

Estado de la fertilidad del suelo, plagas y enfermedades en el sistema Milpa del departamento de Sololá

Rolando Cifuentes, Emerson Herrera, Luis Andrés Arévalo, Olga Zamora, Sofia Avelar, Manuel Porres y Margarita Palmieri,
Centro de Estudios Agrícolas y Alimentarios, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala
rcifuen@uvg.edu.gt

RESUMEN: Se realizó un muestreo en sitios productores de maíz, asociado con frijol o en monocultivo, en tres estratos altitudinales (bajo 1,580-1,940 msnm, medio 1,940-2,300 msnm y alto 2,300-2,600 msnm) del departamento de Sololá. Se buscó conocer el estado de la fertilidad del suelo y la presencia de plagas de artrópodos y organismos patógenos asociados a esas dos especies que forman parte del sistema Milpa de la región. Se colectaron y analizaron 111 muestras de suelo y se monitorearon 55 sitios para el registro de plagas y enfermedades durante 2011-2013. Se determinó que es necesaria la aplicación de N, P y S y en muchos casos Zn y Mn. Las aplicaciones de K y Mg deben ser orientadas a suelos con un bajo nivel de esos elementos. Las principales plagas en maíz fueron *Phyllophaga obsoleta*, *Spodoptera frugiperda* y ácaros tetránquidos; en tanto que *Diphaulaca wagneri* se encontró afectando el frijol. Se detectó la presencia de virus en el 17% de las muestras de maíz, y en menos del 2% de las muestras de frijol; se identificaron los hongos patógenos *Helminthosporium*, *Puccinia*, *Ustilago* y *Erwinia* en maíz y *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Uromyces* y *Erysiphe* en frijol. También se detectó la presencia de *Phyllachora maydis* en maíz, ya sea solo o bien asociado con otros hongos (*Monographella maydis* y *Coniothyrium phyllachorae*) que causan la enfermedad 'mancha de asfalto'. El estudio proporcionó información de base para la elaboración de programas generales de fertilización orgánica o inorgánica así como para el diseño de programas para un manejo integrado de las principales plagas y enfermedades que afectan el maíz y frijol dentro del sistema Milpa de Sololá.

PALABRAS CLAVE: Milpa, insectos, ácaros, patógenos, mancha de asfalto y *Phyllachora maydis*.

Status of soil fertility, pests and diseases in the Milpa system of the Sololá Department, Guatemala

ABSTRACT: A survey was conducted at sites commonly used to produce corn, as monoculture or associated to beans, in three altitudinal strata (low 1,580 to 1,940, medium 1,940 to 2,300 and high 2,300 to 2,600 meters above sea level) of the department of Sololá. The study sought to know the status of soil fertility and the presence of arthropod pests and pathogens associated with those two species that are part of the Milpa system in the region. One hundred eleven soil samples were collected and analyzed, and 55 sites were monitored for arthropod pests and diseases during 2011-2013. It was determined that the application of N, P and S and in many cases Zn and Mn is necessary. The application of K and Mg should be focused on soils with a low level of those elements. The major arthropod pests of corn were *Phyllophaga obsoleta*, *Spodoptera frugiperda* and tetranychids mites; while *Diphaulaca wagneri* was found affecting beans. The presence of virus was detected in 17% and in less than 2% of the corn and bean samples, respectively. The pathogenic fungi *Helminthosporium*, *Puccinia*, *Ustilago* and *Erwinia* in corn samples, and *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Uromyces* and *Erysiphe* in beans were identified. *Phyllachora maydis*, either alone or associated with other fungi (*Monographella maydis* and *Coniothyrium phyllachorae*) causing the 'Mancha de Asfalto' disease, was also detected in corn. The study provided information for the development of general organic or inorganic fertilization programs as well as for the design of integrated programs for proper management of the major pests and diseases affecting corn and beans in the Milpa system of Sololá.

KEY WORDS: Milpa, soil fertility, insects, mites, pathogens, mancha de asfalto disease and *Phyllachora maydis*.

Introducción

El maíz en Guatemala, y en la región de Mesoamérica, es usualmente plantado ya sea en monocultivo o bien como parte del sistema Milpa, término que en lengua Náhuatl significa 'campo recién limpiado' (FAO, 2007), o bien 'lo que se siembra encima de la parcela' (<http://lexicoon.org/es/milpa>). El sistema ha sido desarrollado por los diferentes grupos indígenas a lo largo de muchas generaciones.

La base del sistema es el maíz, el cual es asociado con cultivos como frijol, haba, cucúrbitas, árboles forestales o frutales, plantas alimenticias y plantas medicinales (FAO, 2007). De acuerdo a Ruano y Juárez (2008), algunas de las especies son plantadas como relevo de otras especies de ciclo corto.

La Milpa ha jugado un papel importante para los pequeños productores de Guatemala, ya que al combinar varios cultivos hacen un mejor uso del recurso suelo, aseguran la diversificación de alimentos para la familia y se asegura la conservación de especies nativas. Se reconoce que el país cuenta con una alta diversidad de especies nativas de maíz y frijol así como de cucúrbitas, hierbas comestibles y tomate (Azurdia et al., 2011). El uso de ese sistema debe ser promovido como estrategia de adaptación al fenómeno del cambio climático.

El maíz y el frijol, como base de la alimentación de la mayor parte de la población, cobran especial relevancia en el área rural del país en donde 3 de cada 4 guatemaltecos viven en condiciones de pobreza o en pobreza extrema (INE-BM, 2011). En el área rural, el frijol constituye la principal fuente de proteína (Aldana, 2010) y el maíz la principal fuente energética con un complemento proteico (Fuentes et al, 2005).

De acuerdo al MAGA (2013), en Guatemala se siembran alrededor de 840 mil hectáreas de maíz y aproximadamente 242 mil hectáreas de frijol. El consumo per cápita de estos granos en la población adulta del área rural se estima en 306 g de maíz (Fuentes et al., 2005) y 58 g de frijol por día (Aldana, 2010).

