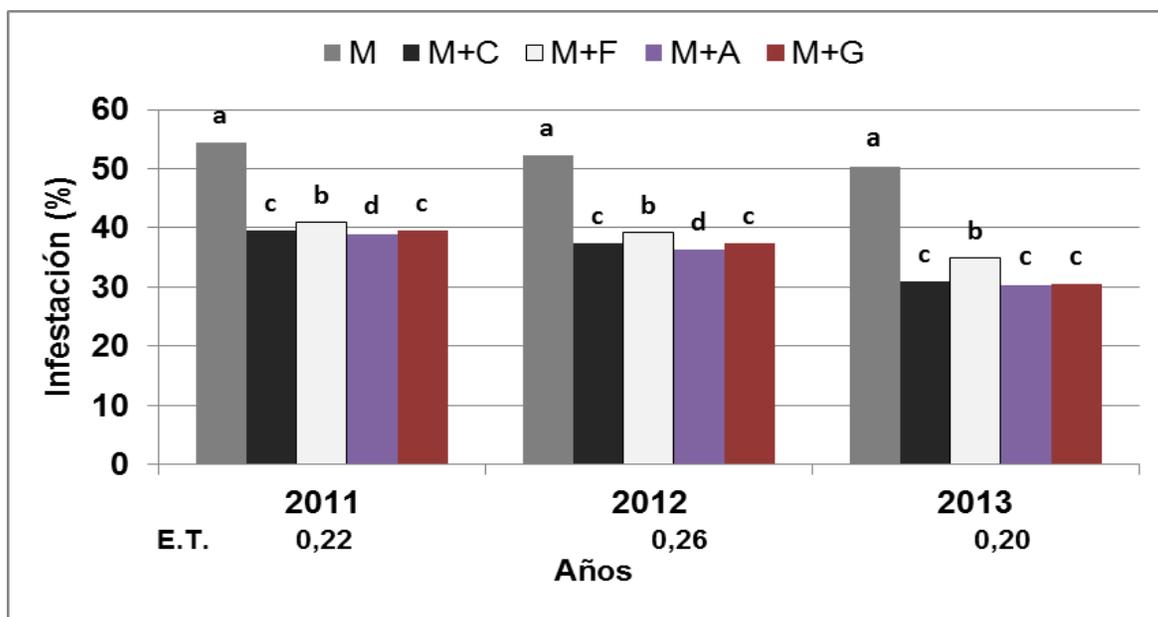


Figura 6. Infestación de *P. maidis* para cada sistema de cultivo en el agroecosistema del llano para la época poco lluviosa

Después de estudiar la infestación por *P. maidis* en los sistemas de cultivos, se pudo comprobar que en época lluviosa es baja comparada con los valores alcanzados en la época poco lluviosa, donde el monocultivo llegó a infestar el 54 % de las plantas, resultados estos que concuerdan con Padrón (2008), en sus estudios en la provincia de Cienfuegos para igual época del año. Al mismo tiempo, estos resultados discrepan de los obtenidos por Méndez (2008) en la provincia de Las

Tunas, al señalar que las mayores infestaciones se presentaron en los meses lluviosos. Según los datos obtenidos por padrón (2008), la ecología y biología de *P. maidis* se ve favorecida en los meses poco lluviosos para el clima de Cuba, donde las temperaturas promedio oscilan entre los 22,0 °C y 25,0 °C y escasas precipitaciones, condiciones estas que propician un mejor desarrollo de *P. maidis*.

Las siembras del maíz en la época poco lluviosa en Cuba se incrementan cada año buscando facilidad de mercado, por lo que el empleo de policultivos puede ser una práctica agrícola para el manejo de las poblaciones de *P. maidis* que aunque nacionalmente no es considerada una plaga de importancia cada año es responsable de grandes pérdidas por concepto de virosis, afirmación esta que coincide con lo informado por Padrón (2008).

#### **4.1.3 Determinación del porcentaje de infestación causado por *H. zea* en los sistemas de cultivos de maíz**

##### **Época lluviosa**

La infestación por *H. zea* estableció significación estadística entre los dos agroecosistemas, entre los sistemas de cultivos y entre la interacción de los dos factores en el año 2011. Como se muestra, el tratamiento monocultivo en el llano alcanzó la mayor infestación, seguido por el propio monocultivo pero en premontaña (Tabla 15). Las interacciones de los tratamientos M+G y M+A con el sistema premontaña resultaron los de menor infestación, de igual manera estos sistemas de cultivos resultaron también los menos infestados en el llano con respecto a este agroecosistema. A pesar que el policultivo M+F fue el más infestado dentro de los policultivos para ambos agroecosistemas, este presentó diferencia estadísticas con el monocultivo.

**Tabla 15 Porcentaje de infestación causado por *H. zea* para cada sistema de cultivo en cada agroecosistemas en estudio para la época lluviosa de 2011**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M+F	M+A	M+G		
Infestación (%)							
Agroecosistemas	Medias de las interacciones					Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	16,56B	13,75D	14,27D	12,68E	12,78E	14,01b	
Llano	19,38A	15,07C	16,43B	14,37D	14,94C	16,10a	
Media sistema de cultivos	17,97a	14,41c	15,35b	13,58d	13,86d	15,05	0,069
Error Típico	0,049					0,094	
CV (%)						12,95	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

El año 2012 mostró igualmente diferencia estadística entre los dos agroecosistemas, entre los sistemas de cultivos, y entre la interacción de los dos factores. En agroecosistema premontañoso fue menos afectado; superado por el del llano 1,16 veces. El tratamiento con mayor infestación fue el monocultivo del llano, seguido de monocultivo de premontaña y le sigue en orden los policultivos M+F y M+C en el llano. Los tratamientos menos infestados, fueron el M+A y M+G en el agroecosistema de premontaña (Tabla 16). Igualmente estos dos sistemas de cultivos (M+A y M+G) se destacaron en el agroecosistema del llano por tener menor infestación sobre los demás. El policultivo M+F fue el de mayor infestación, pero con diferencias con el monocultivo para ambos agroecosistemas en estudio.

**Tabla 16. Porcentaje de infestación por *H. zea* para cada sistema de cultivo en cada agroecosistemas en estudio para la época lluviosa de 2012**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M+F	M+A	M+G		
Agroecosistemas	Infestación (%)						
	Medias de las interacciones					Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	15,31B	12,48E	13,18D	10,06F	10,60F	12,33b	
Llano	17,56A	14,11C	14,41C	12,53E	12,67E	14,26a	
Media sistemas de cultivos	16,43a	13,30c	13,80b	11,56d	11,36d	13,29	0,080
Error Típico	0,057					0,130	
CV (%)						16,02	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Como se observa en la tabla 17 para el año 2013 no existieron diferencias estadísticas entre los agroecosistemas en estudio, aunque sí entre los tratamientos y las interacciones. La infestación por *H. zea* al maíz tuvo una disminución de 1,35 y 1,17 respecto al 2011 y 2012 respectivamente, lo que demuestra que en la medida que transcurren los años practicando la técnica de los policultivos las infestaciones por *H. zea* disminuyen. El mayor porcentaje lo presentó el maíz monocultivo para ambos agroecosistemas y le siguieron M+F y M+C en ambos agroecosistemas. Los tratamientos de menor infestación fueron M+A y M+G en ambos agroecosistemas y sin diferencias entre ellos.

Los tratamientos M+A y M+G se destacaron por tener gran disponibilidad de flores en el período de incidencia de *H. zea*, lo que propició el abrigo a los biorreguladores y polinizadores, y así una menor infestación por este insecto.

**Tabla 17. Porcentaje de infestación por *H. zea* para cada sistema de cultivo en cada agroecosistemas en estudio para la época lluviosa del 2013**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M+F	M+A	M+G		
Agroecosistemas	Infestación (%)						
	Medias de las interacciones					Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	14,36A	10,60B	10,98B	9,22C	9,05C	10,84a	
Llano	16,18B	11,67B	11,62B	9,60C	9,56C	11,73a	
Media sistemas de cultivos	15,27a	11,13b	11,30b	9,41c	9,30c	11,28	0,079
Error Típico	0,056					0,124	
CV (%)						20,12	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

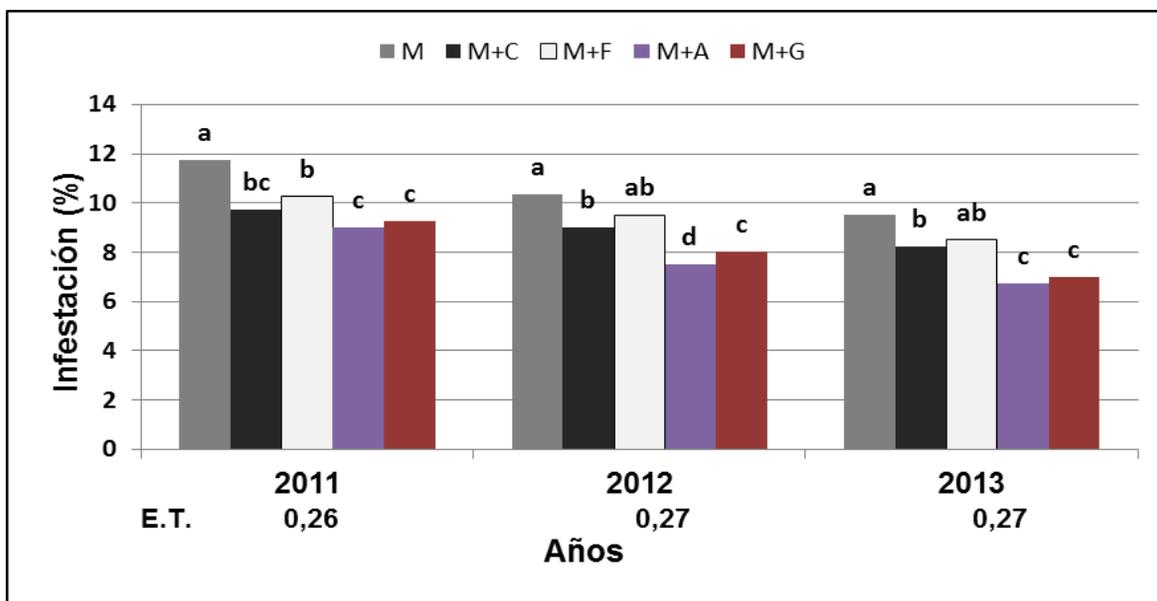
Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

### Época poco lluviosa

La infestación por *H. zea* en el período poco lluvioso tuvo al monocultivo como el sistema con mayor infestación, aunque en los años 2012 y 2013 este no presentó diferencias estadísticas con el tratamiento M+F, de igual manera los tratamientos con menor afectación fueron el de M+G y M+A sin diferencias entre ellos (Figura 7). La infestación por este insecto en la época poco lluviosa se comportó con valores muy bajos, no sobrepasando el 12 % de las mazorcas evaluadas.

Como se puede apreciar la afectación por *H. zea* manifestó una tendencia al decrecimiento con los años, demostrando la efectividad de los cultivos intercalados en el manejo de esta plaga, si se compara con los informes de infestación hechos por autores como Fontana (2000) y Tejada *et al.*, (2008) donde las afectaciones estuvieron en el orden del 60 % de las mazorcas y con pérdidas de un 10 % a un 15 % de los rendimientos.



**Figura 7. Infestación al maíz por *H. zea* para cada sistema de cultivo en el agroecosistema del llano para la época poco lluviosa**

Los daños causados en esta investigación solo se manifestaron en los primeros granos de la mazorca, y en algunos casos las galerías no llegaron afectar a los granos, esto pudo estar dado porque en la fase fisiológica en que *H. zea* comienza atacar al maíz, coincide con las mayores poblaciones de los biorreguladores dado por la gran diversidad de flores existente de los cultivos intercalados, coincidiendo esto con Vázquez (2008), al informar el papel de las flores dentro del agroecosistema para equilibrio de la entomofauna, fundamentalmente los depredadores.

#### **4.1.4 Determinación del porcentaje de infestación causado por *D. lineolata* en los sistemas de cultivos de maíz**

##### **Época Lluviosa**

La infestación por *D. lineolata* al maíz durante los años en estudio tuvo una incidencia baja, sin diferencias estadísticas entre los agroecosistemas. Los valores alcanzados no sobrepasan el 12 % de las plantas evaluadas, aunque en todos los

casos el monocultivo fue el de mayor infestación con diferencias estadísticas con el resto de los sistemas de cultivos para ambos agroecosistemas. En el año 2011 el sistema de cultivo M+A fue el de menor infestación sin diferencias estadísticas con el M+G y M+C para ambos agroecosistemas (Tabla 18). El M+F fue el policultivo más infestado por *H. zea* aunque con valores menores que el monocultivo para ambos agroecosistemas.

**Tabla 18 Porcentaje de infestación por *D. lineolata* en los sistemas de cultivos de maíz. Ciclos lluviosos. 2011**

Sistemas de cultivo	M	M+C	M+F	M+A	M+G		
Agroecosistemas	Infestación (%)						
	Medias de las interacciones					Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	11,00A	8,25BC	9,5B	7,25C	7,25C	8,70a	
Llano	11,75A	8,75BC	9,50B	8,00C	8,25C	9,10a	
Media sistemas de cultivos	11,25a	8,50c	9,50b	7,62d	7,75d	8,90	0,254
Error Típico	0,517					0,359	
CV (%)							15,61

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

La infestación por *D. lineolata* en el 2012 tuvo una disminución en 1,05 veces respecto al 2011. Se mantiene el monocultivo como el sistema de mayor infestación para ambos agroecosistemas (Tabla 19). Los policultivos M+A, M+G fueron los menor infestación sin diferencias entre ellos en ambos agroecosistemas. Al mismo tiempo los policultivos M+C, M+F y M+G no tuvieron diferencias entre ellos.

**Tabla 19 Porcentaje de infestación por *D. lineolata* en los sistemas de cultivos de maíz. Ciclos lluviosos. 2012**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M+F	M+A	M+G		
Agroecosistemas	Infestación (%)						
	Medias de las interacciones					Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	10,75A	7,75BC	8,50B	7,25C	7,75BC	8,40a	
Llano	11,00A	8,05B	8,50B	7,00C	7,50BC	8,50a	
Media sistemas de cultivos	10,87a	8,0bc	8,50b	7,12c	7,25c	8,45	0,122
Error Típico	0,600					0,387	
CV (%)							17,27

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Para el año 2013 la infestación por *D. lineolata* disminuyó en 1,12 y 1,06 veces respecto al 2011 y 2012. Los sistemas de policultivos M+A, M+G y M+C en premontaña fueron los sistemas menos infestados sin diferencias entre ellos (Tabla 20). El monocultivo fue el de mayor porcentaje de infestación sin diferencias entre los agroecosistemas, seguidos por el policultivo M+F, aunque sin diferencias con el M+C en ambos agroecosistemas y con el M+G en premontaña.

Como se ha demostrado los sistemas de policultivos son una práctica agrícola que favorece la regulación de las poblaciones de *D. lineolata* sin la necesidad del uso de plaguicidas químicos. A diferencia del comportamiento de las poblaciones de *S. frugiperda* y *P. maidis* durante todos los años evaluados y de *H. zea* en 2011 y 2012, *D. lineolata* no presentó diferencias en el porcentaje de infestación entre los dos agroecosistemas en estudio, lo que puede deberse a que este insecto y su complejo de biorreguladores presentan más adaptabilidad ecológica. Sobre este aspecto no se encontró información específica en la literatura.

**Tabla 20. Porcentaje de infestación por *D. lineolata* en los sistemas de cultivos de maíz. Época lluviosa. 2013**

Sistemas de cultivos	M	M+C	M+F	M+A	M+G		
Agroecosistemas	Infestación (%)						
	Medias de las interacciones					Media agro ecosistemas	Error Típico
Premontaña	10,25A	7,25BC	8,0B	6,50C	7,25BC	7,85a	
Llano	10,25A	7,75B	8,0B	7,0C	7,0C	8,0a	
Media sistemas de cultivos	10,25a	7,50bc	8,0b	6,75c	7,12c	7,92	0,125
Error Típico	0,625					0,395	
CV (%)						18,05	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

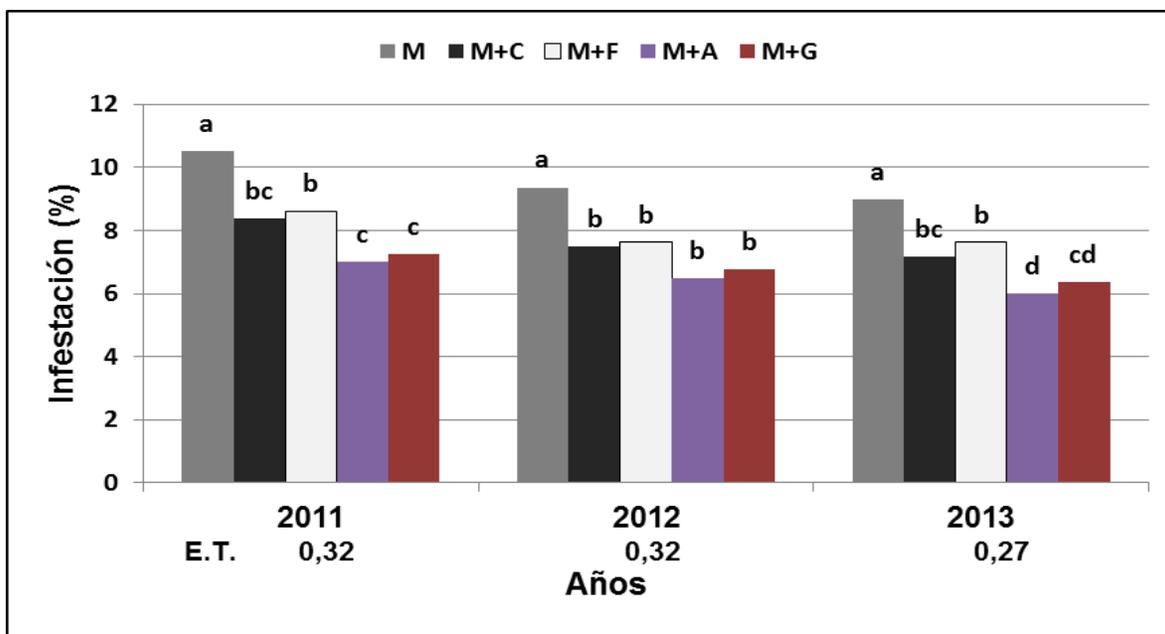
Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de los sistemas de cultivos difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de los agroecosistemas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

### Época poco lluviosa

En los períodos poco lluviosos de los años 2011, 2012 y 2013 el monocultivo se mantuvo como el sistema de mayor infestación con diferencias estadísticas con el resto de los sistemas de policultivos (Figura 8). Los tratamientos M+A y M+G fueron los de menor porcentaje de infestación durante toda la investigación, aunque sin diferencias con el resto de los policultivos en el 2012. El sistema de cultivo M+F fue el policultivo de mayor infestación en el año 2011 y 2013 sin diferencias con el policultivo M+C.

Como se pudo observar los porcentajes de infestación por *D. lineolata* al maíz en los sistemas de cultivos fueron muy bajos para ambas épocas de siembra y agroecosistema en estudio, resultados estos que coinciden con lo informado por Iannone (2000), al plantear que las poblaciones de *D. lineolata* en sistemas de policultivos se reducen debido a la mayor presencia de biorreguladores, destacándose los sistemas de M+A y M+G.



**Figura 8. Infestación al maíz por *D. lineolata* para cada asociación de cultivo**

En los acápite antes valorados se pudo comprobar que los organismos plagas (*S. frugiperda*, *P. maidis*, *H. zea* y *D. lineolata*) bajo el efecto de los sistemas de policultivos disminuyeron su porcentajes de infestación con respecto al monocultivo y a los reportes realizados por varios autores ya referenciados anteriormente. Igualmente se coincide con lo informado por Altieri y Nicholls (2012), que los sistemas de cultivos más diversificados generalmente contienen determinados recursos específicos para los enemigos naturales, derivados de la diversidad vegetal. Estos sistemas son también más favorables a la manipulación, ya sea al reemplazar o añadir diversidad a los sistemas existentes, se puede ejercer cambios en la diversidad del hábitat que favorezcan la abundancia y la eficacia de los enemigos naturales y el manejo de plagas.

Al mismo tiempo se coincide con lo informado por Sarandón y Flores (2014), que los sistemas de policultivos son microhábitats que ofrecen las condiciones necesarias para el desarrollo y supervivencia (sitios de refugio, oviposición, fuentes de alimentos alternativas) de muchos grupos de organismos con funciones

importantes, como los enemigos naturales y así favorecer el manejo de los insectos plagas.

## 4.2 Determinación de los beneficios ecológicos de los sistemas de cultivo de maíz en estudio

### 4.2.1 Identificación de las especies de insectos asociados al cultivo del maíz en los sistemas de cultivo de maíz en estudio

En las colectas realizadas, se identificaron un conjunto de especies de insectos pertenecientes taxonómicamente al Dominio Eukaryota, Reino Metazoa, Phylum Arthropoda, Subphylum Mandibulata y Clase Insecta (Hexapoda). Se registraron un total de 40 especies de insectos para el agroecosistema premontañoso, de ellos, 16 fitófagos que atacan al maíz con mayor o menor intensidad, 17 especies con hábitos depredadores y siete insectos parasitoides (Figura 9).