El nivel de productividad de maíz y frijol a nivel nacional (2 y 0.8 t/ha, respectivamente) se considera relativamente bajo en comparación con el nivel de productividad de otros países de Latinoamérica (MAGA, 2013; Akianto/Agrequima, 2012), incluyendo algunos países de la región Centroamericana. La productividad de los cultivos depende de algunos factores que pueden ser controlables como insumos (genotipo y agroquímicos) y prácticas agrícolas (aporte de nutrientes, control de plagas y enfermedades) así como de otros como el clima sobre el cual el productor no tiene control (Tisdale et al., 1993). En el caso particular del sistema Milpa, Cifuentes et al. (2014) reportaron que en la región de Sololá casi la totalidad de pequeños productores realiza la práctica de la fertilización, que muchos productores reconocen la presencia de plagas, pero que pocos productores reconocen la presencia de enfermedades asociadas

a las dos especies más importantes del sistema (maíz y frijol). Mediante un manejo adecuado de los cultivos es posible incrementar la productividad.

Como resultado de la variación del clima por el fenómeno del cambio climático, en algunas regiones del país han surgido algunos reportes de enfermedades (ej. complejo mancha de asfalto en maíz; roya del cafeto) y plagas en varios cultivos (trips en cardamomo; paratíozia en papa y tomate). Actualmente se desconoce qué tipo de organismos no benéficos (artrópodos y patógenos) están asociados al maíz y al frijol en la región de Sololá. De acuerdo a Cifuentes et al. (2014), en Sololá y en el resto del Altiplano prevalece el uso de cultivares de maíz y frijol criollo. Ese recurso nativo es sumamente valioso ya que ha sido desarrollado durante generaciones; y de cara al cambio climático adquieren un mayor valor por lo que deben ser estudiados con mayor profundidad.

Con este estudio se buscó conocer el estado de la fertilidad de los suelos de sitios productores de maíz en Sololá, así como identificar los principales artrópodos plaga y organismos patógenos que afectan la producción de maíz y frijol en el campo, con la finalidad de generar información para la implementación de un manejo adecuado de dichos cultivos.

Metodología

Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo durante los años 2011 - 2013 en sitios del departamento de Sololá (Figura 1) en donde tradicionalmente se cultiva maíz. Los sitios fueron agrupados en función de la altitud en los estratos bajo (1,580-1,940 msnm), medio (1,940-2,300 msnm) y alto (2,300-2,600 msnm).

Se monitorearon 55 sitios en el año 2011, 33 en 2012 y 28 en 2013. Los sitios muestreados en los años 2012 y 2013 fueron incluidos en el monitoreo del año 2011. Prevalció la siembra de maíz asociado a otras especies, especialmente con frijol de enredo.

Muestreo de suelos

El muestreo de suelos se realizó en el año 2011 en 111 sitios productores de maíz. Tomando en cuenta algunas limitaciones para la accesibilidad, se optó por capacitar a los productores en la toma de la muestra, por lo que no fue posible georeferenciar la totalidad de los sitios. Las muestras fueron colectadas de los primeros 20 cm de profundidad del suelo y transportadas a la ciudad capital para su análisis en un laboratorio comercial.

El 49.5% de los sitios (55 sitios) fueron posteriormente georeferenciados ya que fueron utilizados para realizar el monitoreo de artrópodos plaga y enfermedades (Figura 1). De acuerdo con el mapa de clasificación taxonómica de los suelos de Sololá

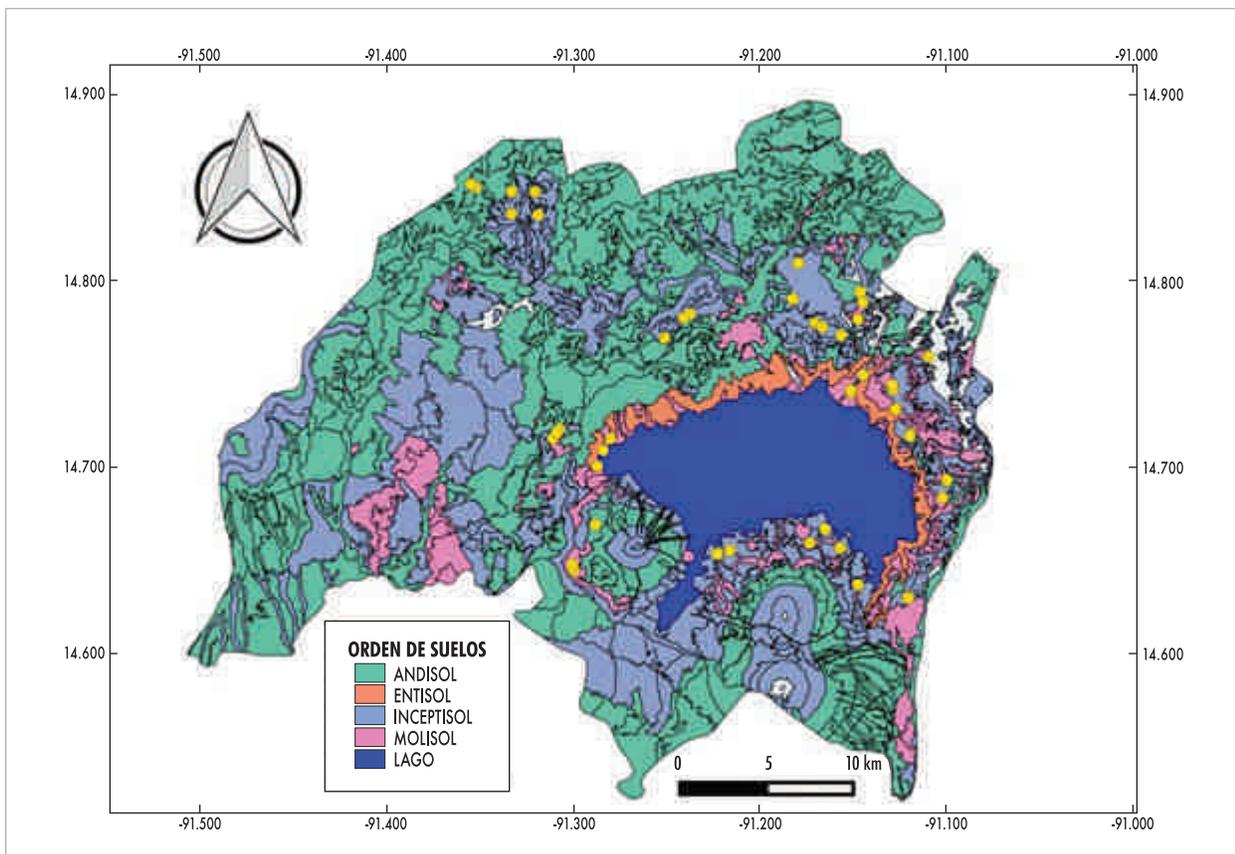


Figura 1. Localización de los sitios (n=55) de muestreo y orden taxonómico del suelo (MAGA/DIGEGR-IGAC, 2013).

(MAGA/DIGEGR-IGAC, 2013), los suelos de 28 sitios pertenecen al orden Inceptisol, 19 al orden Molisol y 8 al orden Andisol.

Monitoreo de plagas de artrópodos

Se realizaron dos tipos de muestreo según los grupos de interés, plagas del follaje y plagas del suelo.

Las plagas del follaje fueron muestreados en 10 plantas de maíz y 10 de frijol en cada sitio. En cada planta se contó el número de individuos presentes y se colectaron muestras en frascos con alcohol al 70%. Los insectos del suelo fueron muestreados en 10 puntos en la parcela. En cada punto se revisaron 0.027 m³ de suelo (30 cm x 30 cm x 30 cm). Los organismos encontrados se colocaron en recipientes plásticos llenos de tierra de cada sitio y se trasladaron al laboratorio para su identificación.

Monitoreo de enfermedades

En cada sitio se registró la presencia de las enfermedades asociadas a las plantas de maíz y frijol mediante una inspección visual. Se realizó una colecta de muestras de tejido vegetal enfermo. El material vegetal se colocó en bolsas ziploc y se trasladó en una hielera al laboratorio, en el cual se almacenaron a 4°C por un máximo de 4 días hasta su procesamiento. Con

los resultados obtenidos se estimó el porcentaje de incidencia para cada una de las enfermedades de la siguiente manera: % incidencia = (cantidad de sitios monitoreados con presencia de la enfermedad/cantidad total de sitios monitoreados) x 100.

En el caso de la enfermedad 'Mancha de Asfalto' causada por *Phyllachora maydis*, o bien el Complejo Mancha de Asfalto causado por *Phyllachora maydis*, *Monographella maydis* y *Coniothyrium phyllachorae*, también se determinó el nivel de severidad en campo mediante el monitoreo de 28 sitios en el año 2013. Para su estimación se utilizaron dos escalas, una desarrollada por Ceballos y Deutsch (1992) y otra desarrollada por Monterroso (2012).

Análisis de laboratorio

a. Suelo

Los análisis de suelo incluyeron la determinación de pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE), porcentaje de saturación de K, Ca y Mg en el complejo de intercambio, acidez titulable y contenido de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu y Mn extraíbles. Los métodos utilizados en el laboratorio para los diferentes parámetros de suelo analizados están descritos en Sparks (1996).

Los resultados fueron agrupados en los niveles bajo, adecuado y alto. El nivel adecuado fue subdividido en adecuado bajo, adecuado medio y adecuado alto. En la sección de resultados, los niveles bajo y alto se presentan en color rojo, los niveles adecuado bajo y adecuado alto en color amarillo y el nivel adecuado medio en color verde.

b. Plagas

La identificación de artrópodos se realizó con el uso de claves taxonómicas y observación bajo estereomicroscopio.

c. Enfermedades

Los análisis incluyeron hongos, bacterias y virus.

Análisis de hongos: Cada una de las muestras analizadas inicialmente se lavó con cloro al 10% y agua estéril. Se seleccionó la porción de la muestra que presentaba síntomas y se colocó en cámara húmeda durante 3 a 8 días, revisando diariamente la presencia de micelio. Simultáneamente, se colocó una porción de la muestra en agar-papa-dextrosa (PDA) y se incubó durante ocho días. Una vez obtenido crecimiento, se realizaron montajes teñidos con azul de lactofenol para su observación al microscopio. La identificación hasta género se realizó con base en características morfológicas según Barnett y Hunter (1972).

Análisis de bacterias: El procedimiento utilizado se basó en Shaad *et al.* 2001. Cada una de las muestras analizadas se lavó con cloro al 10% y agua estéril. Posteriormente se maceró y se sembró en agar nutritivo y se incubó a 30°C durante 3 a 8 días. Cuando hubo presencia de bacterias, éstas se aislaron en agar nutritivo y seguidamente se realizaron otros procedimientos (tinción Gram, siembra en medios semi-selectivos, pruebas bioquímicas y/o ELISA) para su identificación hasta género o especie según fuera el caso.

Análisis de virus: Se analizaron siete virus diferentes en cada muestra. La determinación de cada virus se realizó individualmente mediante la técnica de ensayo de inmuno adsorción ligado a enzima (ELISA), con los kits correspondientes de la casa comercial Agdia®, según las indicaciones sugeridas por el fabricante. Los virus analizados en maíz incluyeron el Virus del mosaico clorótico del maíz (MCMV); el Virus del mosaico y enanismo del maíz (MDMV); Virus del mosaico común (MMV); Virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV); el Virus del trigo (SBWMV); Virus del rayado del trigo (WSMV) y género Potyvirus.

Análisis estadístico

Se basó en estadística descriptiva utilizando un software convencional.

Resultados

Fertilidad del suelo

Los valores determinados para cada uno de los parámetros de suelo analizados se reportan en el Cuadro 1. En general se aprecia que los suelos no tienen problemas de acidez (pH y acidez intercambiable) y salinidad. Presentan un buen contenido de materia orgánica y una adecuada capacidad de retención de cationes. En promedio, presentan una saturación de K y Mg ligeramente alta, y una saturación de Ca adecuada. El contenido de algunos elementos extraíbles (NO₃-N, P y S) es bajo o ligeramente bajo.