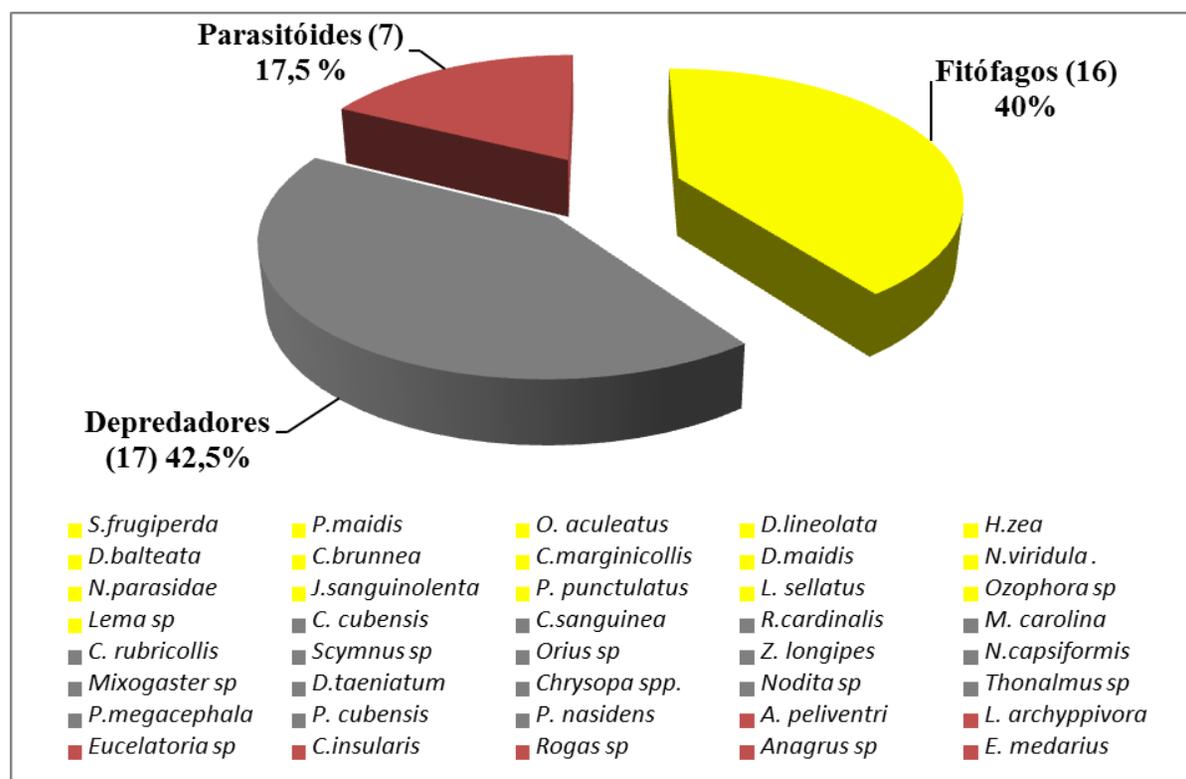
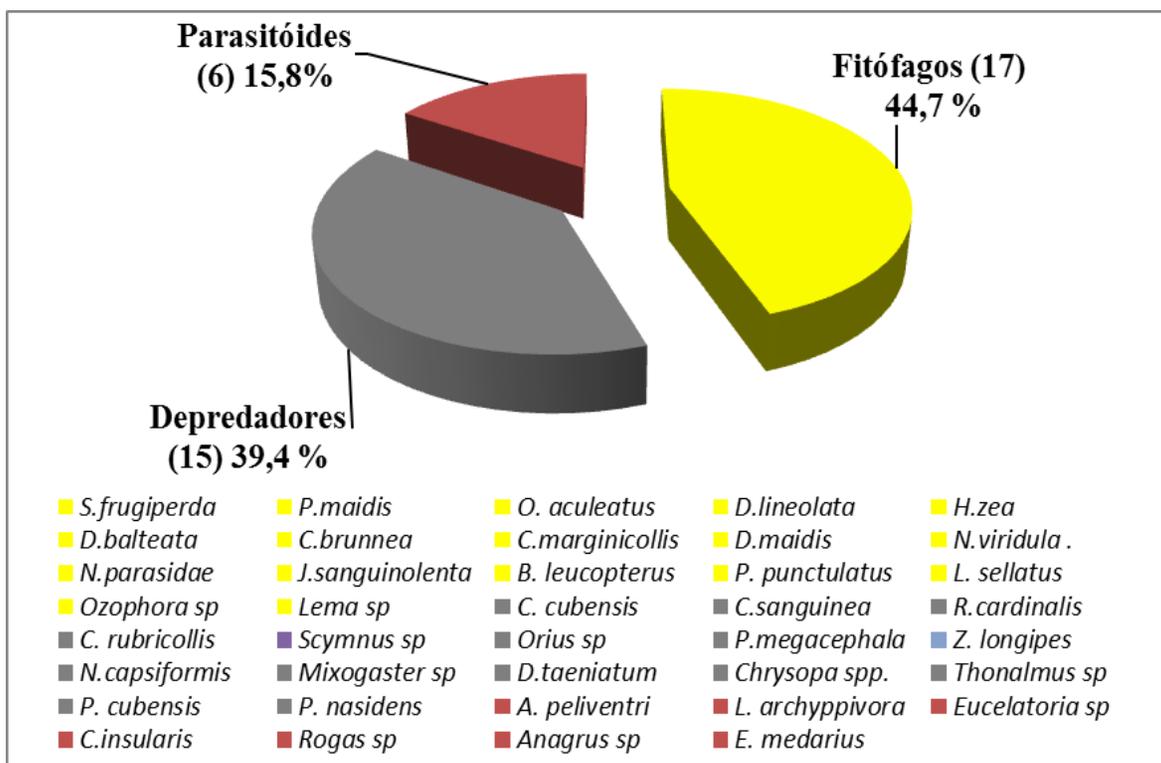


Figura 9. Insectos identificados. Agroecosistema premontañoso

Mientras que en el llano se identificaron 38 especies de insectos, de ellos, 17 fitófagos, 15 depredadores y seis parasitoides (Figura 10).



**Figura 10. Insectos identificados. Agroecosistema del llano**

Los fitófagos más representativos para el maíz en cada agroecosistema y época de siembra estudiada fueron *S. frugiperda* para los períodos lluviosos y *P. maidis* para los pocos lluviosos, resultados estos que concuerdan con lo informado por Fernández (2007) sobre la fuerte relación de exclusión entre ambas especies, lo que hace que los picos poblacionales de ambos insectos los presentan en condiciones ecológicas diferentes. Los fitófagos *H. zea* y *D. lineolata*, aunque estuvieron presente en las dos época de siembra y en los dos agroecosistemas sus poblaciones fueron bajas, resultados estos expuestos en los acápite anteriores.

Al mismo tiempo estos resultados discrepan con lo informado por (Bruner ,1975), que reportó en Cuba 35 especies perjudiciales. En Venezuela se han elaborado

listas de fitófagos asociados al maíz con más de 20 especies (Clavijo, 2000). En Brasil (Sánchez y Soto, 2003), reportaron más de 20 especies de Lepidópteros que se alimentan del maíz, todos en monocultivo. Por su parte Fernández (2001), analizó críticamente el conjunto de la información disponible y consideró unas 40-50 especies atacando al maíz en Cuba, pero sólo media docena con importancia como para que se requiriera su control.

En los sistemas de policultivos el número de especies fue mayor que en el monocultivo donde solo se identificaron 31 especies de insectos para el llano (17 fitófagos, 9 depredadores y 5 parasitoides) y 32 especies para la premontaña (16 fitófagos, 11 depredadores y 5 parasitoides). Esto demuestra la veracidad de lo informado por Altieri y Nicole (2007), que los sistemas de policultivos favorecen el aumento de la entomofauna al imitar los ecosistemas naturales.

En ambos agroecosistemas el sistema de cultivo M+C presentó una mayor presencia de especies en las cuatro primeras semanas, mientras que a partir de la quinta semana el número de especie de insectos estuvo favorecido además para los sistemas M+A y M+G. El M+F fue el policultivo de menor abundancia de especies, coincidiendo esto con los mayores niveles de infestación dentro de los cultivos intercalados.

### **Insectos depredadores identificados**

Los principales órdenes de insectos depredadores presente en los agroecosistemas fueron, Coleoptera, Hemiptera, Neuroptera, Diptera, Himenoptera y el Dermaptera (Tabla 20). Las especies depredadoras que tuvieron mayor representatividad en la época lluviosa según la prueba (Abundance plot para K dominante), fueron *Z. logipes*, *P. cubensis* y *Dorus* spp; mientras que en la poco lluviosa estuvieron representado por *Mixogaster* sp, la familia coccinelidae y *N. capsiformis*. Resultados similares informó Pérez (2006) en asociaciones de maíz.

**Tabla 20. Insectos depredadores identificados en el maíz en los sistemas de policultivos**

Grupo	Orden	Familia	Género	Especie
Depredadores	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Coleomegilla</i>	<i>cubensis</i> Csy.
			<i>Cycloneda</i>	<i>sanguínea</i> Csy.
			<i>Rodolia</i>	<i>cardinalis</i> Muls.
			<i>Callida</i>	<i>rubricollis</i> Dej.
			<i>Scymnus</i>	spp
		Cincidelidae	<b><i>Megacephala</i></b>	<b><i>carolina</i> L.</b>
		Lampiridae	<i>Thonalmus</i>	sp
		Reduvidae	<i>Zelus</i>	<i>longipes</i> L.
	Hemiptera	Anthocoridae	<i>Oriuz</i>	<i>Insidiosus</i> Say
			Nabidae	<i>Nabis</i>
	Diptera	Syrphidae	<i>Mixogaster</i>	sp
	Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysopa</i>	spp
			<b><i>Nodita</i></b>	<b>spp</b>
	Hymenoptera	Vespidae	<i>Polistes</i>	<i>cubensis</i> P.de B
			Pachodynerus	<i>nasidens</i> Lat.
	Formicidae	<i>Pheidole</i>	<i>megacephala</i> Fab.	
Dermaptera	Forficulidae	<i>Dorus</i>	spp	

Las especies en negrita solo estuvieron presentes en el agroecosistema premontañoso.

Especies de insectos con estos hábitos alimenticios han sido informadas en sistemas de policultivos por (Vázquez *et al.* 1999), Murguido (2000), Rojas (2000); Medero (2002) y Vázquez (2008). Las avispas del género *Polistes* fueron las de mayor representación en el monocultivo seguido por *D. taeniatum* aunque nunca alcanzaron los niveles presentes en los policultivos.

Los sistemas de policultivos presentaron mayor abundancia de estos insectos que el monocultivo para ambos agroecosistemas y para ambas épocas de siembra. El policultivo con mayor representatividad de insectos depredadores fue M+C en los primeros 28 ddg, pudiendo estar dado por ser la calabaza el primero en proveer de alimento y refugio a los depredadores, dado por sus características botánicas. En el caso de los policultivos M+A y M+G los niveles mayores se alcanzaron a partir

del cuarto y quinto muestreo. De igual manera se comprobó que el monocultivo alcanzó la mayor presencia de estos insectos a partir de la floración del maíz.

Por su parte Vázquez (2008), informa como los sistemas de cultivos intercalados con maíz favorecen la presencia de entomófagos como coccinélidos, dípteros, chinches asesinas y avispas, todos insectos depredadores vinculados a las poblaciones plagas del maíz.

### Insectos parasitoides identificados

Entre los principales parasitoides identificados en los sistemas de cultivos para ambos agroecosistemas, estuvieron tres especies del orden Díptera de la familia Tachinidae representado por *Archytas peliventris*, *Lespesia achyppivora* y *Eucelatoria* sp, así mismo se identificaron cuatro especies del orden Hymenóptera, de la familia Braconidae representados por *Chelonus insularis* y *Rogas* spp, de la familia Ichneumonidae la especie *Eniscospilus merdarius* todos ellos parasitoides de *S. frugiperda* y *H zea*, mientras que de la familia Mymaridae se identificó *Anagrus* sp en *P. maidis*. (Tabla 21).

**Tabla 21 Insectos parasitoides censados en el maíz en los sistemas de policultivos**

Grupo	Orden	Familia	Género	Especie
Parasitoides	Diptera	Tachinidae	<i>Archytas</i>	<i>peliventris</i> V. de Wulp.
			<i>Eucelatoria</i>	sp
			<i>Lespesia</i>	<i>achyppivora</i> Riley.
	Hymenoptera	Braconidae	<i>Chelonus</i>	<i>insularis</i> Cress.
			<i>Rogas</i>	sp
		Mymaridae	<i>Anagrus</i>	spp
			Ichneumonidae	<i>Eniscospilus</i>

Los policultivos presentaron mayor abundancia de especies que el monocultivo para ambos agroecosistemas durante toda la investigación. Los tres primeros muestreos mostraron que el policultivo M+C fue el de mayor presencia de insectos parasitoides,

lo que pudiera estar dado por ser el sistema de cultivo que primeramente emitió flores y a partir de la cuarta semana fue el sistema de cultivo M+A fue el de mayor presencia de parasitoides.

De esta manera se evidencia como los policultivos favorecen las poblaciones de depredadores y parasitoides, porque los refugios para los hospedadores o las presas en los policultivos hacen posible la persistencia de sus poblaciones, lo que estabiliza las interacciones depredador-presa o parasitoide hospedador (Altieri y Nicholls, 2012). Igualmente estos resultados concuerdan con Bernal (2007), al informar la importancia de los parasitoides en la regulación sobre las plagas. Por su parte Lietti *et al.* (2011), informan como las plagas alcanzan mayores niveles de abundancia en los sistemas agrícolas simples como el monocultivo.

#### **4.2.2 Determinación de los índices ecológicos en los sistemas de cultivos de maíz en los agroecosistema en estudio**

##### **Época lluviosa. Llano**

En el agroecosistema del llano en la época lluviosa la riqueza de especie estuvo favorecida por los policultivos, existiendo diferencias estadísticas con las parcelas del monocultivo durante todos los años en estudios (Anexo 8). Los sistemas de cultivos con mayor riqueza insectil fueron el M+C, M+A y M+G sin diferencias entre ellos. El sistema M+F aunque presentó los valores de riqueza inferior al resto de los policultivos se mantuvo con niveles relativos superiores que el monocultivo. Como se observa la riqueza de especie fue en aumento con los años y los resultados obtenidos coinciden con lo informados por Pérez (2004) en la provincia de Ciego de Ávila, en su estudio en asociaciones de cultivos con maíz, de igual manera con Herrera (2005), al evaluar la artropofauna del cultivo del maíz en monocultivo y policultivos en México.

De acuerdo con el índice de diversidad Shannon (H) calculado, en este agroecosistema se encontraron diferencias estadísticas similares a la riqueza de especie entre los sistemas de cultivos, donde el monocultivo fue el de menor diversidad insectil durante todos los años en estudio, por su parte el M+A presentó la mayor diversidad, aunque sin diferencias con el M+C y M+G (Anexo 8). Resultados similares fueron informados por Cuesta (2011) en la provincia de Cienfuegos al estudiar la biodiversidad en campos de maíz. Esto demuestra lo informado por León (2013), que los sistemas de policultivos por lo general presentan una mayor abundancia de géneros y una distribución relativa u homogeneidad tanto desde el punto de vista espacial como temporal más equilibrado y estable que en los sistemas de monocultivos.

La equidad o uniformidad de insectos dentro de los sistemas en estudio mostró que los policultivos M+A y M+G fueron los más uniformes en el año 2011 sin diferencia estadísticas entre ellos, seguido por el M+C (Anexo 8). Al igual que en los índices anteriores en M+F fue el policultivo con menor equidad, pero superior al monocultivo, que fue el menos equitativo durante todos los años analizados. Por su parte el 2012 mantiene M+A como la variante más equitativa sin diferencia con M+C y ya en el 2013 fueron el M+A, M+G y el M+C los de mayor equidad sin diferencia entre ellos. Los policultivos presentaron una mayor diversificación de flores que ofrecen recursos de alimentos (polen, néctar), además de proveer de refugio, camuflaje, lo que incide en una mayor presencia de insectos biorreguladores que favorecen la regulación de las poblaciones de insectos plagas.

La dominancia mostró valores similares a los índices anteriores, pero en sentido inverso, ya que los mayores valores de dominancia manifiestan menor diversidad, uniformidad y riqueza (Moreno, 2005) (Anexo 8). El tratamiento con mayor dominancia durante todos años y con diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos fue el monocultivo. El policultivo M+A fue el de menor dominancia durante los años 2011 y 2013, mientras que en el 2012 no tuvo diferencias con el

M+C y M+G. En estos sistemas de policultivos los insectos herbívoros se ven sometidas a un mayor control de los factores de mortalidad bióticos (parasitoides y depredadores) y por tanto no ocurre como en el monocultivo donde determinadas plagas o fitófagos adquieren posiciones dominantes en el agroecosistema con respecto a las otras especies y se hacen aún más perniciosas por sus altas densidades y por lo tanto se evidencian mayores niveles de daños al cultivo del maíz. Durante toda la investigación para esta época de siembra y en este agroecosistema la especie dominante fue *S. frugiperda*.

### **Época lluviosa. Premontaña**

En el agroecosistema premontañoso se vio incrementada la riqueza de especies de insectos en todos los policultivos sin diferencia estadística entre ellos, pero sí respecto al monocultivo durante todos los años de investigación (Anexo 9). Este agroecosistema por su cercanía a grandes zonas boscosas presentó un incremento en número de especies desde los primeros muestreos en los policultivos. Resultados estos que coinciden con lo informado por Atieri y Nicholls (2012), sobre la importancia que presentan las colindancias con las zonas boscosas para el aumento y mantenimiento de la diversidad insectil dentro de los agroecosistemas.

La diversidad de especies de insectos, por su parte se incrementó más en las áreas de policultivos que en el monocultivo. Los sistemas de cultivos M+A, M+G y M+C no presentaron diferencias entre sí durante el 2011. Se presentó un incremento de la diversidad en el policultivo M+A en el 2012 en relación al resto de los tratamientos, mientras que en el 2013 fueron el M+A y M+G los más favorecidos, por lo que M+A fue el tratamiento que mantuvo una mayor estabilidad en el tiempo (Anexo 9).

La equidad de especies insectiles fue en aumento para todos los sistemas de cultivo, donde en el 2011 fueron M+A y M+C los que alcanzaron los mayores

valores de equidad (Anexo 5.3). En el 2012 se incorpora el M+G a los tratamientos M+A y M+C. Para el 2013 no existieron diferencias entre los sistemas de policultivos. Durante toda la investigación el monocultivo fue el menos equitativo en cuanto a especies insectiles con diferencias marcadas con los tratamientos de policultivos. De esta manera se demuestra la efectividad ecológica de los sistemas de policultivos en la estabilidad poblacional de los insectos.

La dominancia de especies insectiles presentó un comportamiento similar durante todos los años evaluados. El monocultivo fue donde se alcanzó la mayor dominancia de insectos con diferencias estadística con todos los policultivos. El sistema M+F le siguió en orden, mientras que M+A, M+C y M+G evidenciaron la menor dominancia de especies sin diferencias entre ellos (Anexo 9). Al igual que en el agroecosistema del llano en la época lluviosa la especie dominante fue *S. frugiperda*.

### **Época poco lluviosa**

En el agroecosistema del llano en la época poco lluviosa, la riqueza de especie tuvo un comportamiento similar durante los tres años en estudio, pero en aumento gradual, donde los tratamientos M+A, M+G y M+C fueron los de mayor números de especies y sin diferencias entre ellos. De igual manera el monocultivo fue el de menor riqueza durante toda la investigación y distante de todos los sistemas de policultivos (Anexo 5.2).

Al evaluar la diversidad, se pudo comprobar que el año 2011 mostró como los tratamientos M+A y M+C fueron los más diversos sin diferencias entre ellos seguidos por M+G, mientras que durante los años 2012 y 2013 el sistema con mayor valor fue el M+A (Anexo 10). El monocultivo fue el tratamiento de menor diversidad durante los tres años. Estos resultados pudieron estar dados por ser el ajonjolí una planta que provee de recursos por un largo período de tiempo debido a su floración escalonada.

Los sistemas de cultivos con mayor equidad durante los tres años analizados y sin diferencias entre ellos fueron el M+A, M+G y el M+C (Anexo 10), por su parte el sistema M+F aunque no alcanza la equidad de especies insectiles de los otros policultivos, esta fue superior al monocultivo durante toda la etapa investigativa.

Los valores más altos de dominancia se alcanzaron en el monocultivo existiendo diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos (Anexo 10). Los sistemas M+A y M+C mostraron menor dominancia respecto al resto de los sistemas de policultivos durante el 2011. Por su parte el 2012 mostró menor dominancia insectil el sistema M+A, seguido de M+C y M+G sin diferencias entre ellos. Para el 2013 no se mostró diferencias entre M+A, M+G y M+C. A pesar de la presencia de insectos plagas que tomaron posiciones dominantes como *P.maidis* la dominancia fue en descenso con el transcurso de los años.

Los resultados expuestos anteriormente demuestran que para todas las épocas de siembra y agroecosistemas evaluados, los tratamientos de policultivos presentaron mayor riqueza de especies, diversidad y equidad que el monocultivo, destacándose el M+A, aunque en el mayor de los casos analizados sin diferencias con el M+C y M+G, por su parte el M+F a pesar de no alcanzar los resultados de estos sistemas de cultivos, si fue mejor que el monocultivo. Al mismo tiempo el este sistema de maíz monocultivo fue el de mayor dominancia de especies, donde *S. frugiperda* en los época lluviosa y *P. maidis* en la poco lluviosa fueron los insectos más dominantes.

Estos resultados confirman lo informado por Altieri y Nicholls (2007) al plantear que la biodiversidad no es sólo esencial para la regulación de plagas, sino que provee la base biológica para la sostenibilidad del agroecosistema resultando en una mejor seguridad alimentaria, eliminación del uso de agroquímicos y como consecuencia, en una mejor calidad de vida de miles de familias rurales.

### 4.2.3 Establecimiento de la relación predador–presa en los sistemas de cultivos de maíz. Agroecosistemas en estudio

#### Agroecosistema del llano. Época lluviosa

La relación predador presa (RPp) en el agroecosistema del llano en la época lluviosa del llano, mantuvieron valores superiores en los sistemas de policultivos comparado con el monocultivo durante todo los muestreos realizados. La RPp entre *Z. longipes* / *S. frugiperda* experimentó un ascenso a partir del cuarto muestreo para los sistemas de policultivos, no así para el monocultivo, que se mantuvo con valores bajos. Los sistemas más favorecidos fueron M+A, M+G y M+C (Figura 11).

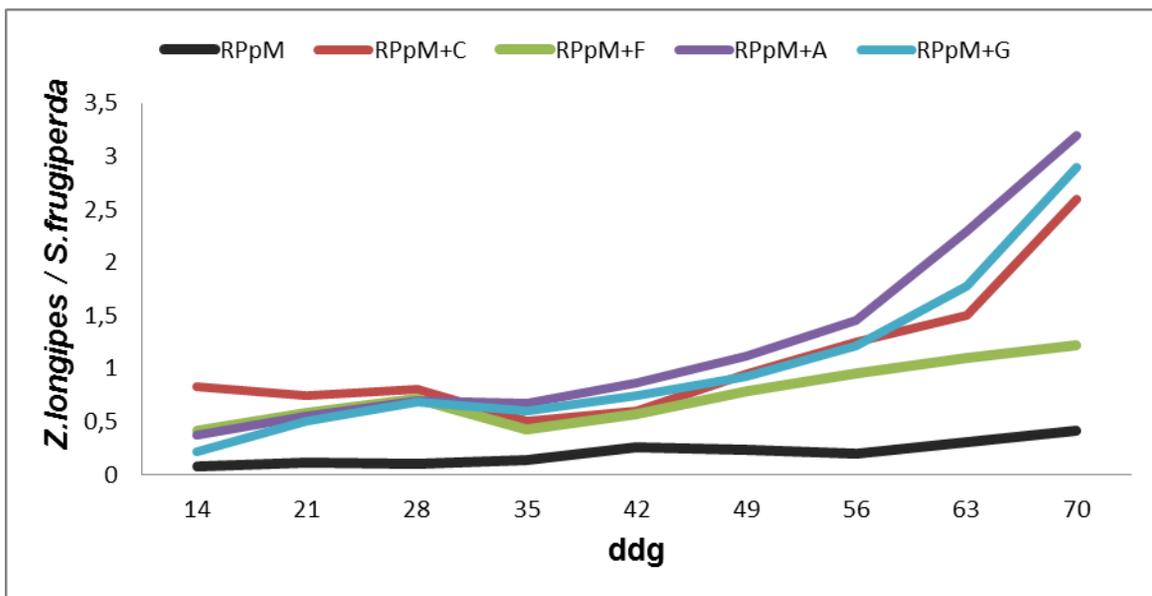
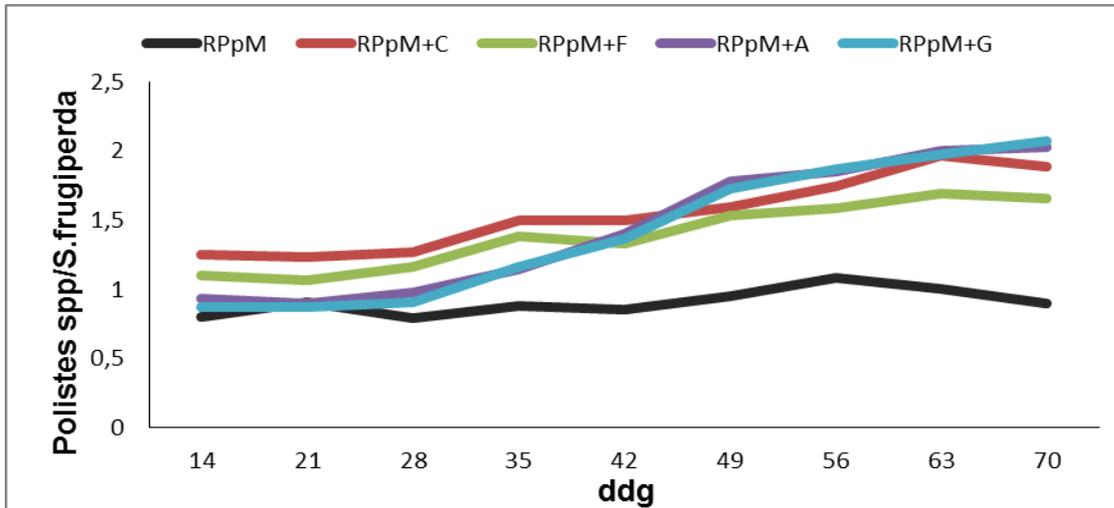


Figura 11. Relación predador presa entre *Z. longipes* / *S. frugiperda*

El sistema M+F a partir de los 28 ddg mostró una disminución en la depredación comparado con el resto de los sistemas de policultivo.

Estos resultados coinciden con Pérez *et al.* (2008), al informar que las chinches del género *Zelus* resultan muy efectivas en la regulación de las poblaciones de *S. frugiperda*.

La RPp entre *P. cubensis* / *S. frugiperda* se mantuvo en ascenso hasta final de los muestreos. Los sistemas de policultivos M+C y M+F fueron los de mayor relación hasta la quinta semana, mientras que a partir de esta, fueron M+A y M+G los más favorecidos (Figura 12). El monocultivo se mantuvo como el de menor depredación durante toda la investigación y con tendencia a ir disminuyendo a partir de los 56 ddg.



**Figura 12. Relación predador presa entre *P. cubensis* / *S. frugiperda***

Estos resultados coinciden con Cuesta (2011), que al estudiar esta variable en la provincia de Cienfuegos, mostró que *Z. longipes* y *P. cubensis* juegan un rol muy importante dentro de los agroecosistemas de maíz como depredadores de *S. frugiperda*. Por lo anterior se puede inferir que las relaciones tróficas en los sistemas de policultivos aumentan gradualmente, lo que concuerda con Vázquez (2008), quien plantea que los cultivos intercalados favorecen la presencia de depredadores y la regulación de plagas.

La RPP entre *Dorus* spp / *S. frugiperda* mostró un ascenso desde los primeros muestreos hasta el final de las evaluaciones para todos los sistemas analizados, aunque los valores alcanzados por el monocultivo fueron inferiores a los policultivos (Figura 13). Los policultivos M+G y M+A fueron los sistemas de cultivos con mayor depredación a partir del quinto muestreo.

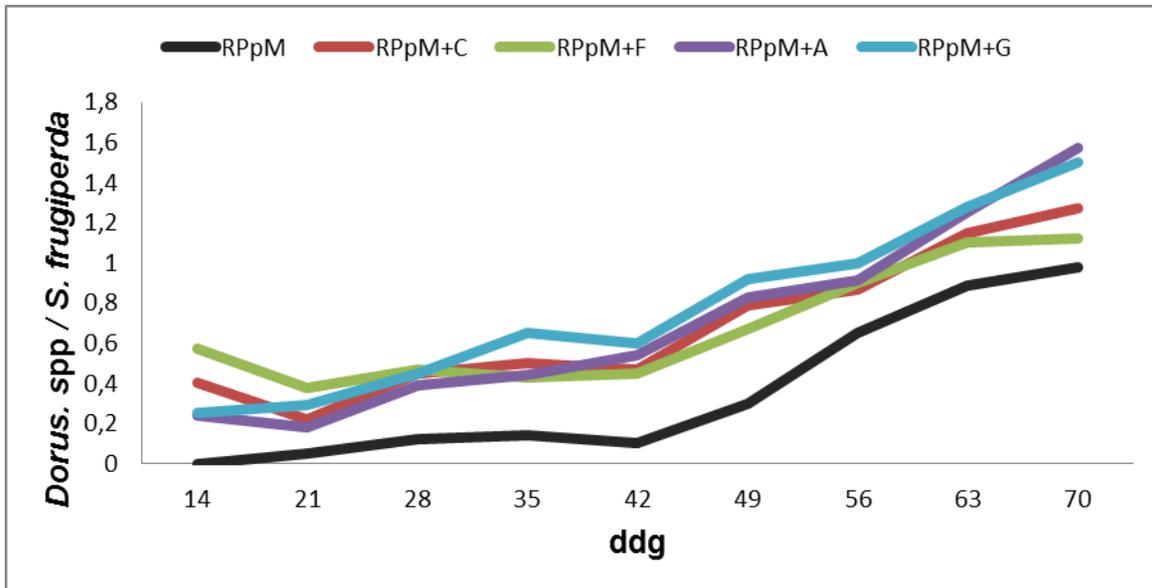


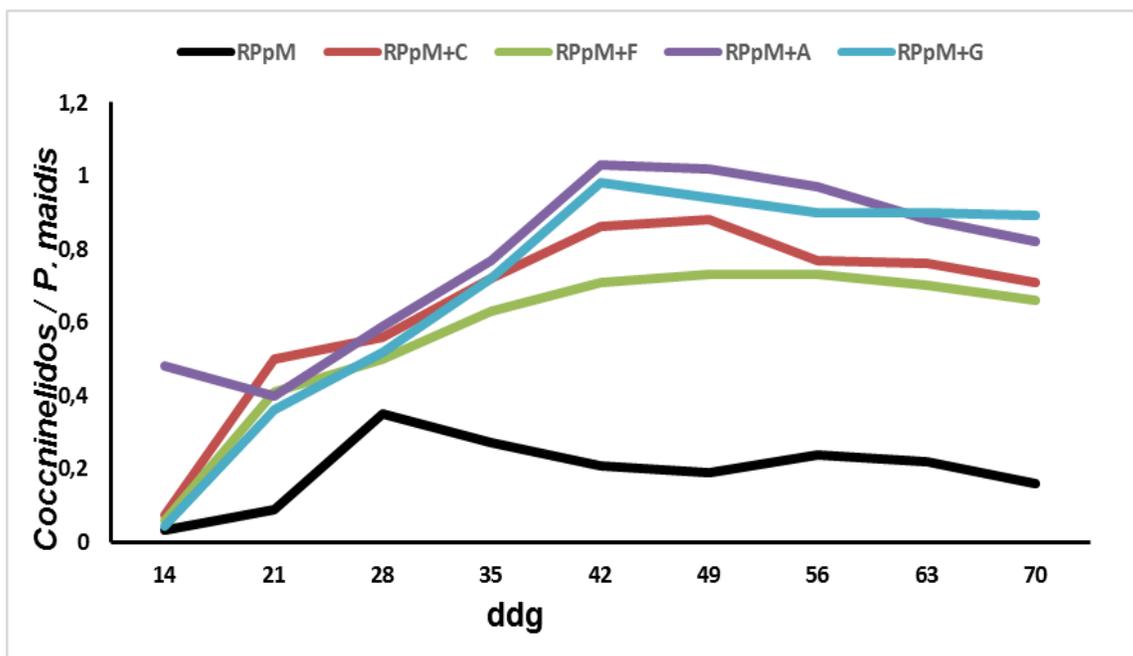
Figura 13. Relación predador presa entre *Dorus* spp / *S. frugiperda*

### Agroecosistema del llano. Época poco lluviosa

En la época poco lluviosa la principal plaga del maíz lo constituyó *P. maidis* mientras que *Mixogaster* spp, Coccinélidos y *N. capsiformis* fueron sus depredadores más representativos según el nivel de abundancia. Al evaluar la RPP en este agroecosistema se comprobó que los valores más bajos lo presentó el tratamiento monocultivo para los tres biorreguladores evaluados.

Los coccinélidos constituyeron una familia de gran valor en la regulación de *P. maidis*; la especie más representativa fue *Scymnus* spp, llegando hasta seis adultos por planta; la RPP de esta familia con *P. maidis* estuvo en ascenso durante todo los muestreos realizados para todos los sistemas de policultivos, no así para

el monocultivo donde la curva presentó un descenso muy marcado a partir del tercer muestreo. Los sistema de cultivos M+A y M+G fueron los de mayor depredación, M+F fue el de menor depredación dentro de los sistema de policultivos (Figura 14). Resultados estos que confirman lo informado Altieri y Nicholls (2007), de que los Coccinelidos son los depredadores más efectivos dentro del manejo agroecológico de plagas.



**Figura 14. Relación predador presa entre Coccinelidos / *P. maidis***

La RPP entre *Mixogaster* sp y *P. maidis* presentó un comportamiento similar a los Coccinélidos, donde los policultivos obtuvieron los mayores valores de depredación con respecto al monocultivo, el cuál a pesar de que fue el sistema con una menor RPP, los valores fueron en ascensos hasta el cuarto muestreo en que se observa una estabilidad en la curva (Figura 15). Los policultivos M+A y M+G fueron los más destacados a partir del quinto muestreo.

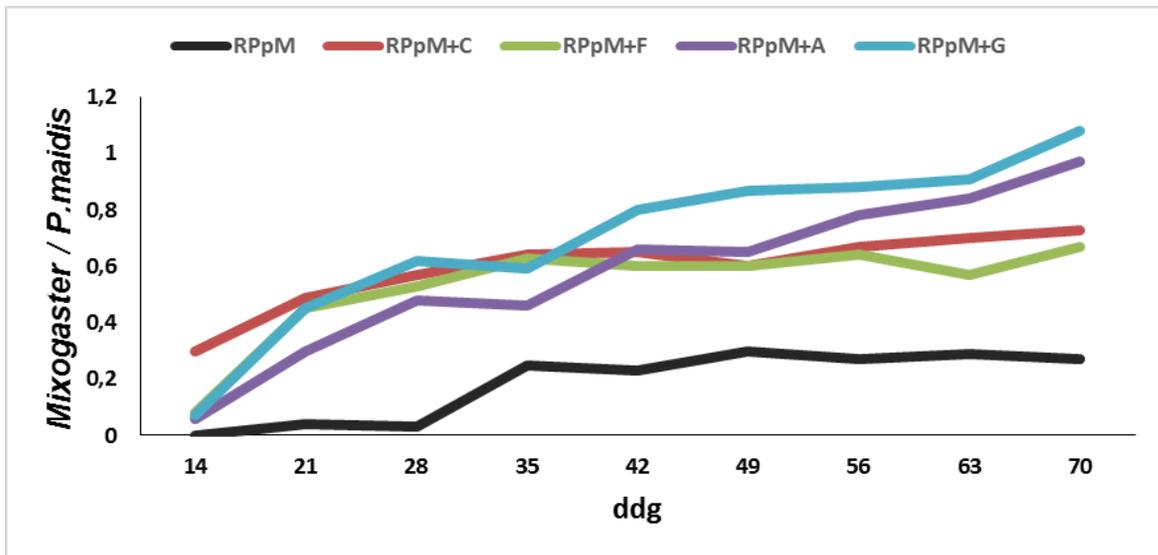


Figura 15. Relación predador presa entre *Mixogaster* spp / *P. maidis*

Por su parte *N. capsiformis* es un depredador que estuvo presente desde los primeros muestreos en los policultivos, mientras que en el monocultivo no se registró en las primeras semanas. La RPP que se estableció entre *N. capsiformis* y *P. maidis*, fue favorecida en los sistemas de policultivos, donde M+A y M+G a partir del tercer muestreo se observó un ascenso hasta el final de los muestreos, lo que pudo estar favorecido por la arquitectura de las plantas intercaladas, ya que son propicias para dar refugio a estos depredadores (Figura 16).

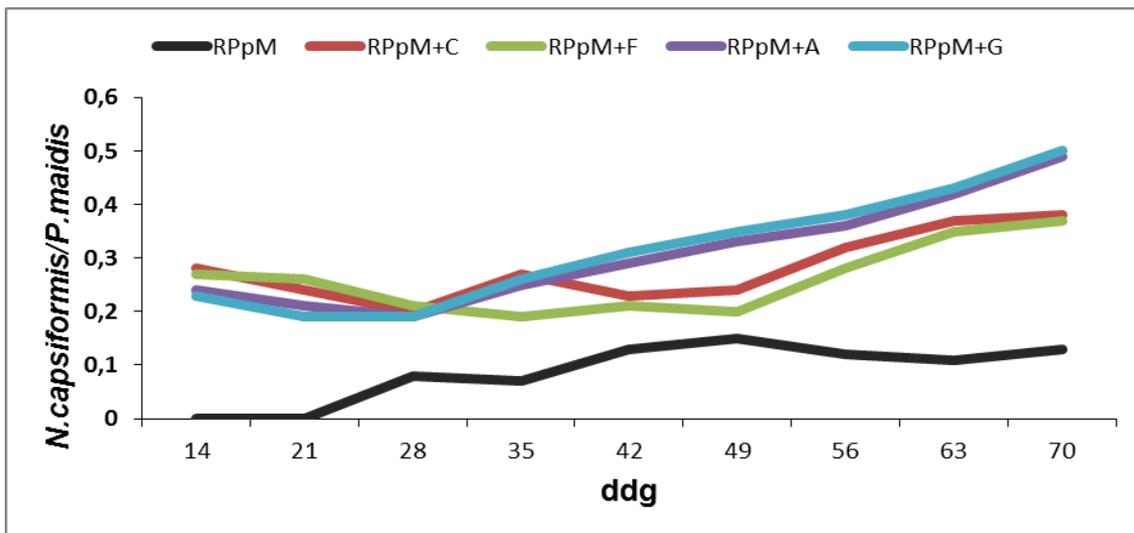


Figura 16. Relación predador presa *N. capsiformis* / *P. maidis*

## Agroecosistema premontañoso. Época lluviosa

En este agroecosistema al igual que en el llano la principal plaga lo constituyó *S. frugiperda* y sus principales depredadores igualmente fueron *Z. longipes*, *P. cubensis* y *D. taeniatum*.

La relación que se estableció entre *Z. longipes* / *S. frugiperda* mantuvo un comportamiento similar al del llano, aunque con valores superiores fundamentalmente para los tratamientos M+A y M+G a partir de los 35 ddg, el maíz monocultivo presentó valores inferiores a todas los sistemas de policultivos (Figura 17). El sistema M+F fue el policultivo con la menor RPP dentro de los sistemas de policultivos.

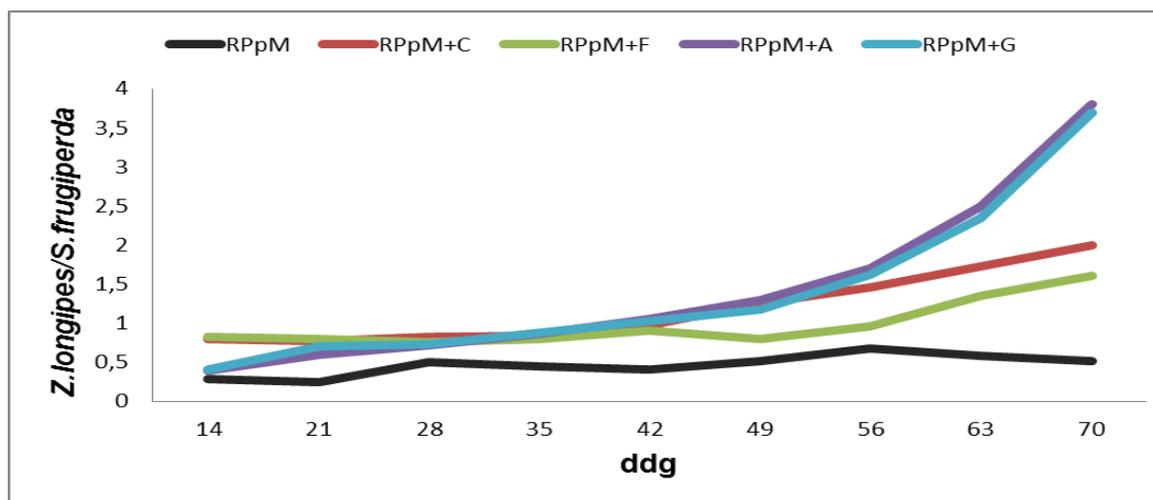


Figura 17. Relación predador presa entre *Z. longipes* / *S. frugiperda*

Por su parte la RPP entre *P. cubensis* / *S. frugiperda* mostró un descenso en el segundo muestreo, aunque que a partir del quinto muestreo experimentó un ascenso hasta los 63 ddg. Por su parte los policultivos M+G y M+A fueron los policultivos con mayor relación entre predador y presa hasta los 70 ddg. El monocultivo fue el sistema de cultivo con menor RPP durante todas las evaluaciones realizadas (Figura 18).