La distribución de los valores de pH, CE, MO y CICE se presenta en la Figura 2. Puede apreciarse que el valor del pH y el contenido de MO para la mayor parte de sitios (≥ 86%) se reportan en niveles adecuados. Sorprende que algunos sitios presenten valores de pH arriba de 7.2.

El 84% de los suelos presentan un valor de conductividad eléctrica bajo, lo cual refleja una baja concentración de iones en la solución del suelo. Con relación a la CICE, el 68% de los sitios presenta niveles adecuados, en tanto que el 3% presenta una capacidad de retención muy baja y el 30% un valor relativamente alto.

Con relación a la disponibilidad de nutrientes, el 82% de los sitios presentó niveles de NO₃-N menor a 50 mg/L suelo, lo cual se considera bajo.

Cuadro 1. Valores promedio de los parámetros de suelo analizados como parte del estudio.

Parámetro de suelo	Media ± Error Estándar	Rango adecuado
pH	6.5 ± 0.1	5.5 - 7.2
Conductividad eléctrica (dS/m)	0.1 ± 0.0	0.2 - 0.8
Materia orgánica (MO) (%)	3.6 ± 0.0	2 - 4
Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) (meq/100 mL suelo)	13.7 ± 0.7	5 - 15
Saturación de potasio (%)	9.0 ± 0.0	4 - 6
Saturación de calcio (%)	68.7 ± 0.0	60 - 80
Saturación de magnesio (%)	22.2 ± 0.0	10 - 20
Acidez intercambiable (Al + H) (%)	0.2 ± 0.0	0 - 20
Nitrato (NO ₃ -N) (mg/L suelo)	29.9 ± 2.4	25 - 100
Fósforo (P) (mg/L suelo)	39.1 ± 5.6	30 - 75
Potasio (K) (mg/L suelo)	437.5 ± 21.8	150 - 500
Calcio (Ca) (mg/L suelo)	1931.6 ± 116.2	1000 - 3000
Magnesio (Mg) (mg/L suelo)	357.1 ± 15.1	100 - 500
Azufre (S) (mg/L suelo)	6.0 ± 0.3	10 - 100
Cobre (Cu) (mg/L suelo)	2.9 ± 0.1	1 - 7
Hierro (Fe) (mg/L suelo)	110.3 ± 5.4	40 - 250
Manganeso (Mn) (mg/L suelo)	18.3 ± 2.0	10 - 250
Zinc (Zn) (Mg/L suelo)	7.3 ± 1.5	2 - 25

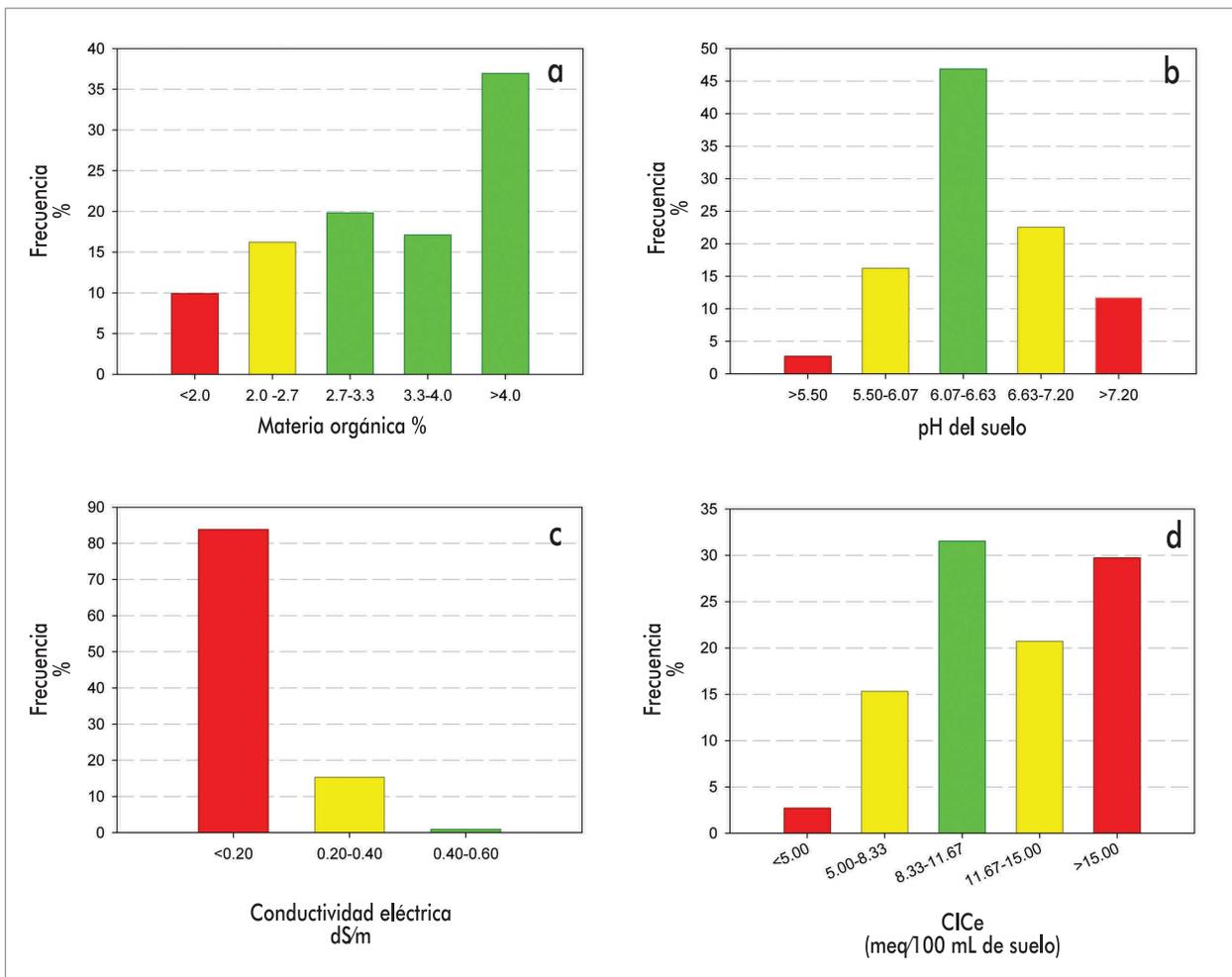


Figura 2. Distribución del contenido de MO (a), pH (b), CICe (c) y CE (d) en las muestras (n=111) de suelo analizadas

La mayor parte de las muestras (68%) presentó un bajo nivel de P, en tanto que en el 14% de los sitios el nivel de P es considerado alto (Figura 3).