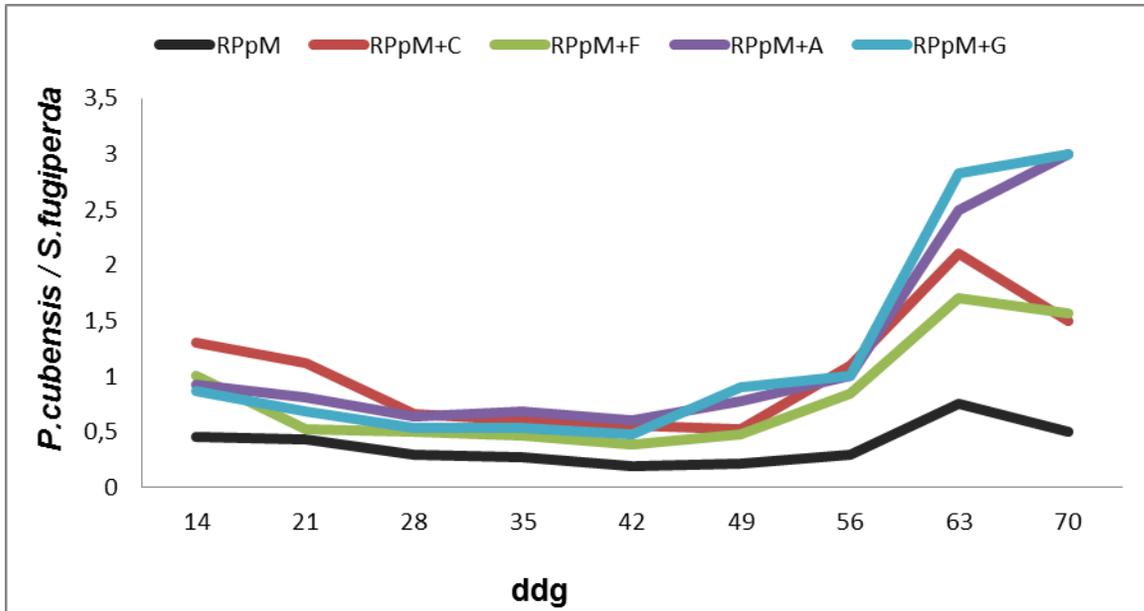


Figura 18. Relación predador presa entre *Polistes* spp / *S. frugiperda*

La relación entre *D. taeniatum* / *S. frugiperda* mostró una marcada diferencia en las curvas entre los policultivos y el monocultivo desde los primeros muestreos hasta el final de las evaluaciones (Figura 19). La RPp en los sistemas de policultivos fue en ascenso en todos los muestres realizados, a excepción del policultivo M+F, que experimentó un descenso a los 42 ddg. Los sistemas más favorecidos fueron M+C, M+A y M+G.

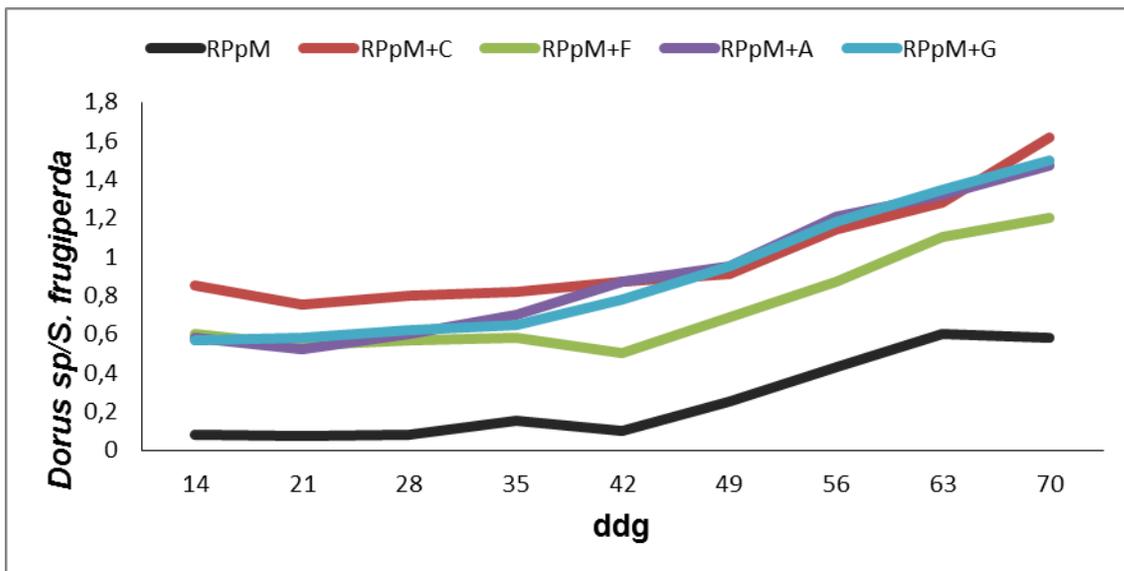


Figura 19. Relación predador presa entre *Dorus* spp / *S. frugiperda*

#### 4.2.4 Determinación del Índice de Parasitismo Global (IPG) en los sistemas de cultivos de maíz. Agroecosistema en estudio

##### Parasitismo global de *S. frugiperda*

El parasitismo global para *S. frugiperda* presentó los mayores valores en época lluviosa. En los muestreos realizados a los 14 y 35 ddg los sistemas de cultivos con mayor parasitismo global fueron M+C y M+F, mientras que a los 42 y 63 ddg fueron M+A y M+G los más beneficiados, de igual manera se puede apreciar como el monocultivo fue el sistema de cultivo de menos parasitismo durante todas las evaluaciones realizadas. Entre los principales organismos que interactuaron con *S. frugiperda* fueron los dípteros los más representativos donde a partir de cuarto muestreo llegaron a niveles de 26 y 35 % para el agroecosistema del llano en las dos épocas de siembra respectivamente, mientras que en el agroecosistema premontañoso alcanzó valores de 38 % (Figura 20).

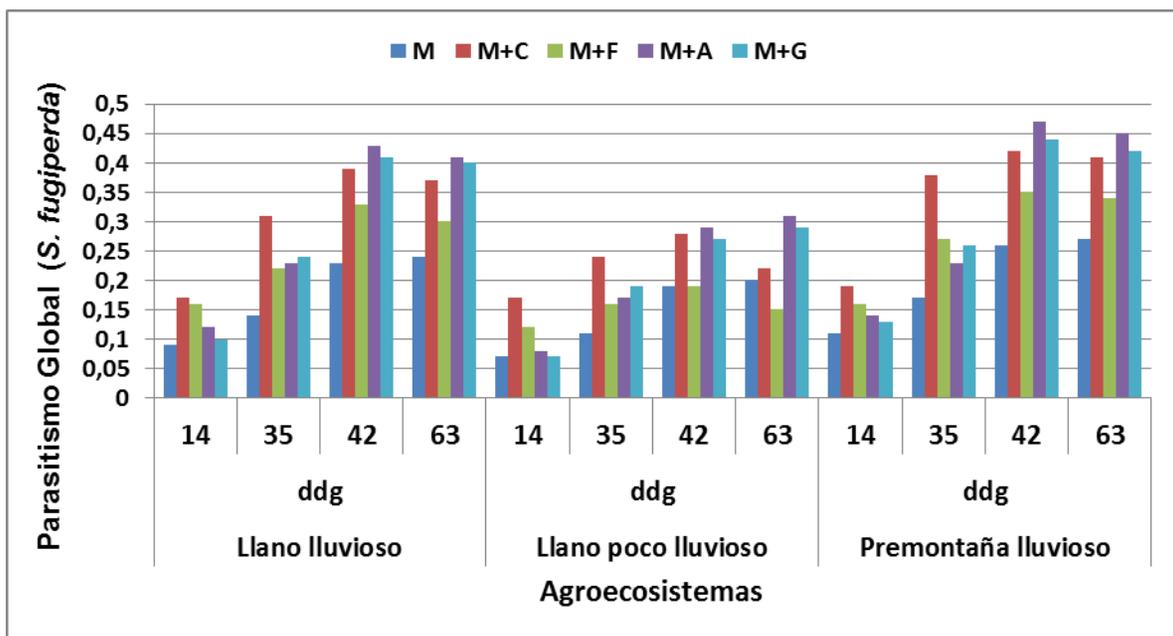


Figura 20. Índice de parasitismo global en *S. frugiperda*

El parasitoide *C. insularis* solo estuvo presente en los primeros muestreos con valores bajos de parasitismo. Por su parte *Rogas* spp fue encontrado en larvas recolectadas en los primeros instares durante las primeras semanas de desarrollo vegetativo del maíz. Resultados similares fue informado por (Rojas, 2000) en su estudio sobre la entomofauna benéfica asociada al cultivo del maíz en la provincia Villa Clara.

### Parasitismo global de *P.maidis*

El parasitismo global para *P.maidis* tuvo un mejor comportamiento en época poco lluviosa. En el policultivo M+C se presentaron los niveles más altos de parasitismo a los 14 y 35 ddg, mientras que a los 42 y 60 ddg los policultivos M+A y M+G tuvieron un aumento considerable en el porcentaje de parasitismo global. De igual manera que en el caso de *S. frugiperda* la variante menos favorecida fue el monocultivo (Figura 21).

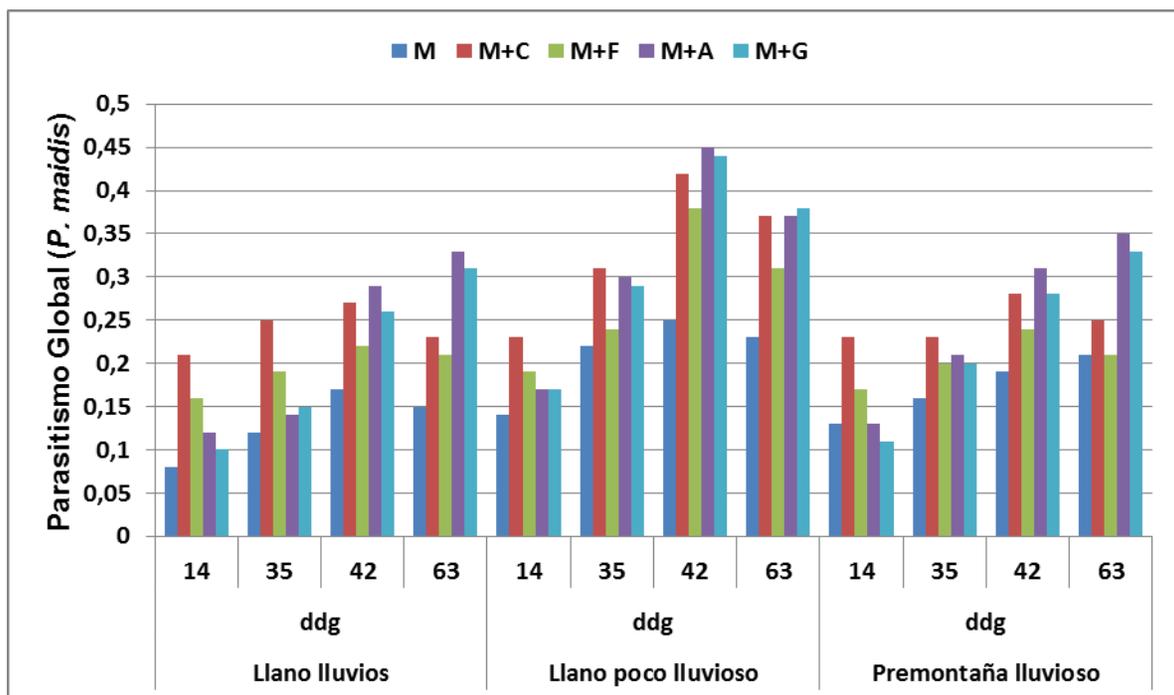


Figura 21. Índice de parasitismo global en *P. maidis*

*Anagrus* spp fue el único parasitoide presente, alcanzando de forma general en los policultivos una abundancia entre 0,23 y 0,31 adultos por puestas para el agroecosistema premontañoso, mientras que en el llano estuvo entre 0,18 y 0,24, no así en el monocultivo para ambos agroecosistemas donde solo alcanzó 0,6 para el llano y 0,11 adultos por puestas para el premontañoso. El biocontrol que más afectó a *P.maidis* en el agroecosistema del llano fue el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) a partir de los 30 días.

### **4.3 Determinación de los beneficios productivos y económicos de los sistemas de maíz en los agroecosistemas en estudio**

#### **4.3.1 Determinación del uso equivalente de la tierra (UET) en los diferentes sistemas de cultivos en estudio**

##### **Época lluviosa .Llano**

En la época lluviosa del agroecosistema del llano, el UET de todos los sistemas de policultivos fueron superior al monocultivo (Tabla 22), destacándose el policultivo M+C, donde la calabaza alcanzó un rendimiento promedio de 2,85 t ha<sup>-1</sup>, este sistema de policultivo es el más utilizado por los campesinos de forma tradicional en Cuba, dado en gran medida por los beneficios productivos. Al mismo tiempo fue en este sistema de cultivo donde el maíz alcanzó el mayor rendimiento dentro de los sistemas de cultivos intercalados, favorecido por el hábito de crecimiento de la calabaza. El policultivo menos beneficiado fue el M+F, debido a las condiciones lluviosas, aunque mostró un UET superior al monocultivo. Los policultivos superaron al monocultivo en 0,9; 0,41; 0,30 y 0,45 t ha<sup>-1</sup> lo que significa que estos sistemas de policultivos tuvieron un sobre rendimiento de un 9, 30, 41 y 45 % más de producción por unidad de superficie que el monocultivo.

**Tabla 22. U.E.T en los sistemas de policultivos de maíz. Agroecosistema del llano. Época lluviosa**

Sistemas de cultivos	Maíz (t ha <sup>-1</sup> )	Calabaza (t ha <sup>-1</sup> )	Frijol (t ha <sup>-1</sup> )	Ajonjolí (t ha <sup>-1</sup> )	Girasol (t ha <sup>-1</sup> )	UET
Maíz	3,64	-	-	-	-	
Calabaza	-	5,14	-	-	-	
Frijol caupí	-	-	1,50	-	-	
Ajonjolí	-	-	-	0,57	-	
Girasol	-	-	-	-	4,60	
Maíz-Calab.	3,28	2,85	-	-	-	1,45
Maíz- Frijol	3,26	-	0,45	-	-	1,09
Maíz-Ajonjolí	3,21	-	-	0,30	-	1,41
Maíz- Girasol	3,09	-	-	-	2,13	1,30

### Época lluviosa. Premontaña

El agroecosistema premontañoso mostró que los rendimientos de los cultivos estuvieron favorecidos de forma general, lo que permitió que expresaran mejor su potencial productivo. El sistema de cultivo con mayor aprovechamiento fue M+C con un sobre rendimiento del 48 %, mientras que el menor fue igualmente a los agroecosistemas anteriores el M+F con un 8 % de sobre rendimiento. Los policultivos M+A y M+G obtuvieron un sobre rendimiento de un 37 y 31 % más que el monocultivo (Tabla 23).

El uso equivalente de la tierra en los sistemas de cultivos en estudios mostraron de forma general una mayor eficiencia de los policultivos con respecto al monocultivo, con valores mayores que uno, lo que demostró que los policultivos, fueron más eficiente desde el punto de vista de producción por área que el monocultivo. Estos resultados concuerdan con los informado en el INIVIT por Rodríguez *et al.* (2001). Igualmente en la provincia de Sancti Spíritus González (2005) en su estudio utilizando diferentes variantes de intercalamientos con los

cultivos maíz, calabaza y girasol, donde informa las ventajas de los policultivos sobre el monocultivo desde el punto de vista productivo.

**Tabla 23. U.E.T en los sistemas de policultivos de maíz. Agroecosistema premontañoso. Época lluviosa**

Tratamientos	Maíz (t ha <sup>-1</sup> )	Calabaza (t ha <sup>-1</sup> )	Frijol (t ha <sup>-1</sup> )	Ajonjolí (t ha <sup>-1</sup> )	Girasol (t ha <sup>-1</sup> )	UET
Maíz	3,75	-	-	-	-	1,0
Calabaza	-	5,20	-	-	-	1,0
Frijol	-	-	1,20	-	-	1,0
Ajonjolí	-	-	-	0,65	-	1,0
Girasol	-	-	-	-	4,65	1,0
Maíz-Calab.	3,37	3,08	-	-	-	1,48
Maíz- Frijol	3,28	-	0,27	-	-	1,08
Maíz-Ajonjolí	3,29	-	-	0,33	-	1,37
Maíz- Girasol	3,21	-	-	-	2,17	1,31

### Época poco lluviosa llano

El valor del UET estuvo condicionado fundamentalmente por los rendimientos del maíz que no alcanzaron los valores de la época lluviosa. Los sistemas de policultivos M+C, M+F, M+A y M+G superaron en un 31, 20, 41 y 34 % al rendimiento del monocultivo (Tabla 24). El UET en el policultivo M+F a pesar de obtener un rendimiento por área superior a los períodos lluviosos no alcanzó los resultados informados por otros autores como Pérez (2006) en Cuba con un valor de 1,61 y por Gutiérrez *et al.* (2007) en México con un valor de 2,57 pudiéndose deber a condiciones agroecológicas y variedades diferentes a las del presente trabajo.

**Tabla 24 U.E.T en los sistemas de policultivos de maíz. Agroecosistema del llano. Época poco lluviosa**

Sistemas de cultivos	Maíz (t ha <sup>-1</sup> )	Calabaza (t ha <sup>-1</sup> )	Frijol (t ha <sup>-1</sup> )	Ajonjolí (t ha <sup>-1</sup> )	Girasol (t ha <sup>-1</sup> )	UET
Maíz	2,85	-	-	-	-	1,0
Calabaza	-	4,17	-	-	-	1,0
Frijol	-	-	1,80	-	-	1,0
Ajonjolí	-	-	-	0,55	-	1,0
Girasol	-	-	-	-	4,30	1,0
Maíz-Calab.	2,57	1,75	-	-	-	1,31
Maíz- Frijol	2,41	-	0,65	-	-	1,20
Maíz-Ajonjolí	2,50	-	-	0,30	-	1,41
Maíz- Girasol	2,47	-	-	-	2,07	1,34

Por su parte Caviglia *et al.* (2004), mostraron que las ventajas esperables de los cultivos intercalados sobre el monocultivo se sustenta en el mayor aprovechamiento de los recursos por parte de los cultivos participantes, incrementando la productividad anual del suelo, igualmente Maddonni y de la Fuente (2003) hacen la misma observación. Los resultados son elocuentes para cada uno de los UET que se proponen, en los cuales se muestra los porcentajes de incremento del rendimiento.

#### **4.3.2 Valoración de la factibilidad económica de los sistemas de maíz en los agroecosistemas en estudio**

##### **Producción y valor de la Producción (Ingreso bruto).**

Tomando como referencia los datos de la Oficina Nacional de Estadística (ONE) del 2013 de la provincia Sancti Spíritus, donde se muestra que los rendimientos históricos del maíz no rebasan las 2,0 t ha<sup>-1</sup> y comparándolos con lo obtenidos en la presente investigación se puede inferir que sin grandes gastos de recursos y con el uso de sistemas de policultivos es posible obtener rendimientos muy

superiores (Tabla 25). Como se muestra en la tabla los ingresos brutos estuvieron en todos los agroecosistema y época de siembra superior en los policultivos que en el monocultivo, destacándose el sistema de policultivo de M+G, dado por los rendimientos alcanzados y el precio de venta. La producción total por sistema de cultivo fue superior en época lluviosa que en la poco lluviosa a excepción del cultivo del frijol que mostró mejor rendimiento en la época lluviosa.

**Tabla 25. Producción y valor de la producción (Ingreso bruto).**

Sistemas de cultivos	Producción (t ha <sup>-1</sup> )	Precio de la tonelada (\$)	Ingreso bruto (\$ ha <sup>-1</sup> )
<b>Llano lluvioso</b>			
M	3,64	4 340,00	15797,60
M+C	3,28-2,85	X -1 736,00	19182,80
M+F	3,26-0,45	X -10 850,00	19 030,90
M+A	3,21-0,30	X -23 870,00	21092,40
M+G	3,09-2,13	X -13 020,00	41143,20
<b>Llano poco lluvioso</b>			
M	2,85	4 340,00	12369,00
M+C	2,57-1,75	X -1 736,00	14191,80
M+F	2,41-0,65	X -10 850,00	17 511,90
M+A	2,50-0,30	X - 23870,00	18011,00
M+G	2,47-2,07	X - 13 020,00	37670,40
<b>Premontañoso</b>			
M	3,75	4 340,00	16275,00
M+C	3,37-3,08	X -1 736,00	19972,68
M+F	3,28-0,27	X -10 850,00	17 208,10
M+A	3,29-0,33	X -2 3870,00	22155,70
M+G	3,21-2,17	X - 13 020,00	42184,80

### 3.3.2.1 Índices económicos

Como se aprecia en la tabla 26 en todos los sistemas de cultivos se obtienen ganancias, destacándose el policultivo M+G con más de 30 mil pesos, mientras que el M+C es el de menor valor dentro de los sistemas de policultivos, aunque superior al monocultivo, esto estuvo dado fundamentalmente por los precios de venta de la calabaza que son inferiores al resto de los cultivos intercalados. En relación al costo por peso de la producción, todos los sistemas de cultivos en estudio fueron eficientes, el monocultivo fue el que precisó mayor inversión para obtener un peso, esta variable económica fue superior en los períodos pocos lluviosos por los gastos en riego y los rendimientos no alcanzaron los valores de los lluviosos, a excepción del M+F. La relación beneficio/costo para todas las variantes en estudio superan la unidad, lo que se considera satisfactorio ya que se gana más de lo que se invierte, el M+G fue el que presentó los mayores valores (6,86; 5,15 y 7,06 veces a lo invertido), mientras que el monocultivo estuvo entre 1,04 y 2,15 veces. Los demás sistemas de cultivos fueron superior al monocultivo e inferior al M+G. Los tratamientos M+G y M+A muestran como alcanzan el punto de equilibrio con valores inferiores al resto de los sistemas, mientras que el monocultivo es el tratamiento donde el equilibrio entre los ingresos y costo alcanza los valores mayores de la investigación.

**Tabla 26. Índices económicos**

Sistemas de cultivos	Beneficio neto (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costo x peso (\$)	Costo unitario (\$ t <sup>-1</sup> )	Relación Beneficio/Costo (\$)	Punto de equilibrio (\$)
<b>Llano lluvioso</b>					
M	10 640,8	0,33	1416,70	2,06	2 388,05
M+C	14 031,07	0,27	840,41	2,72	2 133,33
M+F	13 943,97	0,27	1080,00	2,74	2 133,33
M+A	15 965,94	0,24	1461,11	3,11	2 045,51
M+G	35 914,22	0,13	1001,72	6,86	1 777,70
<b>Llano poco lluvioso</b>					
M	6 312,2	0,48	2125,19	1,04	5 333,30
M+C	6 872,47	0,42	1400,86	1,13	4 444,44
M+F	11 239,90	0,35	2 050,32	1,79	2 758,60
M+A	11 982,49	0,33	2153,03	1,99	2 500,00
M+G	31 541,42	0,16	1349,99	5,15	1 860,46
<b>Premontañoso</b>					
M	11 118,2	0,31	1375,15	2,15	3 252,94
M+C	14 820,95	0,26	798,71	2,88	2 077,92
M+F	12 121,77	0,29	1432,93	2,38	2 253,50
M+A	17 027,19	0,23	1416,71	3,32	2 000,00
M+G	36 955,82	0,12	971,92	7,06	1 758,24

## CONCLUSIONES

1. Los sistemas de cultivos M+C, M+A y M+G tienen mejor respuesta ante el ataque por *S. frugiperda*, *P. maidis*, *H. zea* y *D. lineolata* que el monocultivo del maíz, siendo significativamente inferior la incidencia de estas plagas en el agroecosistema premontañoso.
2. *S. frugiperda* y *P. maidis* constituyen los principales fitófagos en los sistemas de cultivo empleados, mientras que la afectación por *H. zea* y *D. lineolata* resultan plagas secundarias.
3. Los policultivos muestran mayor estabilidad biológica dado por una mayor riqueza, diversidad y equidad de insectos que el monocultivo, destacándose M+C y M+A, así como mayor relación predador-presa e índice de parasitismo global siendo favorecidos M+C, M+A y M+G.
4. Los policultivos presentan mayor eficiencia productiva y económica que el monocultivo.

## **RECOMENDACIONES**

Utilizar los policultivos como práctica agrícola para favorecer la presencia de insectos biorreguladores de plagas, y los rendimientos en el maíz, en especial M+C, M+A y M+G.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

- ACHUPALLAS, J. y GAITÁN, M. *Comparación de rendimientos, valor económico y supresión de malezas de maíz dulce, habichuela y pepino bajo sistemas de monocultivo e intercultivo*. Honduras: El Zamorano, 2009.
- ADAMS, M.; ELLINGBAE, A. y ROSSINEAU, E. *Biological uniformity and disease epidemics*. EE.UU: BioScience 21:1067- 1070, 1971.
- ALATA, J. *Lista de insectos y otros animales dañinos a la agricultura en el Perú*. Perú: Dirección general de investigación agraria. Manual N° 38, 1973, n° Manual N° 38.
- ALAYO, P. *Catálogo de la fauna de Cuba. Los Hemípteros de Cuba. Familia Pentatomidae*. Museo Felipe Poey, Academia de Ciencias de Cuba: Pueblo y Educación, 1976.
- ALEMÁN, F. Manejo de malezas en el trópico. Primera división multiforme. Managua, Nicaragua. P. 69. 1997.
- ALONSO, R. *El maíz y la nutrición, Salud y vida* [en línea]. Infomet, 08 mayo 2009 [Consulta: 02 diciembre 2009]. Disponible en: [http:// WWW.Infomet.cu](http://WWW.Infomet.cu).
- ALTIERI, M Y CLARA NICHOLLS. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: Teoría, Estrategias y Evaluación. *Ecosistemas*. (Esp). 2007. XVI, (001).
- ALTIERI, M. *Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture*. Westview Press, Boulder. 1987.
- ALTIERI, M. Bases Agroecológicas para una producción agrícola sustentable. 1994. *Agricultura Técnica (Chile)* 54(4):371-386.
- ALTIERI, M. *Biodiversity and pest mangment in agroecosystems*. New York, 1995 p. 185.
- ALTIERI, M. MERRICH, L. *Agroecology and situ conservation of crop genetic resources througes maintenances of traditional farming systems*. *Economy Botany and Horticulture*. 1987. 3:1-24.
- ALTIERI, M. Y CLARA NICHOLLS. *Biodiversity and pest management in agroecosystems*: Binghamton USA: Foot Products press; 2004.

- ALTIERI, M. y CLARA NICHOLLS. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) Consultado [6-7-2010]. Disponible en: [http:// agroeco.org/socla/](http://agroeco.org/socla/).2009.
- ALTIERI, M. Y CLARA, NICHOLLS. Agroecología Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. 2010. Boulevard de los Virreyes 155. México D.F., México. ISBN 968-7913-04-X.
- ALTIERI, M. Y CLARA, NICHOLLS. Agroecología: Única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socio ecológica. *Agroecología*, agosto 2012, vol. 7, nº 2, pp. 65-83.
- ALTIERI, M. Y CLARA, NICHOLLS. Agroecology and the Search for a Truly Sustainable Agriculture. First edition: 2005 (English version) ISBN 968-7913-04-X.
- ALTIERI, M. Y LETORNEAU D. Vegetation and biological control in agroecosystems. *Crop Protection*. 1982.1:405-430.
- ALTIERI, M. Y. CLARA NICHOLLS. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. 2007. Icaria editorial, S. A. 247 pp.
- ALTIERI, M.. Biodiversidad, Agroecología y Manejo de Plagas. Clades. Cetal-Ediciones. 1992. Universidad de California, Berkeley.162 p.
- ÁLVAREZ R. Reseña histórica y aspectos bioecológicos del gusano del cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). El gusano cogollero en sorgo, maíz y otros cultivos). Sociedad Colombiana de Entomología. Memorias. 1991. p 12-14.
- ANDOW, D. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*. 1991. 36:561-586.
- BASCUR, G. Leguminosas de grano, leguminosas de consumo humano. 647. In *Agenda del Salitre*. 11° ed. SOQUIMICH Comercial, Santiago, Chile. 2001. p. 62.
- BENZ, B. Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz. *PNAS* 98 (4): 2104-2106. 2001.

- BENZ, B. TYKOT, R.. Maize in the Americas in Staller (ed.) Histories of Maize. Elsevier-Academic Press. EE.UU. 2006. p. 9-20.
- BERNAL, J. Biología, ecología y etología de parasitoides,. En: L. A. Rodríguez-del-Bosque y H. C. Arredondo-Bernal (eds.), Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p. 2007. p 61-74
- BRACK A. Diversidad biológica y mercados. Ministerio de la agricultura de Perú, 2005. Consultado [6-3-2006].
- BRUNER, S.; SCARAMUZZA; L.;. OTERO A. Catálogo de los insectos que atacan las plantas económicas de Cuba. Segunda Edición. Academia de Ciencia de Cuba. 1975.
- CARVER, M.; GROSS, G. and WOODWARD, T.. HEMIPTERA (Bugs, leafhoppers, cicadas, aphids, scale insects etc.). In: The insects of Australia. Vol I. Cornell University Press, Ithaca, New York. 1991. 443 pp.
- CASANOVA, A. Policultivos. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova (IIHLD) .2005.
- CAVIGLIA, O.; SADRAS, V. and ANDRADE, F. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas. I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in doublecropped wheat-soybean. Field Crops Res. 2004. 87, 117-129.
- CEDEÑO, M. Determinación del ciclo biológico, distribución y daños ocasionados por chicharritas (hemíptera: cicadellidae y delphacidae), en maizales. Trabajo de Diploma. Santo Domingo - Ecuador: Universitaria, 2011.
- CERDAS M. Lombricultura y Agricultura Sustentable, Edit. Futura, México. 2000. p. 124-132.
- CERDAS, M. y SARANDON, S. Los desafíos de la gestión municipal para una agricultura sustentable. El caso de Tres Arroyos, Argentina: 465-482. 2002.
- CHI, L. Manejo Integrado de Plagas para *Helicoverpa zea* y *Euxesta major* en maíz dulce (*Zea mays* L.) en Zamorano. *Tesis de Maestría*. Honduras: ZAMORANO, 2002.

- CIMMYT. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un Manual metodológico de evaluación económica. Edición complementamente revisada. México, D. F., México: CIMMyT. 1988. 79 pp.
- CLAUSEN, C. Entomophagous. Insects. McGraw-Hill, New York, U.S.A. 1940. p 688.
- CLAUSEN, C. Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: A world review. Agriculture Handbook No. 480, United States Dept. of Agriculture, Washington, D. C. 1978.
- CLAVIJO, S. Protección y Sanidad Vegetal. Capítulo 6, Sección 2. Insectos plagas del maíz. El Maíz en Venezuela. Fontana Nieves H. y González Narváez C, Eds. Fundación Polar. 2000. p 345-361.
- CONABIO. Documento base sobre centros de origen y diversidad en el caso de maíz en México, México. [web en línea]. [con acceso el 6 de Mayo 2008]. 2006. p 33.
- CORTEZ, M. El maíz en México y en el mundo. Instituto Nacional de Ecología. Dirección de Economía Ambiental. México 2008.
- CORTEZ, M. Recomendaciones para el manejo de las principales plagas insectiles del maíz en el Norte de Sinaloa. En: Jornada de manejo sustentable del cultivo de maíz. Memoria de capacitación. Foundation Produce Durango. 2014. 41-51 pp.
- CRIST, T. and VEECH, A.. Additive partitioning of rarefaction curves. 2006.
- CUESTA, G. "Fundamentos para la toma de decisiones con respecto a la continua liberación de la variedad de maíz fr-bt1, en la Empresa Cultivos Varios Horquita, Cienfuegos. Tesis de Maestría. Universidad de la Habana. Cuba: INSTEC, 2011.
- CUEZZO, F. and VIRLA, E. Interacción entre Delphacidae e Hymenoptera en cultivos de maíz en la Argentina. Revista *Sociedad Entomológica Argentina*. 2001. 60 (1-4): 35-37.
- DELLA, V. y GARCÍA, M. El cultivo del maíz en alerta amarillo. *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y alimentos*. Argentina. 2004. p 1- 47.

- DI CASTRI, F. y YOUNÈS, T. Introduction: biodiversity, the emergence of a new scientific field - its perspectives and constraints. In: Biodiversity, science and development: towards a new partnership. F. di Castri y T. Younès, Eds. CAB International & IUBS, Cambridge. 1996. p. 1-11.
- DÍAS DEL PINO, A. Cereales de Primavera .Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1972. p 458.
- DÍAZ-ZORITA, M. El cultivo de girasol. Argentina: ASAGIR, 2003.  
Disponible en: <[http://www.sepia.org.pe/apc-aa/img\\_upload](http://www.sepia.org.pe/apc-aa/img_upload). 2005.
- DOEBLEY, J. and ILTIS, H.. Taxonomy of Zea (Gramineae). I. A subgeneric classification with key to taxa. Amer. J. Bot. 67(6): 982-993. 1980.
- DOEBLEY, J.; GOODMAN, M. and STUBER.C. Patterns of isozyme variation between maize and Mexican annual teosinte. Econ. Bot. 41(2): 234-246. 1987.
- DUEÑAS, M. y RODRÍGUEZ, A. Metodología para el Manejo Integrado del Maíz. Ciudad Habana Cuba: MINAGRI, 2000.
- DUNCAN, D. Multiple range and multiple test. Biometrics 11:1. 1955.  
Fecha de consulta: 10 de febrero de 2012.
- FENALCE. El cultivo del maíz. Historia e importancia. México: FINAGRO, 2012.
- FERNÁNDEZ J. y .EXPÓSITO L Nuevo método para el muestreo de *Spodoptera frugiperda* (J. E.Smith) en el cultivo del maíz en Cuba. *Centro Agrícola*, 2000, nº 27, pp 32-38.
- FERNÁNDEZ, A. Y VÁZQUEZ, L. *Impacto de la capacitación sobre la adopción de prácticas agroecológicas de manejo de plagas en la agricultura urbana de Ciudad de La Habana*, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, La Habana, 2009.
- FERNÁNDEZ, E. y VÁZQUEZ, L.: Alcance del manejo integrado de plagas en Cuba. Taller Internacional sobre Manejo Integrado de Plagas, Inivit-RAAA, 20-24 de agosto, Santa Clara, Cuba, 2001.
- FERNÁNDEZ, J. Datos ecológicos preliminares sobre las principales plagas del maíz en la provincia Granma.: *Spodoptera frugiperda*. *Centro Agrícola*, septiembre 1997, nº 25, pp. 26-29.

- FERNÁNDEZ, J. Ecología y elementos para el control biológico y cultural de insectos plagas del maíz en cuatro municipios de Granma, Cuba. Tesis de Doctorado. Universidad Central de las Villas. Villa Clara, Cuba: Feijo, 2002.
- FERNÁNDEZ, J. Estudio agroecológico del cultivo del maíz y sus potencialidades en la sustentabilidad de pequeñas fincas campesinas en la provincia de Granma, Cuba. Tesis de Maestría, Universidad Internacional de Andalucía, España, 143 pp. 1997.
- FERNÁNDEZ, J.; GÁRCES, G.; PORTUONDO, E.; VALDEZ, P. y EXPÓSITO, I. Insectos asociados con flores del Jardín Botánico de Santiago de Cuba, con énfasis en Hymenoptera. *Biología Tropical*, diciembre 2001, vol. 49, nº 3-4.
- FERNÁNDEZ-BADILLO, A and CLAVIJO, S. Biología de la Chicharrita del Maíz, *Peregrinus maidis* (HOMOPTERA: Delphacidae), en Venezuela. *Maracay*, 1990. nº 16 (1): pp 35-46.
- FERNÁNDEZ-BADILLO, A. Y CLAVIJO, S.: Poliformismo alar de la chicharrita del maíz, *Peregrinus maidis* (Homoptera: Delphacidae) en Venezuela," *Maracay*, 1990a. nº 16 (1):27-34.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). FAOSTAT: online statistical service.2012. [Fecha de acceso: 12 de mayo de 2013].
- FOOD Y AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Informes de organizaciones internacionales sobre sus políticas, programas y actividades en relación con la diversidad biológica agrícola. Parte II: Centros Internacionales de Investigación Agrícola del grupo consultivo sobre investigación Agrícola Internacional (GCIAl), México, 2002. p 13.
- FRANCIS, C. Multiple Cropping Systems. MacMillan Publishing Co, New York, 1986. 383 pp.
- FRANCIS, C.; FLOR, C., and TEMPLE, S. Adapting varieties for intercropped systems in the tropics: Multiple Cropping.. ASA Special Publication No. 27. Madison, WI. 2006. pp. 235-254
- FUNES-MONZOTE, F.; MONZOTE, M.; LANTINGA, E.; TER BRAAK, C.; SÁNCHEZ, J., VAN KEULEN, H. Agroecological indicators (AEIs) for dairy and

- mixed farming systems classification: identifying alternatives for the Cuban livestock sector. *J Sustain Agric* 33(4): 2009. p 435-460.
- GAITÁN M. Comparación de rendimientos, valor económico y supresión de malezas de maíz dulce, habichuela y pepino bajo sistemas de monocultivo e intercultivo en El Zamorano, Honduras. 2009. p. 25.
- GAITAN, M. Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. Ann Arbor, MI, US, Ann Arbor Press. 2004.
- GARCÍA, M. Uso racional de insecticidas químicos y del policultivos maíz. - calabaza en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith.) en Fomento, Sancti Spíritus. Tesis en opción al grado de master en agricultura sostenible. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez. 2009.
- GARCÍA, M. y MIRANDA, L. Uso de los policultivos (maíz-calabaza, maíz-girasol, maíz-ajonjolí, maíz-frijol) en el manejo de *Spodoptera frugiperda* (Smith.) en un agroecosistemas premontañoso. Trabajo de Diploma. Sancti Spíritus, Cuba: Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez" (Uniss). Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2012.
- CENTRO NACIONAL DE SANIDAD VEGETAL. *Resumen de metodologías de señalización*. Habana, Cuba: CNSV, 2009.
- GIACCIO, G. La Agroecología y su aporte a la conservación de los recursos naturales. Convenio INTA – Ministerio de Asuntos Agrarios. Argentina, Buenos Aires. 2002.
- GLIESSMAN, S. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 2002. p. 243.
- GÓMEZ, S. Manejo ecológico de plagas en agroecosistemas de arroz, caña de azúcar y maíz en Cuba, su efecto. Primer Curso Latinoamericano. La Habana, Cuba. 2003.
- GONZÁLEZ, G. Virus y fitoplasmas en el cultivo del maiz (*Zea mays* L.) en Cuba. Caracterizacion, distribucion y elementos para el control. Ciudad de la Habana Cuba: INISAV, 2005.

- GONZÁLEZ, J. PLAGUICIDAS: ¿UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL MEDIO AMBIENTE?: comentario especializado. *Ciencias Biológicas*, diciembre 2002, nº Vol. 33, No. 2.
- GONZÁLEZ, L. Estudio de la factibilidad de intercalamiento en el cultivo de la calabaza (*Cucurbita moschata* Duch). Trabajo de Diploma. Sancti Spíritus, Cuba: Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez" (Uniss). Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2005.
- GONZÁLEZ, T. Materiales para las carreras pedagógicas de licenciatura en agronomía. Versión 4. Instituto Superior Pedagógico. CD. Agropecuaria. 2002
- GUTIÉRREZ, A, JIMÉNEZ, C., GALDAMEZ, E, MENDOZA, J. Y MARTÍNEZ F. Uso de los sistemas de policultivos en el manejo ecológico de plagas y seminario de cooperación y desarrollo en espacios rurales iberoamericanos sostenibilidad e indicadores, 2008.
- GUTIÉRREZ, M. Impacto socioeconómico de los sistemas de policultivos maíz-frijol-calabaza en la frailesca. I seminario de cooperación y desarrollo en espacios rurales iberoamericanos sostenibles e indicadores, Chiapas, México. 2008.
- HALFFTER, G. Y E. EZCURRA. ¿Qué es la biodiversidad? *In: La Diversidad Biológica de Iberoamérica*. Acta Zoológica Mexicana. CYTED, 2000 Ed. Pp. 3-24.
- HARPER, J. and Hawksworth D. Biodiversity: measurement and estimation, preface. *In: Biodiversity: measurement and estimation*. D. L. Hawksworth, Ed. Chapman and Hall, The Royal Society, London, 1998.Pp. 5-12.
- HART, R. The design and evaluation of a bean, com and manioc polyculture crpping system for the sumid tropics. Ph,D., dissertation. University of Florida, Gainesville, FL, 1974. pp.158.
- HERNÁNDEZ, A. Evaluación de genotipos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en un sistema policultural. Tesis de Master en Agroecología y Agricultura Sostenible. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, Centro de Estudios de Agroecología y Agricultura Sostenible, 1998. p. 65.

- HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J.; BOSCH, D.; RIVERO, L.; CAMACHO, E.; RUIZ, J.; JAIMEZ, E.; MARSÁN, R.; OBREGÓN, A.; TORRES, J.; GONZÁLEZ, J. E.; ORELLANA, ROSA.; PANEQUE, J. y MESA, A. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. 1ra ed. Ciudad de La Habana: AGRINFON Ministerio de la Agricultura, 1999. p. 64. ISBN 959-246-022-1.
- HERRERA, J.; C. PATRICIA. y SANCLEMENTE, A. Diversidad de la artropofauna en monocultivos y policultivos de maíz (*Zea maíz* L.) y habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.). Boletín del museo entomología de la Universidad del Valle 6(1):23,2005.
- HUNANCA, A. W. Cultivo de zapallo (*Cucurbita maschata* Duth.). 2008. [leowild27@hotmail.com](mailto:leowild27@hotmail.com).
- IANNONE, N. Evaluación técnico – económica de la tecnología de control de *Diatraea* en el cultivo de maíz. EEA INTA Pergamino. Mayo 2000.
- IANNONE, N., MANEJO DE DIATRAEA: Plaga clave de los cultivos de Maíz. Pergamino. INTA-Grupo del Sistema de Alerta. Cooperativa Agrícola Ganadera Los Molinos. 2009.
- ILTIS, H. and BENZ B. *Zea nicaraguensis* (Poaceae), a new teosinte from Pacific Coastal Nicaragua, *Novon* 10: 382-390. 2000.
- INFOAGRO. Unión de Naciones Unidas. Historia y origen del maíz. México, 2011.
- INISAV, MINAGRI. Metodologías de Señalización. La Habana. Cuba. 2000.
- INIVIT, MINAGRI. Instructivo técnico del cultivo de la calabaza. 2004.
- INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. La agroecología y su aporte a la conservación de los recursos. Ministerio de Asuntos Agrarios. Buenos Aires. Argentina. 2012.
- JIMÉNEZ, W. Agricultura moderna contra diversidad y equilibrio. [Consultado 9-2014]. Disponible en: <http://www.mfa.gov.il/MFAES/MFAArchive/Agricultura%20Periurbana%20y%20Agroecologia>.
- KATO, T. A.; MAPES, C.; MERA, L. M.; SERRATOS, J. A. Y BYE, R. A. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional

- Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Kurilich, 2009.
- LANDIS, D.; Wratten, S. and Gurr, G. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45:175-201. 2000.
- LEÓN, A. Evaluación de fluctuaciones poblacionales e índices ecológicos de insectos nocivos y beneficiosos en tres variedades de tomate asociadas con maíz. La Habana: INCA, 2013.
- LERCH, L. La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. Científico-Técnica, La Habana, 1977. p. 288.
- LIEBMAN M. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable .Sistemas de policultivos. Capítulo 9; 2005.
- LIEBMAN, M y OHNO, T. Crop rotation and legume residue effects on weed emergence and growth: implications for weed management. *In* Hatfield, JL; Stwert, BA. eds. *Integrated weed and soil management* Ann Arbor, MI, US, Ann Arbor Press. 2000. p. 181-221.
- LIETTI, M.; MONTERO, VIGNAROLI, L. y J. VITTA. Diversidad de grupos tróficos de artrópodos en cultivos de soja con distintas estrategias de producción. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Campo Villarino, C.C. 14. S2125ZAA. Zavalla. Santa Fe. Argentina. 2011.
- LOMELI, F. Control Biológico de plagas insectiles. ENT-655. Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados. PROGRAMA ANALITICO. 2009.
- LÓPEZ, J.; DE OLIVEIRA, C. Vetores de virus e mollicutes em milho. In:Doenças em milho. Mollicutes, Virus, Vetores, Mancha por *Phaeosphaeria*. Embrapa informação Tecnológica. Brasília, DF- Brasil, 2004. p 35 – 60.
- MADDONNI G.; OTEGUI M.; CIRILO A. Plant population density, row spacing, and hybrid effects. 2001.
- MADDONNI, G., DE LA FUENTE, E. En: *Producción de Granos*. Ed. Fac. Agron-UBA. 2003.
- MADRUGA, P. La dimensión ambiental de la globalización. 5 de Septiembre (Cienfuegos) 26 de febrero, - 3.1999.