La distribución de los principales cationes intercambiables, K, Ca y Mg, de acuerdo al valor de la CICe se presenta en la Figura 4, respectivamente. La distribución de los valores de cada uno de los elementos varió ligeramente en función de la CICe.

Arriba del 60% de los sitios presentan un alto nivel de K y Mg. El 12% de los sitios presentó bajo nivel de K, en tanto que para Mg únicamente el 2%. Un 86% de las muestras presentó un nivel adecuado de Ca, y únicamente en el 13% de los sitios el nivel de Ca se considera bajo.

El 94% de los sitios presentó un bajo contenido de azufre, y en el 6% de los casos el nivel de este elemento se encontró en el nivel inferior del rango de suficiencia.

El nivel de suficiencia para los micronutrientes Fe, Zn, Cu y Mn varió grandemente entre elementos (Figura 5). El nivel de Fe

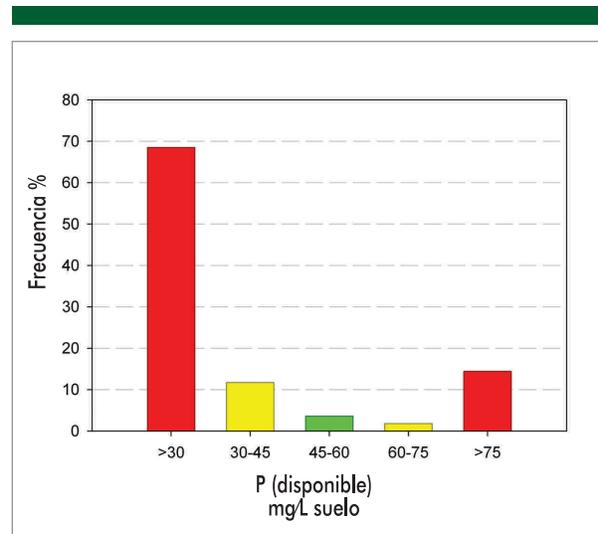


Figura 3. Distribución del contenido de P extraíble en las muestras (n=111) de suelo analizadas

se encontró en un nivel adecuado en el 99% de los sitios, en el 45% de los casos para Zn, en el 93% de los casos para Cu

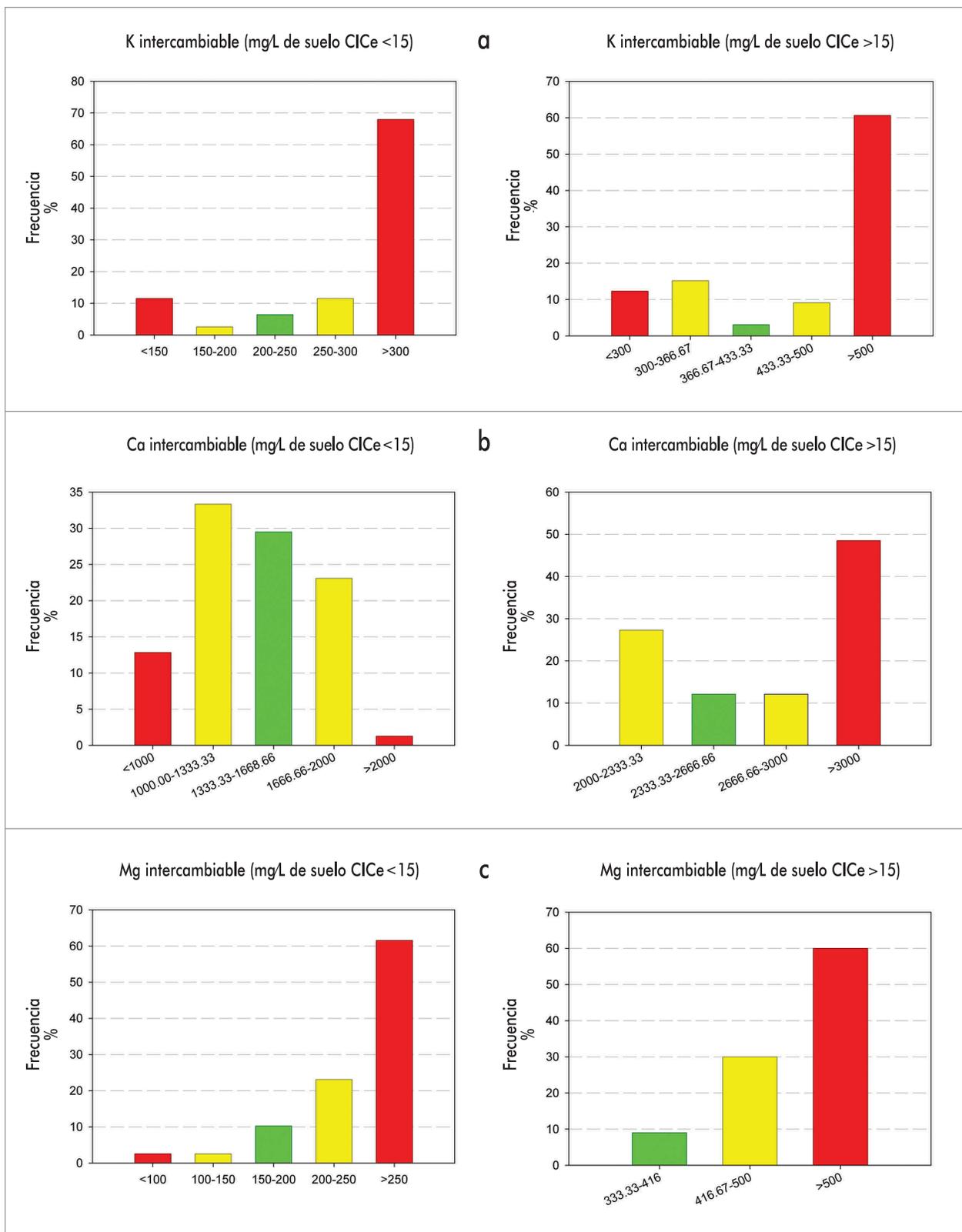


Figura 4. Distribución del contenido de K (a), Ca (b) y Mg (c) intercambiables en las muestras (n=111) de suelo analizadas