- MAGURRAN, A. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey, 1988. p 179 . maize canopy architecture and light interception. *Field Crops Res.* 71:183-193.
- MÁRKEZ, S. Comportamiento de la *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) y reconocimiento de posibles fuentes de resistencia genética, en poblaciones locales de maíz de la CCS Pedro Lantigua del Municipio La Palma. Cuba. 2008.
- MÁRQUEZ, M. Cepas de *Basillus thuringiensis* con actividad contra *Meloidogyne incognita*. *Fitosanidad*, junio 2004, vol. 8, nº 3, pp. 31-35.
- MARTÍN, F. Comunicación personal. Metodologías para estimar rendimientos en los cultivos. Centro de Investigaciones Agropecuarias. Universidad Central Martha Abreu de las Villas. 2000.
- MARTÍNEZ, E.; SANDINO, V.; GARCÍA, K. y ANGULO, L. Efecto de cultivos en asocio pepino (*Cucumis sativus* L.), pipian (*Cucúrbita pepo* L.) y frijol de vara (*Vigna unguiculata* L. Walp), en la ocurrencia poblacional de insectos plagas, benéfico y rendimiento en tisma, masayas. Managua, Nicaragua: *Universitaria*, 2012.
- MATSUOKA, Y.; VIGOUROUX, M., GOODMAN, SANCHEZ L.; BUCKLER E. and DOBLEY, J. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99: 6080-6084. 2002.
- MCALEECE, N., GAGE, J., LAMBSHEAD, P. y PATERSON, G. BioDiversity Professional statistics analysis software. 1997.
- MEDEROS, D. Evaluación de organismos asociados e indicadores productivos en el sistema frijol-maíz con diferentes manejos de enmalezamiento. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana; 2002.
- MÉNDEZ, A. Agroentomofauna principal y aspectos bioecológicos de las especies de importancia económica en la provincia de Las Tunas», Tesis de Doctorado, Universidad Central de Las Villas, Cuba, 2002.

- MÉNDEZ, A. Aspectos ecológicos de *Peregrinus maidis* Ashmead (Homoptera: Delphacidae) en la zona norte de la provincia de Las Tunas, Cuba. *Centro Agrícola*, junio 2008, vol. 35, nº 3, pp. 69-73.
- MENDOZA, F. Y GÓMEZ J. Principales insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba. Pueblo y Educación. La Habana. 1982.
- MINAGRI. Lista oficial de variedades comerciales. Registro de variedades comerciales, subdirección de Certificación de Semillas. Ministerio de la Agricultura, La Habana, 34 pp. 2003.
- MONEDERO, M. Comportamiento de algunas variables que caracterizan la biomasa de asociaciones de maíz con leguminosas. XII Seminario Científico. Programa y Resúmenes. 14-17 de noviembre. INCA, UNAH, La Habana, Cuba, p.121. 2000.
- MORENO, C. BARRAGÁN, F.; PINEDA, E. y PAVÓN, N. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativa para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista mexicana de biodiversidad*, junio 2011, vol. 56, nº 82.
- MORENO, C. *Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera*. Zaragoza (España): CYTED, 2005.
- MORENO, C. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp. 2001.
- MURGIDO, R. Principales insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana, 2000. p. 389.
- NEGRETE, B. y MORALES, A. Manejo del gusano cogollero del maíz utilizando extractos de plantas. Cooperación Técnica CORPOICA - Universidad del Sinú. Montería, 2008., Colombia.[http://www.turipana.org.co/gusano\\_cogollero.htm](http://www.turipana.org.co/gusano_cogollero.htm).
- NICHOLLS, C. *Base agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo del hábitad para el control biológico de plaga*. Murcia, España: Agroecología, 2007.
- NICHOLLS, CLARA. ; ALTIERI M. Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedo. *Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*. 2000.

- NOSS, R. F. Conservation of biodiversity at the landscape scale. In: Biodiversity in managed landscapes. R. C. Szaro y D. W. Johnston, Eds. Oxford University Press, Oxford. 1996. p. 574-589.
- ONE. Oficina Nacional de Estadísticas: Medio Ambiente en Cifras. ONE-A.C.C. Agencia de Medio Ambiente (CITMA), 2013.
- OSPINA M. JULIO E. 2004. Cereales, Maíz. En: Clara Ximena Torres Serrano. Manual Agropecuario. Tecnologías Orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente. Bogotá, p. 922-929.
- PADRÓN, W. Cuantificación de *Peregrinus maidis* Ashm. en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) efectividad de bioplaguicidas para su control. *Tesis de Maestría*. Cuba: Universidad Nacional Agraria de la Habana, 2001.
- PADRÓN, W. Ecología de *Peregrinus maidis* (Ashm.) en plantaciones de Maíz; localidad de Potrerillo, municipio de Cruces Cienfuegos. *Centro Agrícola*, abril 2008, vol. 35, nº 2.
- PADRÓN, W. Registros de muestreos durante 13 años (1990-2002). Universidad de Cienfuegos: Ciencias Agrarias, 2003.
- PALIWAL, R. *Introducción al Maíz y su importancia. El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Producción y Protección Vegetal*. Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación: Colección FAO, 2001. pp. pp. 1-3.
- PARSONS, D. Y MONDOÑEDO, J. Maíz. Manuales para educación agropecuaria. Producción Vegetal; 10. 3ª ed. Trillas. 72p. 2008.
- PÉREZ, A. Redes ecológicas: un uso alternativo del término y su aplicación a la conservación in situ. Un enfoque. 2004.
- PÉREZ, F.; ASPILLAGA, J.; URRÁ, P.; DANTY, J. y ECHAVARRI, V. Especificaciones técnicas de buenas prácticas agrícolas. Cultivo de maíz. República de Chile: Ministerio de la Agricultura, 2008.
- PÉREZ, G. Evaluación de asociaciones de cultivo en rotación: frijol-girasol y boniato-maíz. *Centro Agrícola*, julio 2004, vol. 31, nº 3.
- PÉREZ, G. Evaluación de asociaciones de cultivo en rotación: frijol-girasol y boniato-maíz. *Centro Agrícola*, julio 2004, vol. 31, nº 3.

- PÉREZ, L. Regulación biótica de fitófagos en sistemas integrados de agricultura-ganadería (Tesis en opción al título de Master en Agroecología y Agricultura Sostenible) UNAH: 87 pp. La Habana, Cuba. 1999.
- PÉREZ, M. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* (Smith.) en maíz. Departamento de Manejo de Plagas. Ciudad de la Habana, Cuba. <http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/SPODOPTTE.htm>.2006.
- PÉREZ, N. *Agricultura Orgánica: bases para el manejo ecológico de plagas*. Ciudad de la Habana: CEDAR-ACTAF-HIVOS, 2003.
- PÉREZ, R. y ÁLVAREZ, MAYDA CARIDAD. Necesidades de riego de la caña de azúcar en Cuba. La Habana, Cuba: Editorial Academia, ISBN 959-270-065-6. 2005.
- PICHS, M. La dimensión ambiental de la globalización. 5 de Septiembre (Cienfuegos) 26 de febrero, - 3 preliminar. GAIA, núm. 2. 1999.
- REEVES, R Y MANGELSDORF,. *A proposed taxonomic change in the tribe Maydeae*. EE.UU: Am. J. Bot., 29: 815-817, 1942.
- RESTREPO, R. Agricultura orgánica. Universidad Autónoma de Chiapas, Fundación UNACO; A. C.; Asociación de Dana, A. C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 2000. P. 187-202.
- RIOJA, T; VARGAS, H. y BOBADILLA, D. Biología y enemigos naturales de *Peregrinus maidis* (Ashmead)(Hemiptera:Delphacidae) en el Valle de Azapa. Chile: Universidad de Tarapacá, 2003.
- ROBINSON, R. Return to resistance: breeding crops to reduce pesticide resistance. Davis, CA, US, Agaccess. 1996.
- RODIÑO, M. y ANA PAULA. Universidad de Lleida. Fuente: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes - Tesis doctorales. 2000.
- RODRÍGUEZ, M. Tecnología para el mejoramiento del riego por surcos asociado al cultivo de la cebolla en suelo Ferralítico Rojo Lixiviado .Tesis doctoral.Universidad Central Martha Abreu de las Villas. 2014.
- RODRIGUÉZ, S.; CRUZ, J. A. y ELIANET, RODRIGUÉZ. D. *Nueva alternativa de intercalamiento de maíz en calabaza en Cuba*. Villa Clara, Santo Domingo: INIVIT, 2001.

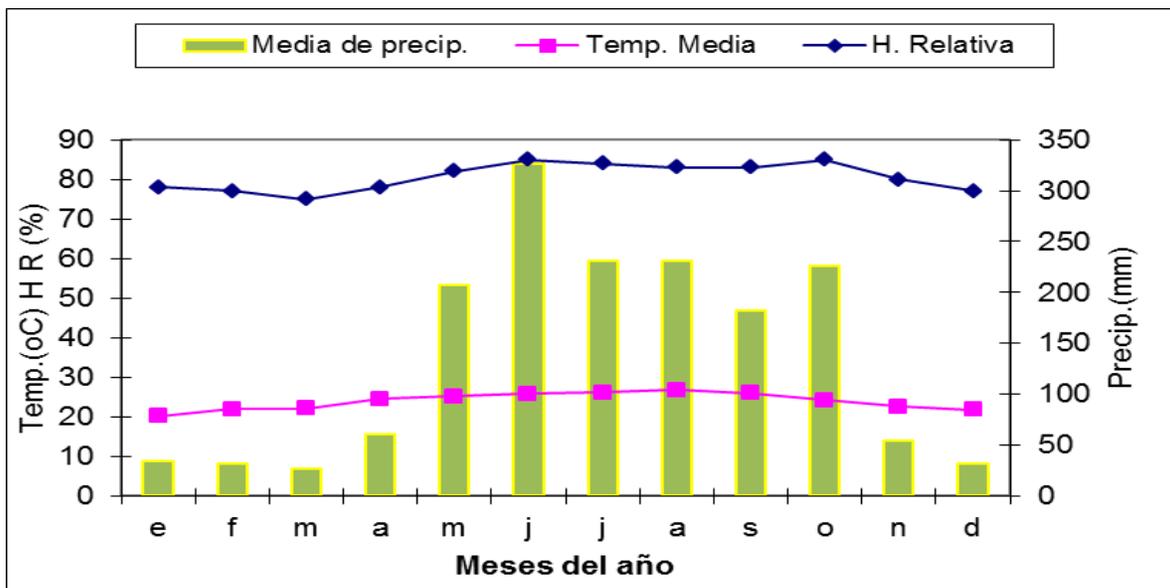
- ROJAS, J. S. *frugiperda* (J. E. Smith) en maíz; enemigos naturales; empleo de ellos en la lucha contra esta plaga dentro de una agricultura de bajos insumos. Tesis para alcanzar el grado científico de doctor en ciencias agrícolas UCLV. FAME. Cuba. 2000.
- ROOT, R. Organization of a plant arthropod. Association in simple and diverse habitats the fauna of collar (*Brassicae oleraceae*). Ecol monogr. 1973. p. 95-124.
- ROSSET, P. Aprovechamiento de la ecología y el comportamiento de los insectos mediante las técnicas de control cultural en el manejo de plagas. 1988.
- ROSSET, P. La crisis de la agricultura convencional, la sustitución de insumos, y el enfoque agroecológico. En: Policy Brief. Institute for Food and Development Policy (Food First), Oakland, CA, USA, 1998. p 15.
- ROSSET, P. y ALTIERI, M. Agricultura en Cuba. Una experiencia nacional en Conversión Orgánica. Agroecología y Desarrollo (Chile). 1994.
- ROSSET, P., MACHÍN, B., ROQUE, A., AVILA, D. The Campesino-to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba. Journal of Peasant Studies 38: 161-191. 2011.
- SÁNCHEZ, C. y SOTO V. Reducción y sustitución de plaguicidas por uso de *trichogramma spp.* en el cultivo de maíz (*zea mays* L.), San Antonio de los baños, La Habana. 2003.
- SÁNCHEZ, O. Maíz (*Zea mays* L.). *Reduca (Biología)*. Serie Botánica, febrero 2014, nº 7 (2): 151-171.
- SARANDÓN, S. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. *Agroecología*. El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas, 2002. p 393-414
- SARANDÓN, S. y CHAMORRO, A. Policultivos en los sistemas de producción de granos. *Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo*. Ed. Fac. Agron-UBA, 2003. Cap. 15. p. 353-370.
- SARANDÓN, S. y FLORES, C. C. *Agroecología: bases teóricas*. Argentina: Universidad de la Plata, 2014.

- SCHMUTTERER, H. Crop Pests in the Caribbean. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn. 640 p. species area relationships unifying alpha and beta diversity with sample size and habitat area. Ecology Letters 9: 923-932. 1990.
- SCHMUTTERER, H. Plagas de las Plantas Cultivadas en el Caribe. Con consideración particular en la República Dominicana. Publicado por la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH, República Federal de Alemania. 640 p. 1990.
- SOSTENES, F.; DE, F.; ANDRADE, E. y ORTÍZ, Y. Evaluación del impacto causado por el uso de pesticidas en los sistemas naturales y en los pobladores del área citrícola en el municipio de HIDALGO, TAMAULIPAS. Mexico: Universidad Autónoma de Tamaulipas, 2011.
- TEJEDA, T.; MEDINA, A. y ABANTO, W. Biología de *Helicoverpa zea*. Estación Experimental Agrícola Baños del INCA: Mexico, 2008.
- THIES, C.; TSCHARNTKE, T. Landscape structure, and biological control in agroecosystems. Science 285: 893-895. 1999.
- TOALA, A. Producción orgánica del policultivo maíz (*Zea mays* L.)-fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.)-calabaza (*Cucurbita moschata* Duch.) en la frailesca, Chiapas, México. Tesis en opción de ingeniero agrónomo. Universidad autónoma de Chiapas. México. 2009.
- VAN DRIESCHE, R ; HODDLE, M. ; CENTER, T. ; CANSINO, E. ; CORONADO, B. y Álvarez, J.. Control de Plagas y Malezas por Enemigos Naturales. U. S. D. A. Washington, D. C, 2007. p 751.
- VANDERMEER, J. H. The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, MA, 1989. p 237.
- VÁZQUEZ, L. ; MURGUIDO, C. ; GONZÁLEZ, G. ; y GÓMEZ, O. (b). Alternativas para el manejo integrado del patosistema mosca blanca-geminivirus en tomate. Boletín técnico N° 1. INISAV 32p. 1996.
- VÁZQUEZ, L. Bases para el manejo agroecológico de plagas en sistemas agrarios urbanos. Habana Cuba: CIDISAV, 2007. ISBN ISBN: 978-959-7194-13-2.

- VÁZQUEZ, L. La conservación de los enemigos naturales de plagas en el contexto de la fitoprotección. Boletín Técnico. Ciudad de La Habana, Cuba. 5: 1-75. 1999.
- VÁZQUEZ, L. Principales plagas de insectos en los cultivos económicos de Cuba. *Ciencia y técnica en la agricultura. Protección de Planta*, 1979, nº 2(1), pp. 61-79.
- VÁZQUEZ, L. Transición del manejo de plagas sobre bases agroecológicas. En: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. *Agroecología, Resiliencia y Soberanía Alimentaria*. Ciudad Habana. Cuba: SOCLA, 2010.
- VÁZQUEZ, L. *Una visión entomológica de la introducción del maíz transgénico FR -Bt1 en Cuba*. Habana: Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), 2010.
- VÁZQUEZ, L. y FERNÁNDEZ, E. Introducción al manejo de plagas en la agricultura urbana. Ciudad de la Habana: CIDISAV, 2007. ISBN 959-7194-04-x.
- VÁZQUEZ, L. Y FERNÁNDEZ, E.: *Bases para el manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura urbana*, ACTAF, La Habana, 2007.
- VÁZQUEZ, L.; FERNÁNDEZ, L. y LAUZARDO, J. *Agroecológico de Plagas en Fincas de la Agricultura Urbana*. Ciudad de la Habana: CIDISAV, 2005.
- VÁZQUEZ, L.; MATIENZO, M. y ALFONSO, J. Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos en los sistemas agrícolas de Cuba. Ciudad de la Habana. Cuba: CIDISAV, 2008.
- VÁZQUEZ., L. Principales plagas de insectos en los cultivos económicos de Cuba. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Protección de Plantas*. 2 (1): 61-79. 1979.
- WASDE. *Maíz: producción, precios y comercio exterior*. EE.UU World Agricultural Supply and Demand Estimates: Odepa, 2014.
- WHITTAKER, R. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3):213-251. 1972.
- ZORITA, M.; DUARTE, G. y PLANTE, E. *El Cultivo de Girasol*. Argentina: ASAGIR - Asociación Argentina de Girasol, 2003.

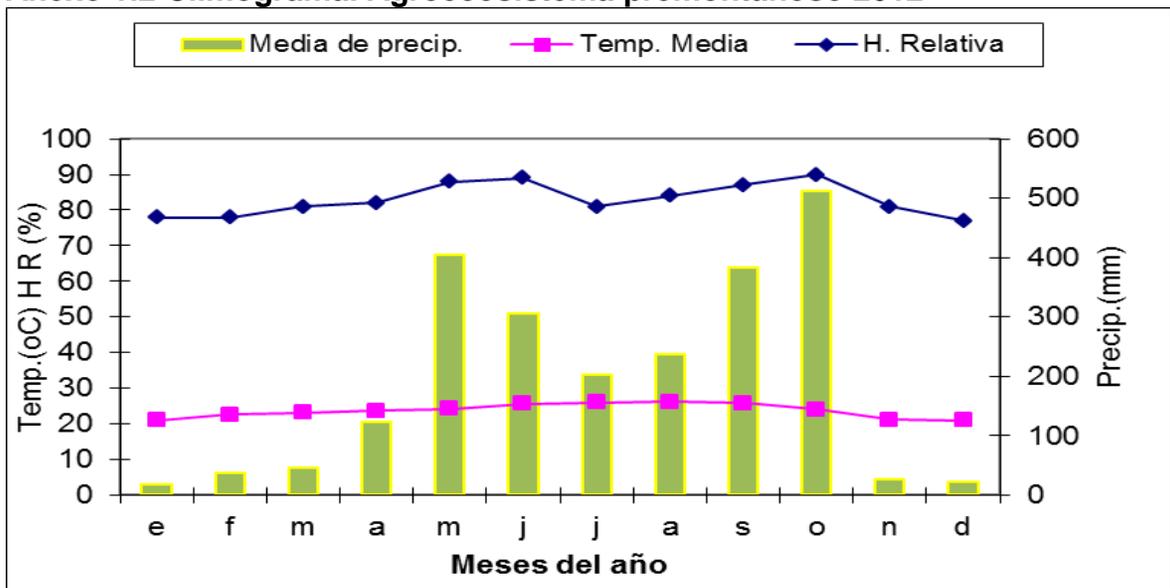
## ANEXOS

### Anexo 1.1 Climograma. Agroecosistema premontañoso 2011



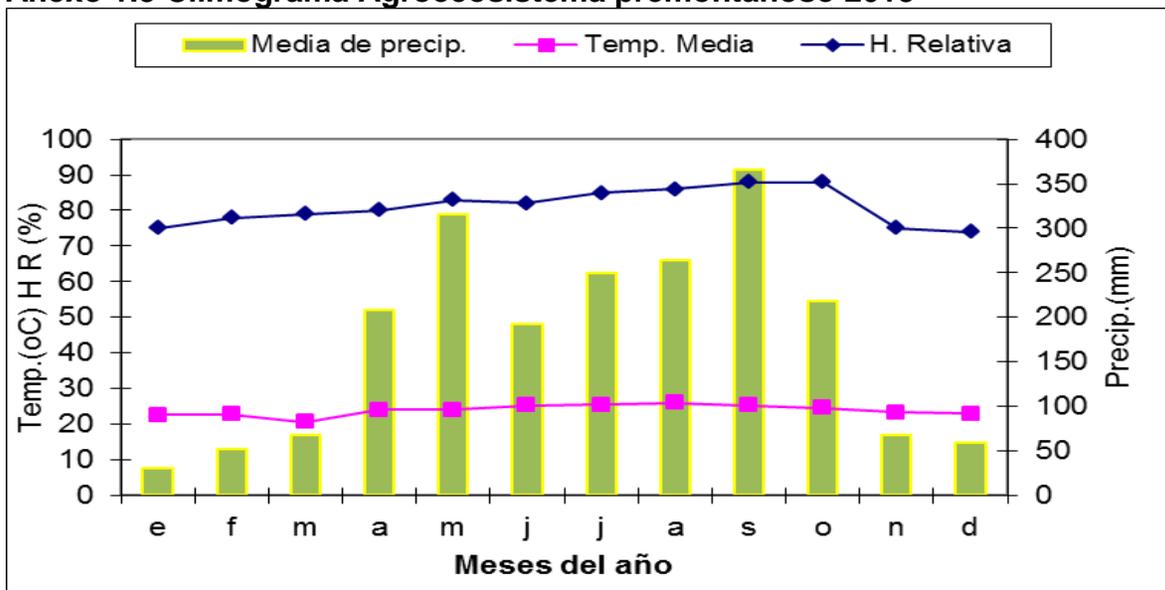
Centro Meteorológico Provincial (CMP) de Sancti Spíritus-CITMA. Instituto de Recursos Hidráulicos S.S.