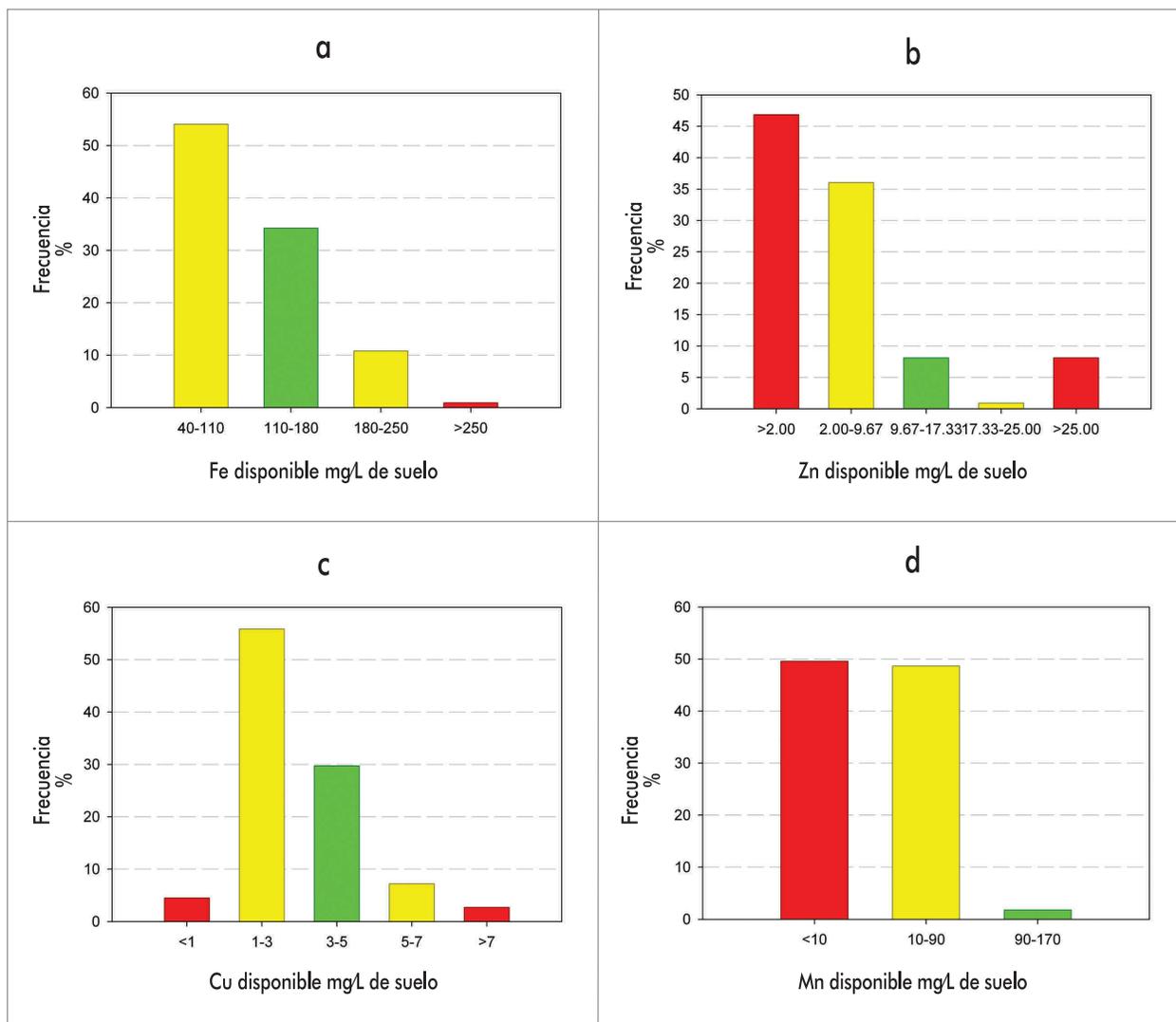


Figura 5. Distribución del contenido de Fe (a), Zn (b), Cu (c) y Mn (d) de las muestras (n=111) de suelo analizadas

y en 50% de los casos para Mn. El 47% de los sitios presentó bajos niveles de Zn y el 50% un bajo nivel de Mn.

Plagas de artrópodos

Durante los períodos de muestreo 2012 y 2013 se observaron principalmente el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y ácaros tetraníquidos en el follaje de plantas de maíz, y gallina ciega (*Phyllophaga obsoleta*) en el sistema radicular. En algunos casos se encontraron daños causados por mosca minadora y un coleóptero defoliador (posiblemente *Chaetocnema pulicaria*). En sistemas de producción en asocio también se encontró una alta incidencia de tortuguilla (*Diphaulaca wagneri*) infestando plantas de frijol.

Durante el 2012, *S. frugiperda* se encontró en el 38% de sitios, los ácaros tetraníquidos en el 21% y *P. obsoleta* en el 65% (Figura 6). Para el período del 2013, *S. frugiperda* presentó un

aumento en cuanto a la incidencia, encontrándose en el 52% de los sitios. Los ácaros tetraníquidos se encontraron en el 27% y *P. obsoleta* en el 67% (Figura 6).

No se observó una tendencia en cuanto a la presencia de *S. frugiperda* y los ácaros tetraníquidos según el sistema de producción (Figura 7). Para el año 2012, se observaron en el 67% y 60% de sitios sembrados en asocio con frijol, respectivamente mientras que para el año 2013 únicamente en el 29 y 44 por ciento. *P. obsoleta* fue encontrado en el 45% y 50% de los sitios en ambos años de observación.

En cuanto a la estratificación altitudinal, la incidencia de cogollero fue mayor en los estratos medio y alto en ambos períodos de evaluación. Los ácaros tetraníquidos únicamente se observaron en el estrato alto durante el año 2012; mientras que en el período 2013 se observaron en todos los estratos (Cuadro 2).

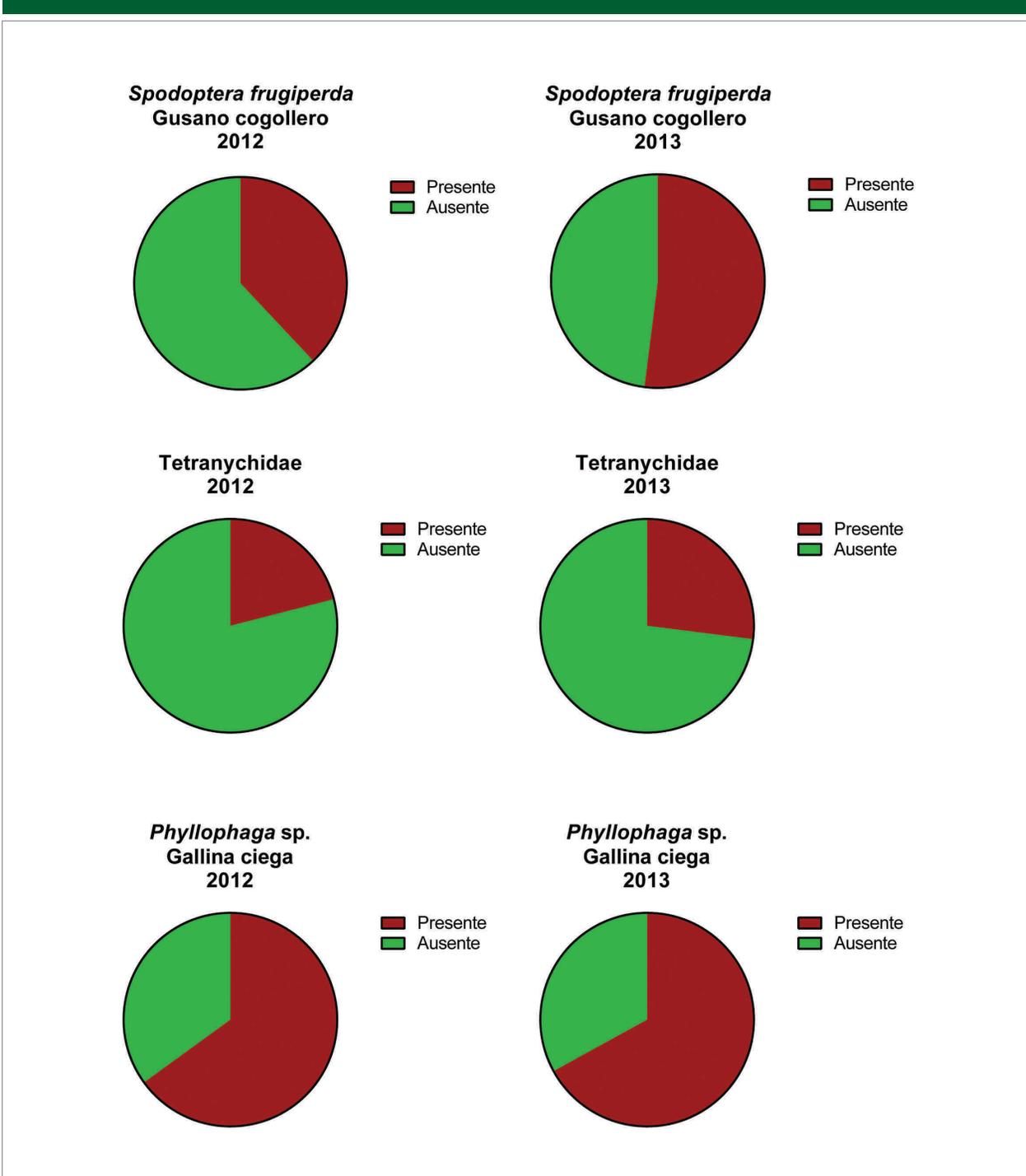


Figura 6. Presencia de gusano cogollero, ácaros tetraniquidos y gallina ciega infestando el cultivo del maíz en el departamento de Sololá durante los años 2012 y 2013.

Gallina ciega se encontró principalmente en el estrato medio durante el período 2012, y en los estratos medio y alto en el período 2013.

En otro estudio preliminar realizado durante el 2011, con el uso de trampas monocromáticas en las 55 parcelas, se encontró

una amplia diversidad de insectos asociados al sistema milpa. Cuatro diferentes coccinélidos, un neuróptero, un sírfido y un dolícopódido realizando algún control biológico dentro del sistema. Algunos Crisomélidos, curculiónidos, cicadélidos y áfidos como organismos fitófagos.

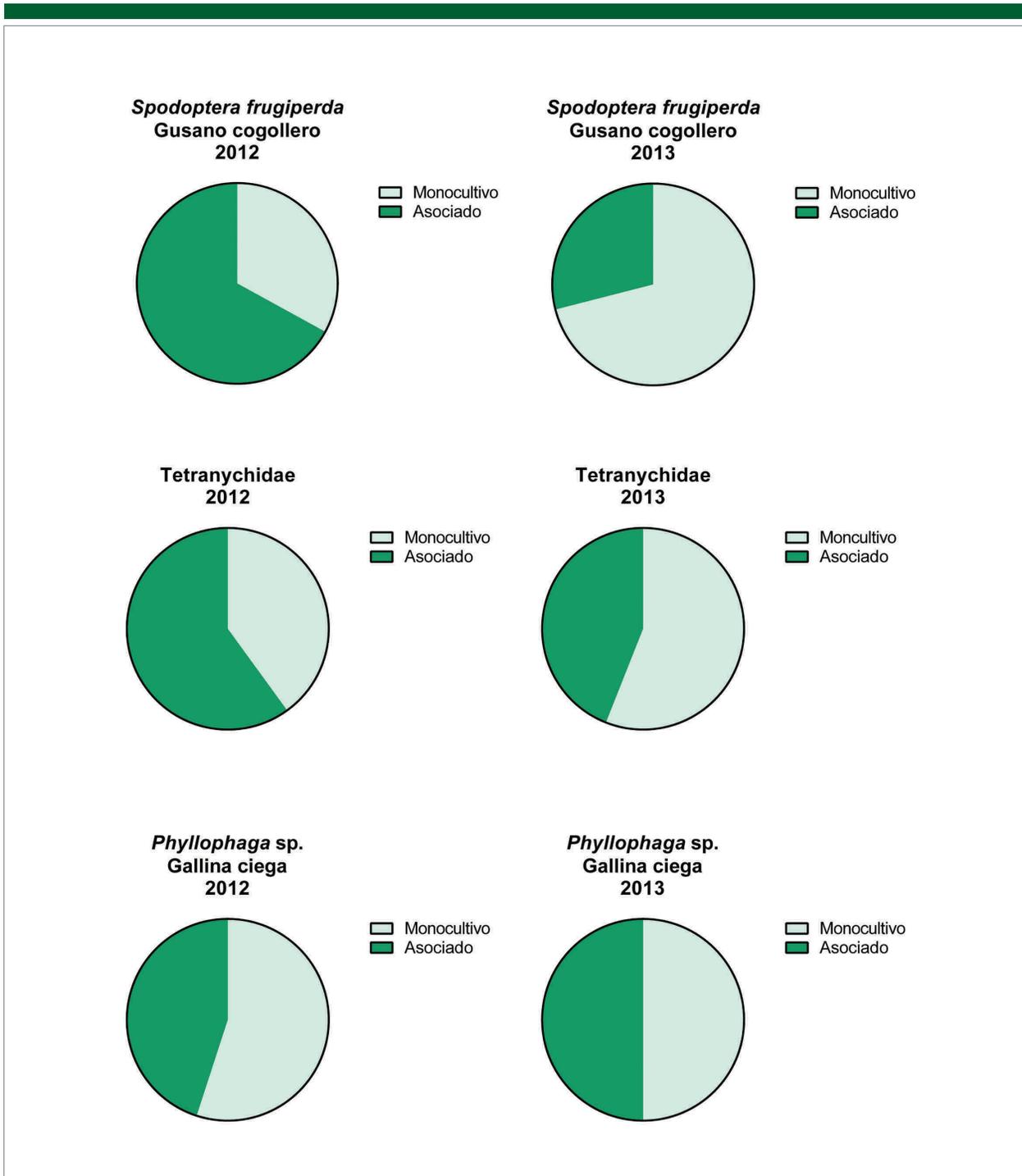


Figura 7. Incidencia de gusano cogollero, ácaros tetraniíquidos y gallina ciega por sistema de producción de maíz durante los años 2012 y 2013

Enfermedades

• Maíz

La incidencia de enfermedades en maíz dependió del sistema de siembra (monocultivo y asocio) y del ciclo de cultivo (2011 y 2012) (Cuadro 3). Independientemente del sistema de cultivo,

la incidencia de *Helminthosporium*, *Puccinia* y *Erwinia* fue mayor en el año 2011 que en el 2012; sin embargo, la incidencia de *Phyllachora* y *Ustilago* fue mayor en el año 2012 en comparación al año 2011.

Con relación al sistema de siembra, la incidencia de *Helminthosporium*, *Erwinia* y *Phyllachora* fue mayor para maíz

en monocultivo en comparación al sistema de asocio, en tanto que la presencia de *Puccinia* y *Ustilago* fue mayor en el sistema de asocio.

Promediado sobre los dos años de monitoreo, la diferencia de incidencia de enfermedades en función de la altitud fue mayor entre los estratos bajo y alto (Figura 8). La presencia de *Helminthosporium*, *Phyllachora* y *Ustilago* fue mayor en el estrato superior, en tanto que la presencia de *Erwinia* y *Puccinia* fue mayor en el estrato inferior.

Con relación a la enfermedad ‘Mancha de Asfalto’ o al Complejo Mancha de Asfalto, con la escala de Ceballos y Deustch (1992) se encontró una severidad de 1 - 3; mientras que con la escala de Monterroso (2012) se observó una severidad de 20 - 60%, independientemente del estrato altitudinal y del sistema de siembra. En sitios con presencia de la enfermedad, se identificaron lotes de plantas desde moderadamente susceptible hasta muy resistentes.

De los 28 sitios monitoreados para mancha de asfalto o su complejo en el año 2013, en el 61% se detectó la presencia de *Phyllachora maydis* únicamente, en tanto que en el 39% de los sitios se detectó presencia de los tres hongos que causan el complejo mancha de asfalto.

Se encontró presencia de al menos un tipo de virus en el 17% de las muestras analizadas (Figura 9). La incidencia de virus en maíz varió entre municipios.

Los principales virus detectados fueron el MCMV (3.9%), MDMV (3.1%), SCMV (4.0%) y potyvirus (4.4%). Los principales síntomas incluyeron clorosis, estrías amarillas, necrosis y moteados amarillos.

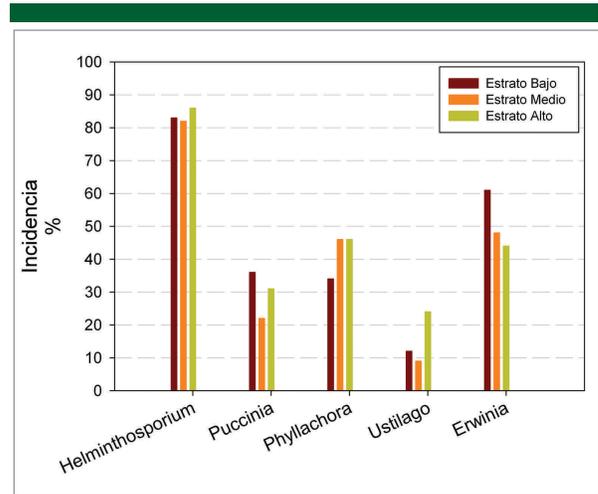


Figura 8. Incidencia (%) de las principales enfermedades que afectan al cultivo de maíz en función de la altitud del sitio de producción