### Anexo 1.2 Climograma. Agroecosistema premontañoso 2012



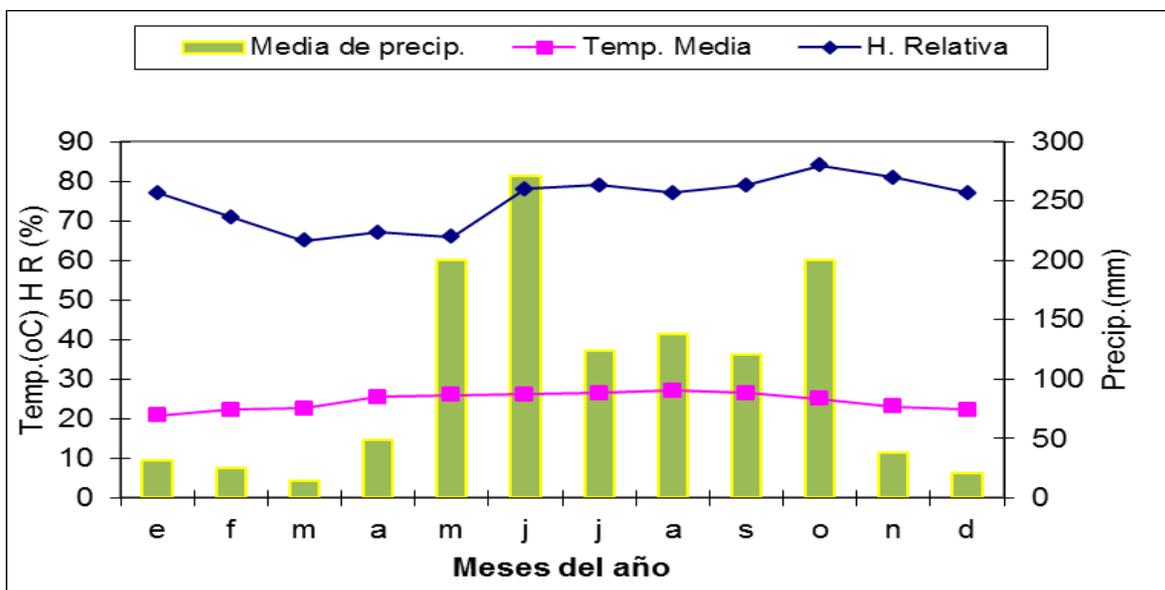
Centro Meteorológico Provincial (CMP) de Sancti Spíritus-CITMA. Instituto de Recursos Hidráulicos S.S.

### Anexo 1.3 Climograma Agroecosistema premontañoso 2013



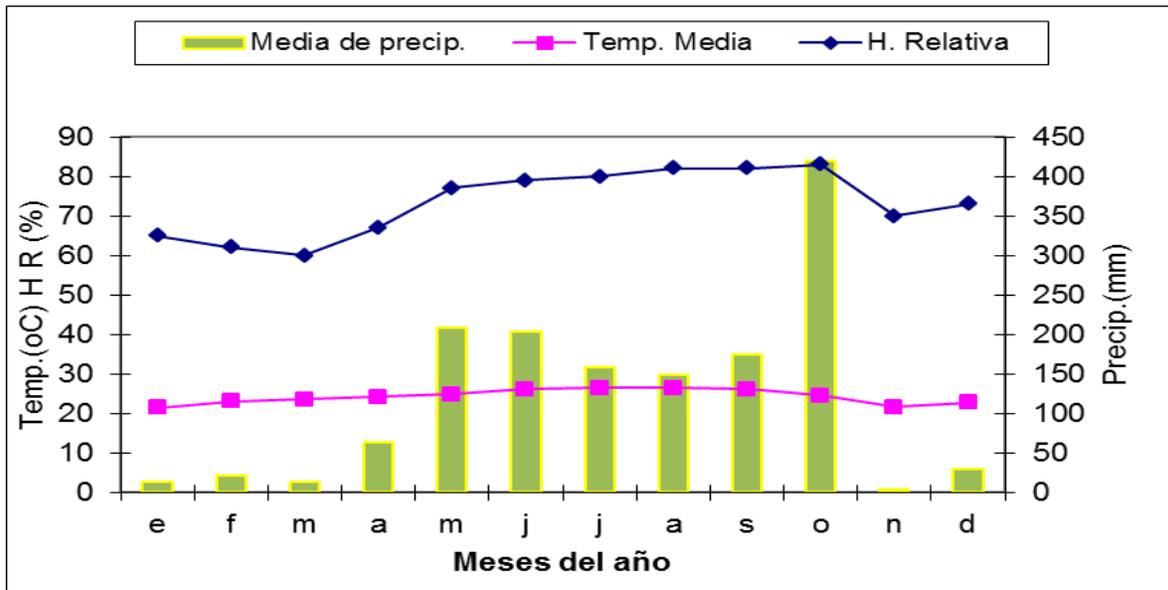
Centro Meteorológico Provincial (CMP) de Sancti Spíritus-CITMA. Instituto de Recursos Hidráulicos S.S.

### Anexo 2.1 Climograma. Agroecosistema Llano 2011



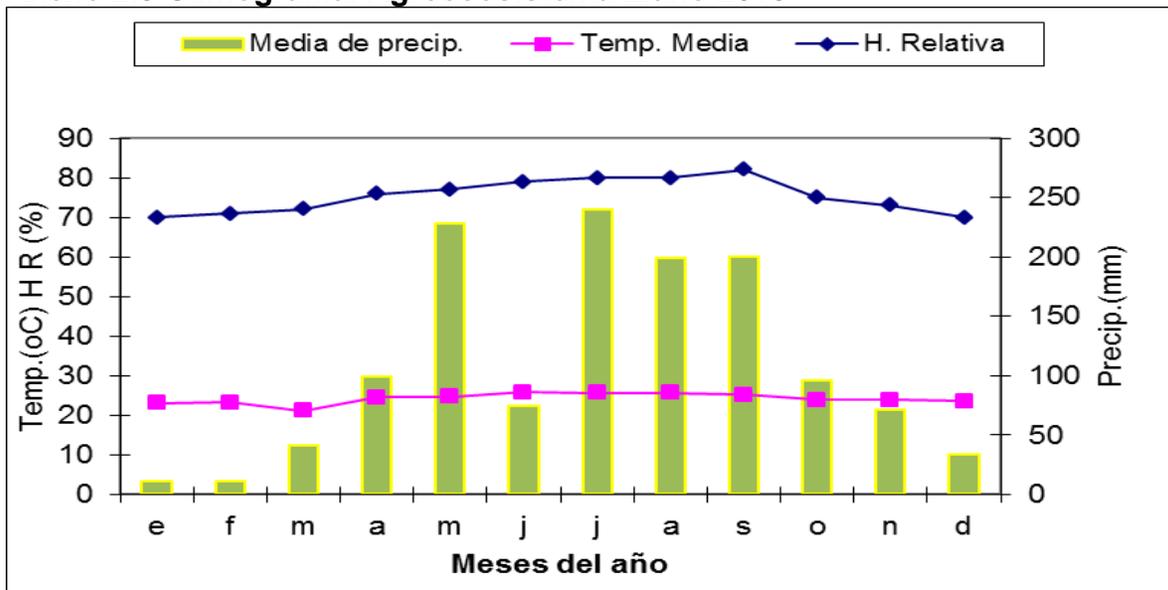
Centro Meteorológico Provincial (CMP) de Sancti Spíritus-CITMA. Instituto de Recursos Hidráulicos S.S.

### Anexo 2.2 Climograma. Agroecosistema Llano 2012



Centro Meteorológico Provincial (CMP) de Sancti Spíritus-CITMA. Instituto de Recursos Hidráulicos S.S.

### Anexo 2.3 Climograma. Agroecosistema Llano 2013



Centro Meteorológico Provincial (CMP) de Sancti Spíritus-CITMA. Instituto de Recursos Hidráulicos S.S.

**Anexo 3 Elementos de costo involucrados para la época lluviosa para una hectárea de maíz.**

Costos		Sistemas de cultivos					
		M	M+C	M+F	M+A	M+G	
Costo de producción		Costo involucrado moneda nacional (\$)					
Costo por concepto de semilla		180,00	174,93	110,00	151,71	252,18	
Preparación de suelo	Rotura	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	
	Cruce						
	Mullido						
	Surcado						
Costo de fertilización	NPK	1000kg	1226,80	1226,80	1226,80	1226,80	
	Urea	200 kg					
	Fitomast	4 lt					
Diesel		100 lt	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Cultivos con tracción animal		250,00	250	250,00	250,00	250,00	
Siembra		200,00	200	200,00	200,00	200,00	
Cosecha		400,00	400	400,00	400,00	400,00	
Trilla		300,00	300	300,00	300,00	300,00	
Secado		300,00	300	300,00	300,00	300,00	
Costos fijos		1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	
Costos de operación		0	0	0	0	0	
Total		5156,8	5151,73	5086,93	5128,51	5228,98	

Fuente. Elaboración propia

**Anexo 4 Elementos de costo involucrados en la época poco lluviosa para una hectárea de maíz.**

Costos			Tratamientos				
			M	M+C	M+F	M+A	M+G
Costo de producción			Costo involucrado moneda nacional (\$)				
Costo por concepto de semilla			180,00	174,93	110,00	151,71	252,18
Preparación de suelo	Rotura		600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
	Cruce						
	Mullido						
	Surcado						
Costo de fertilización	NPK	1000kg	1226,80	1226,80	1226,80	1226,80	1226,80
	Urea	200 kg					
	Fitomast	4 lt					
Riego	Diesel	150lt	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
	Mano de obra	15	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00
Diesel		100 lt	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Cultivos con tracción animal			250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
Siembra			200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Cosecha			400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Trilla			300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
Secado			300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
Costos fijos			1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00
Total			6056,80	6 051,73	6 274,00	6028,51	6128,98

**Anexo 5. Proporciones muestrales llano lluvioso. Infestación por *S. frugiperda* en los primeros 10 días después de la germinación.**

	Infestación en el 2011			Infestación en el 2012			Infestación en el 2013		
	5 día	7 días	10 días	5 día	7 días	10 días	5 días	7 días	10 días
Unic	Z=1,57	Z=1,75	Z=1,81	Z=1,81	<b>Z=2*</b>	Z=1,62	Z=1,81	<b>Z=2,9*</b>	<b>Z=2,25*</b>
M/M+C									
Unic	Z=1,57	Z=1,5	Z=1,4	Z=1,81	<b>Z=2*</b>	Z=1,62	Z=1,79	<b>Z=2*</b>	<b>Z=2,25*</b>
M/M+F									
Unic	Z=1,28	Z=1,62	Z=0,85	Z=1,11	Z=1,75	Z=0,88	Z=1,47	<b>Z=2*</b>	Z=1,62
M/M+A									
Unic	Z=1	Z=0,9	Z=0,4	Z=0,81	Z=1	Z=0,43	Z=1,11	<b>Z=2*</b>	Z=1,62
M/M+G									

\* hay diferencias significativas Para  $\alpha = 0.05$   $Z \geq 1.96$  según Lerch, 1977.

**Anexo 6. Proporciones muestrales premontaña lluvioso. Infestación por *S. frugiperda* en los primeros 10 días después de la germinación**

	Afectación en el 2011			Afectación en el 2012			Afectación en el 2013		
	5 día	7 días	10 días	5 día	7 días	10 días	5 días	7 días	10 días
Unic									
M/M+C	Z=1,11	Z=1,31	Z=1,28	Z=1,47	Z=1,47	Z=1,57	Z=1,93	<b>Z=2,18</b>	<b>Z=2,1</b>
Unic									
M/M+F	Z=1,11	Z=1,05	Z=1	Z=1,47	Z=1,11	Z=1	Z=1,21	Z=1,47	Z=1,79
Unic									
M/M+A	Z=1,11	Z=1,05	Z=1	Z=1,11	Z=1,11	Z=1	Z=1,21	Z=1,11	Z=1,5
Unic									
M/M+G	Z=0,83	Z=0,79	Z=1	Z=1,11	Z=0,83	Z=1	Z=1,21	Z=1,11	Z=1,5

\* hay diferencias significativas Para  $\alpha = 0.05$   $Z \geq 1.96$ . Según Lerch, 1977.

**Anexo 7. Proporciones muestrales llano poco lluvioso. Infestación por *S. frugiperda* en los primeros 10 días después de la germinación.**

	Afectación en el 2011			Afectación en el 2012			Afectación en el 2013		
	5 día	7 días	10 días	5 día	7 días	10 días	5 días	7 días	10 días
Unic									
M/M+C	Z=1,17	Z=1,31	Z=1,62	Z=2,05	Z=2,1	Z=1,75	<b>Z=2,42*</b>	<b>Z=2,22*</b>	Z=1,79
Unic									
M/M+F	Z=1,11	Z=1,25	Z=1,36	Z=1,31	Z=1,25	Z=1,16	<b>Z=2,05*</b>	Z=1,89	Z=1,75
Unic									
M/M+A	Z=0,83	Z=1,5	Z=1,62	Z=1,31	Z=1,25	Z=1,16	Z=1,66	Z=1,57	Z=1,25
Unic									
M/MG	Z=0,75	Z=0,95	Z=1,36	Z=1,31	Z=1,25	Z=1,42	Z=1,31	Z=1	Z=0,95

## Anexo 8. Índices ecológicos. Llano época lluviosa

Sist.de cultivos	Riqueza (S)			Diversidad (H)			Equidad (E)			Dominancia (D)		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	Años											
M	17,7c	19,25c	20,50c	1,04c	1,04c	1,09c	0,64d	0,75d	0,79c	0,128a	0,086a	0,081a
M+C	25,25a	26,5a	26,75a	1,30a	1,34a	1,39a	0,88b	0,94a	0,93a	0,063c	0,052c	0,054c
M+F	23,25b	24,75b	25,5b	1,25b	1,26b	1,27b	0,83c	0,90c	0,9b	0,089b	0,06b	0,057b
M+A	25,50a	26,50a	27,00a	1,31a	1,34a	1,40a	0,91a	0,94a	0,94a	0,060a	0,052c	0,051d
M+G	25,25a	26,75a	26,75a	1,29a	1,34a	1,38a	0,90a	0,93b	0,94a	0,063c	0,052	0,053cd
ET*	0,71	0,63	0,57	0,023	0,023	0,027	0,022	0,016	0,12	0,003	0,003	0,081a
CV (%)	13,5	11,5	10,07	8,46	7,87	9,2	12,04	8,31	5,55	22	21,6	0,054c

Medias con letras desiguales en las columnas difieren según prueba de rango múltiple de Tukey para  $p < 0,05$

## Anexo 9. Índices ecológicos. Premontaña época lluviosa

Sist.de cultivos	Riqueza			Diversidad			Equidad			Dominancia		
	(S)			(H)			(E)			(D)		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	Años											
M	17,8b	20b	21,7b	1,04c	1,07d	1,09d	0,77d	0,79c	0,8b	1,04a	0,082a	0,075a
M+C	24,4a	25a	26a	1,26a	1,29b	1,31b	0,91a	0,93a	0,94a	0,063c	0,051c	0,049c
M+F	23a	26a	27a	1,23b	1,21c	1,23c	0,8c	0,9b	0,93a	0,083b	0,067b	0,056b
M+A	24,5a	26a	27a	1,27a	1,32a	1,38a	0,91a	0,94a	0,94a	0,059d	0,049d	0,049c
M+G	24a	26a	27a	1,26 <sup>a</sup>	1,28b	1,36a	0,88b	0,93a	0,94a	0,061c	0,05cd	0,049c
ET*	0,59	0,55	0,48	0,02	0,02	0,024	0,013	0,012	0,012	0,006	0,003	0,002
CV (%)	11,68	18,1	8,42	7,35	7,47	8,58	6,8	6,0	5,81	26,0	20,3	17,85

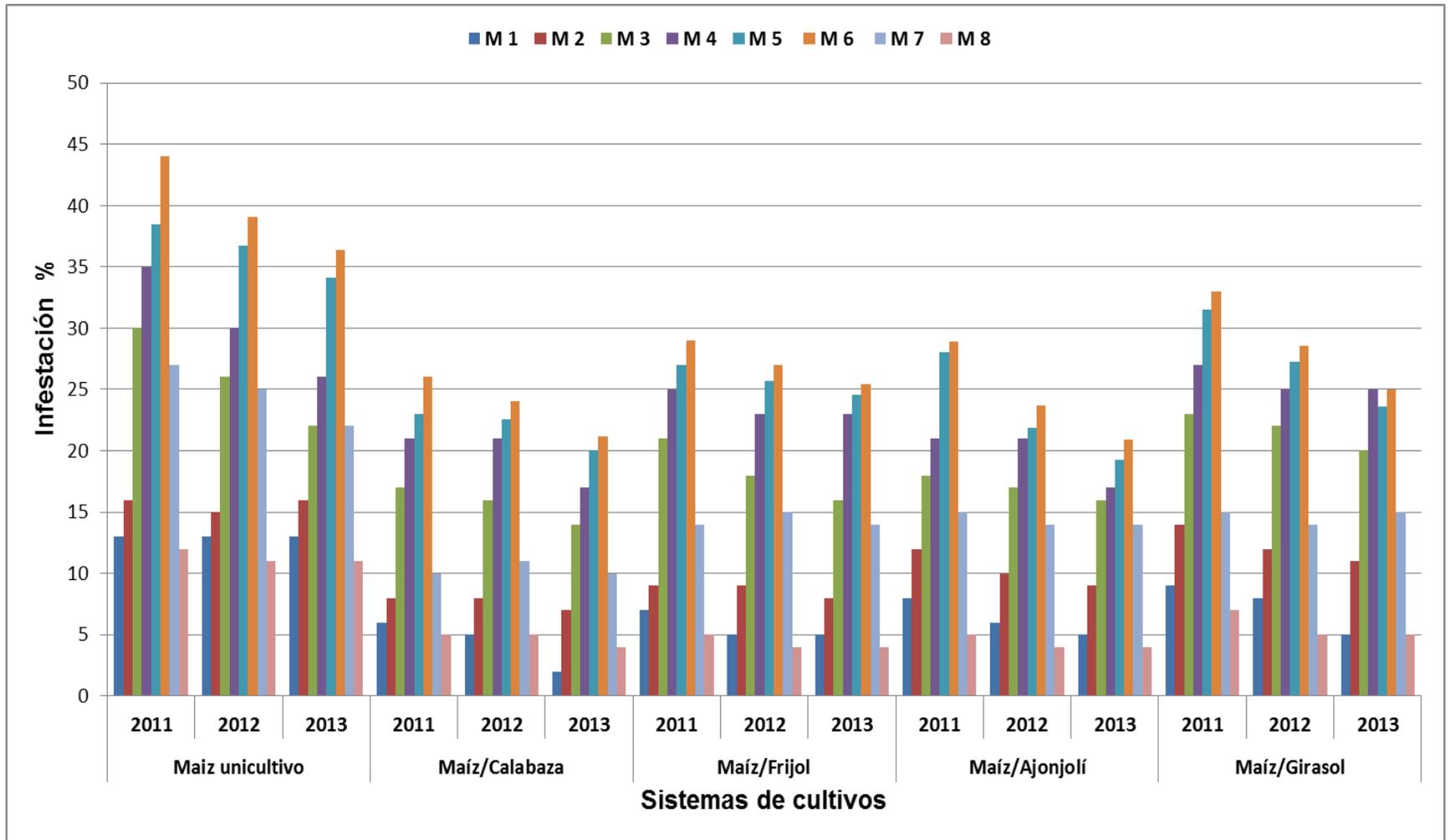
Medias con letras desiguales en las columnas difieren según prueba de rango múltiple de Tukey para  $p < 0,05$

## Anexo 10. Índices ecológicos. Llano época poco lluviosa

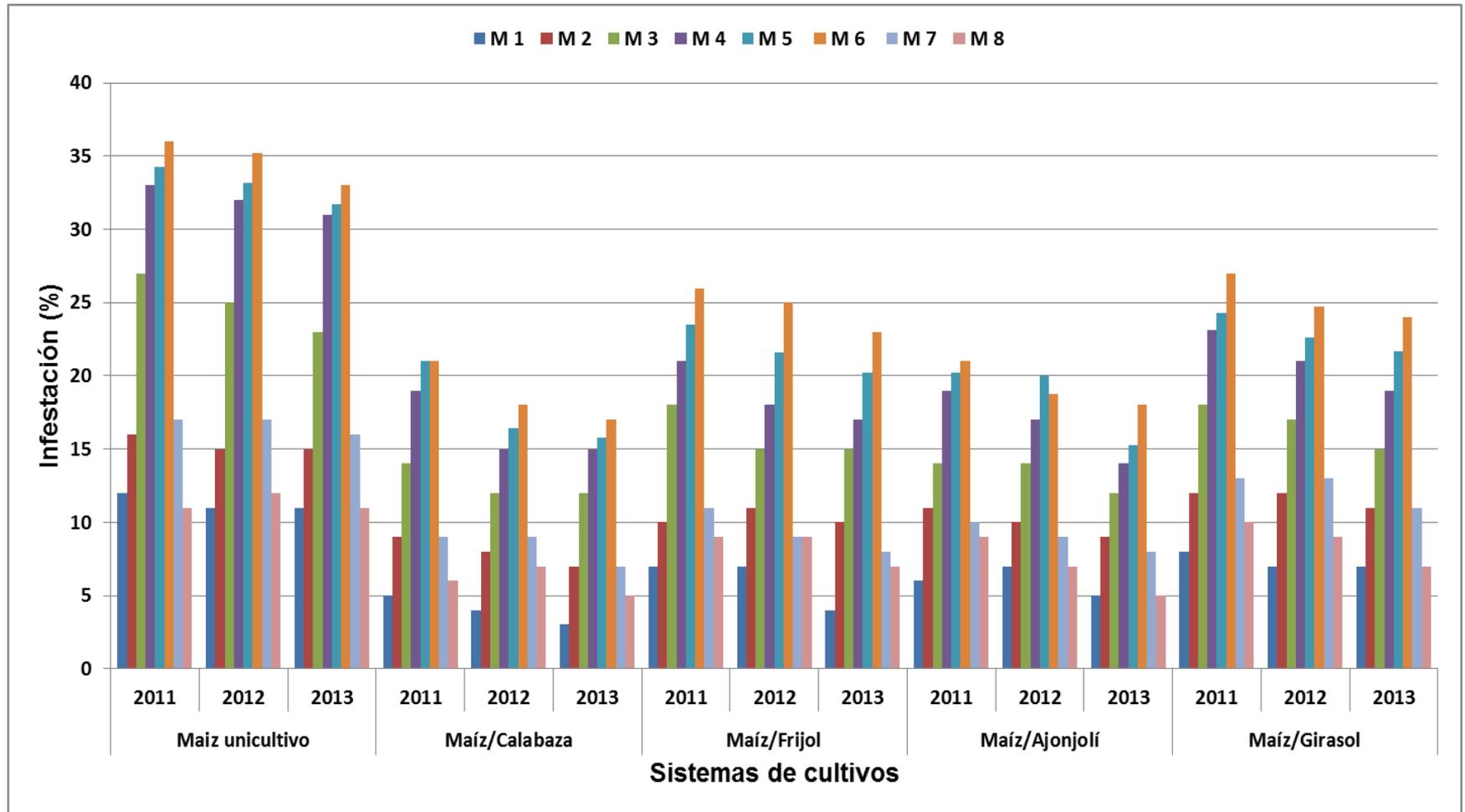
Sist.de cultivos	Riqueza (S)			Diversidad (H)			Equidad (E)			Dominancia (D)		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	Años											
M	15,75c	18,75c	20,0c	0,98d	1,05d	1,08d	0,71c	0,78c	0,85d	0,097a	0,091a	0,09a
M+C	24,5a	25,5a	26,25a	1,25a	1,32b	1,35b	0,86a	0,91a	0,91b	0,077cd	0,064c	0,05c
M+F	22,75b	23,75	24b	1,22c	1,25c	1,28c	0,8b	0,86b	0,89c	0,085b	0,079b	0,07b
M+A	25,25a	26,25a	26,5a	1,28a	1,35a	1,37a	0,89a	0,92a	0,93a	0,076d	0,061d	0,055d
M+G	24,5a	26,0a	26,25a	1,26b	1,32b	1,36ab	0,87a	0,90a	0,92ab	0,078c	0,064c	0,055d
ET*	0,80	0,65	0,57	0,026	0,025	0,024	0,015	0,011	0,002	0,001	0,002	0,003
CV (%)	16,0	12,12	10,48	9,91	8,73	8,52	8,09	5,70	3,2	9,75	15,2	19,6

Medias con letras desiguales en las columnas difieren según prueba de rango múltiple de Tukey para  $p < 0,05$

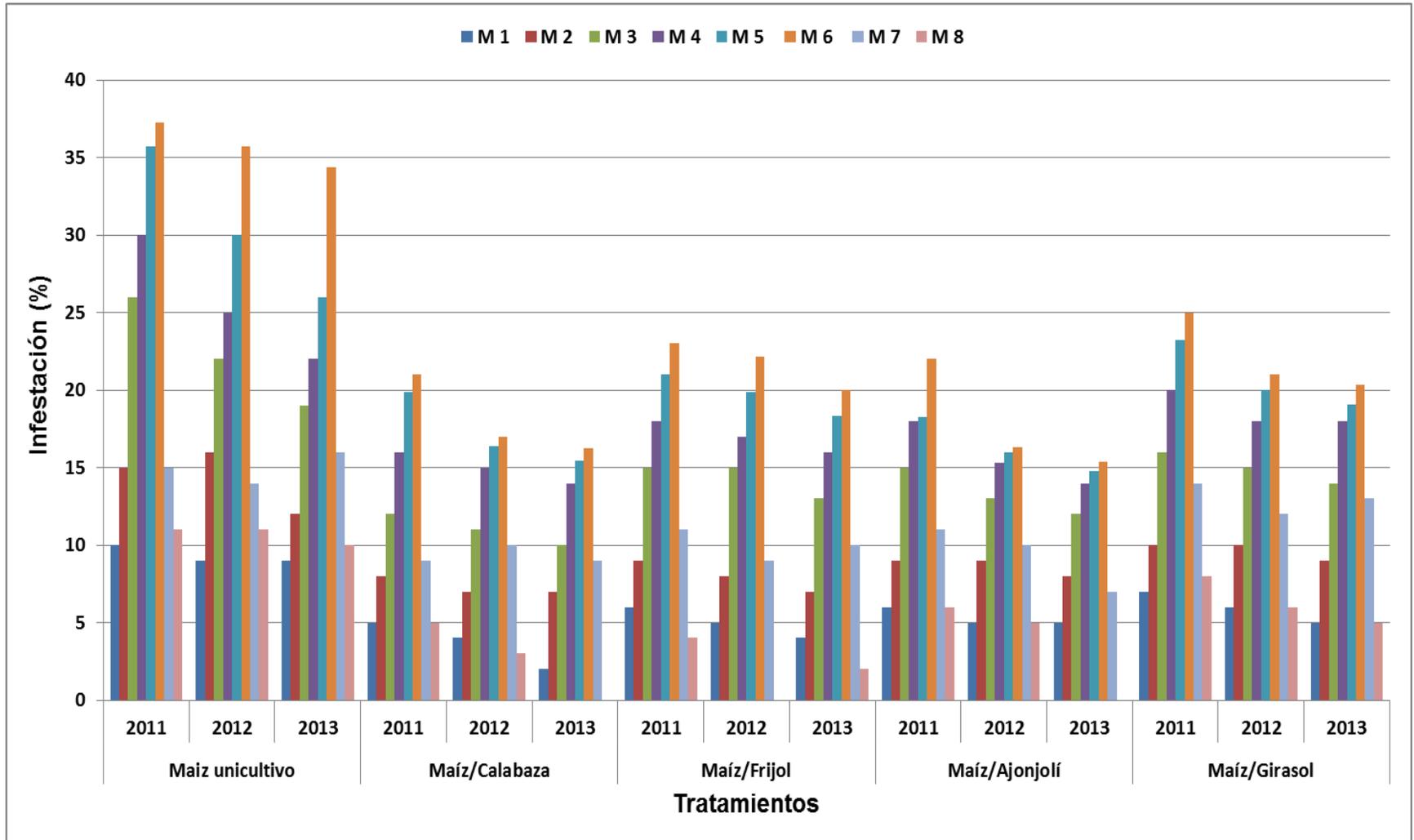
**Anexo 11. Dinámica poblacional de *S. frugiperda*. Llano lluvioso**



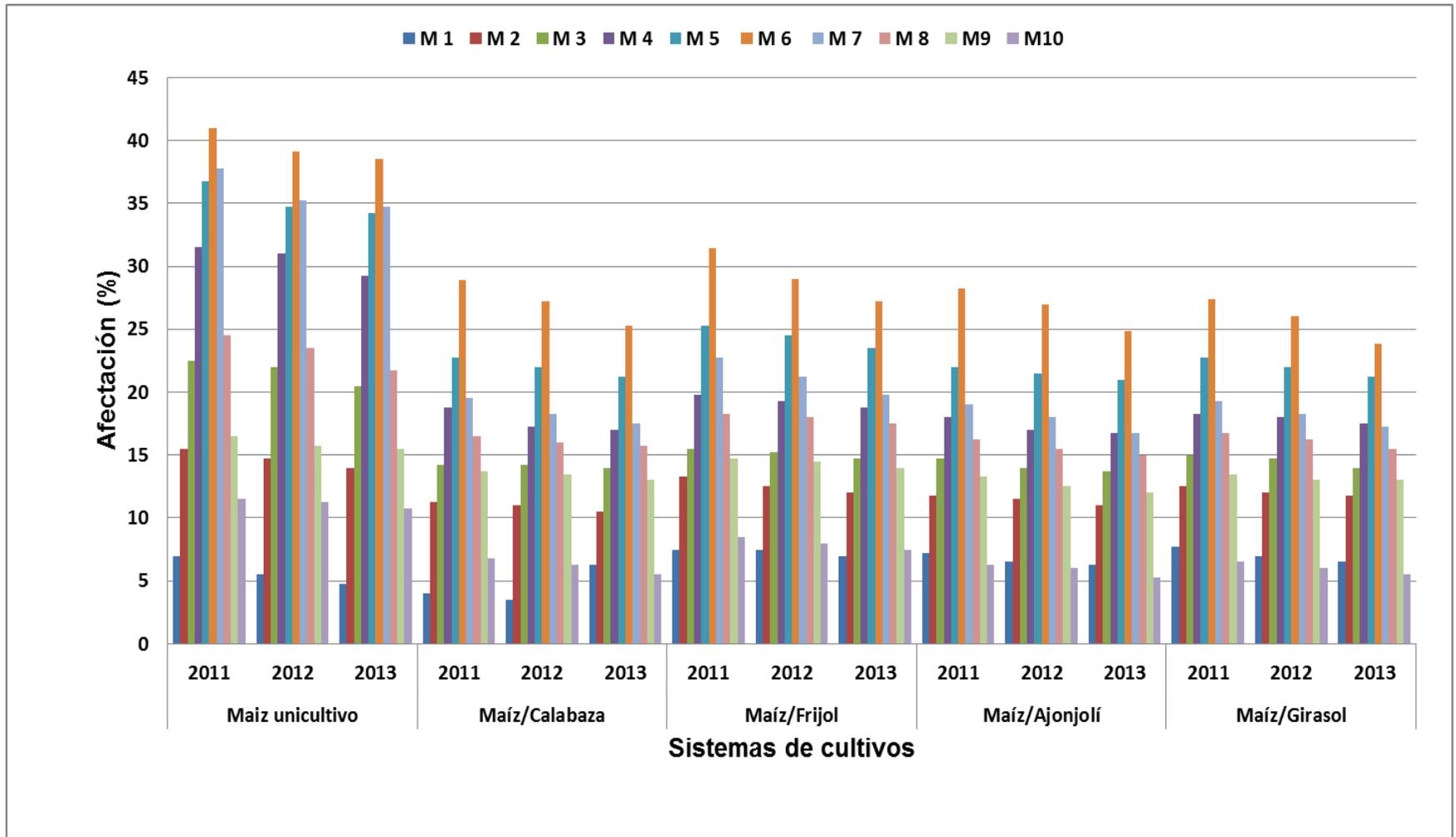
**Anexo 12. Dinámica poblacional de *S. frugiperda*. Llano poco lluvioso**



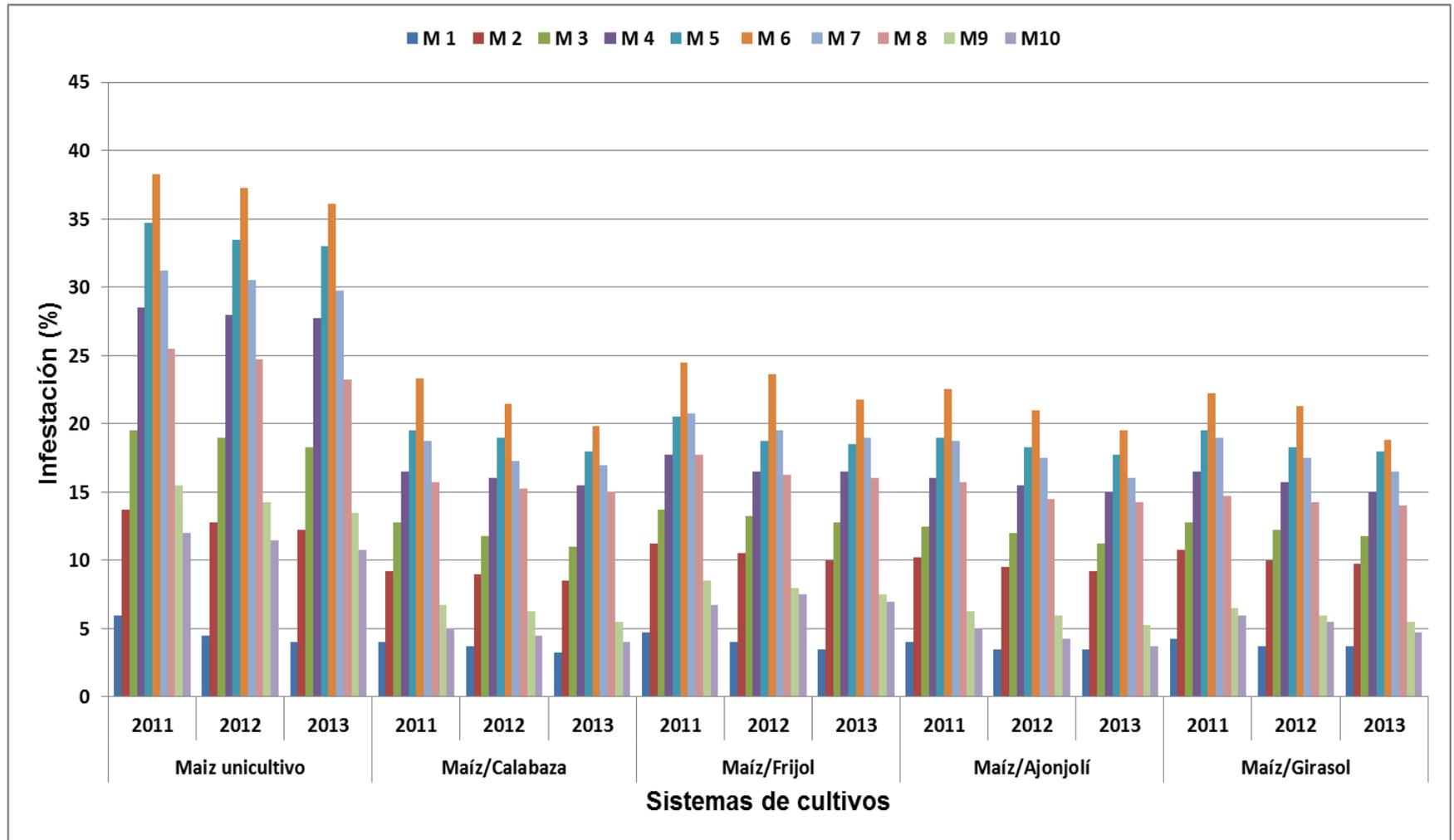
**Anexo 13. Dinámica poblacional de *S. frugiperda*. Premontaña lluvioso**



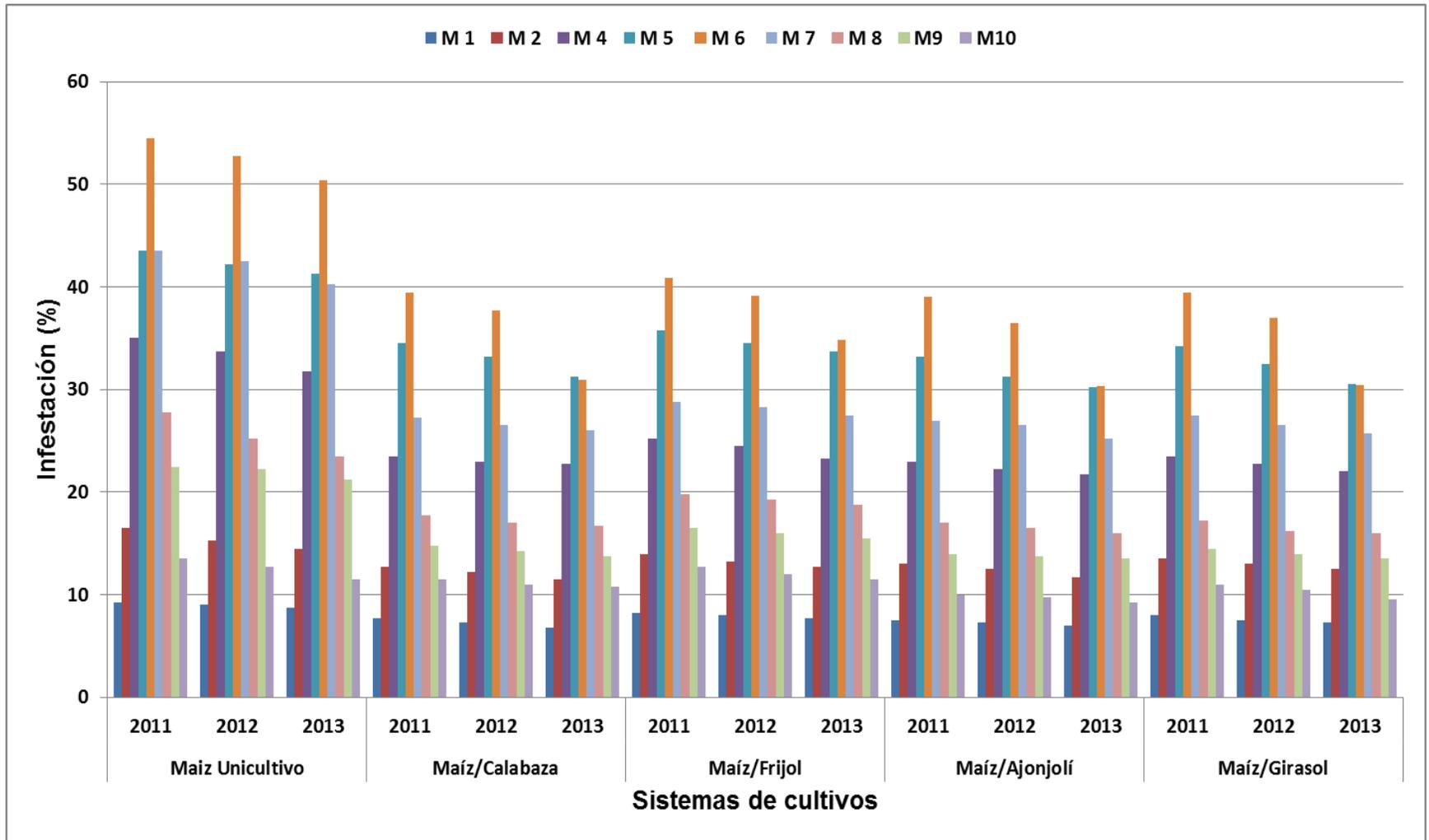
**Anexo 14. Dinámica poblacional de *P.maidis*. Llano lluvioso**



**Anexo 15 Dinámica poblacional de *P.maidis*. Premontaña lluvioso**



**Anexo 16. Dinámica poblacional de *P.maidis*. Llano poco lluvioso**



## **Instituto de Investigaciones de Sanidad vegetal (INISAV) 2014.**

### **Caracterización de aislado de *Metarhizium* proveniente de Sancti Spiritus**

Origen del aislamiento: *Peregrinus maidis* Ashmead. (Hemiptera: Delphacidae)

#### Caracterización cultural y morfológica.

Se preparó una suspensión conidial a  $10^7$  conidios/ml de la que se tomó 0.1 mL y se realizó la siembra de manera superficial con espátula de Drigalski. Las placas se incubaron en la oscuridad a 26 °C. A las 72 h se transfirieron discos de 4 mm al centro de placas de *Petri* de 9 cm de diámetro con Agar Papa Dextrosa (PDA), las que fueron incubadas durante 14 días bajo las mismas condiciones anteriores (5 placas). Se realizaron observaciones del crecimiento del aislado a partir de las 72 horas. Se determinaron para las características culturales teniendo en cuenta: el diámetro de la colonia, color, borde, crecimiento en altura, textura, pigmentación del medio de cultivo, patrón de esporulación. Se describió la morfología de los conidios, fiálides, conidióforos y se midió su talla (largo x ancho) en microscopio de contraste de fase. Se midieron 50 conidios y fiálides, se tuvieron en cuenta los valores extremos y mínimos (Fernandes *et al.*, 2009). Las comparaciones se realizaron según las descripciones para la determinación de las especies aportadas por Driver *et al.* (2000) y Bischoff *et al.* (2009).

#### Descripción

Colonia de 5,8 cm diámetro; al inicio algodonosa, de color blanco, que se torna verde grisáceo con la esporulación y de aspecto costroso. Esporulación difusa, más abundante en el centro de la colonia. Bordes irregulares. Difunde pigmento al medio color carmelita. Patrón del conidióforo con verticilos de 2- 3 ramas, cada uno con 2 fiálides. Conidios cilíndricos de 4,88-9,76 (8,25) x 2,44  $\mu$ m.

#### Diagnóstico

Este aislado en base a sus características morfológicas y culturales pertenece al complejo de especies de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin.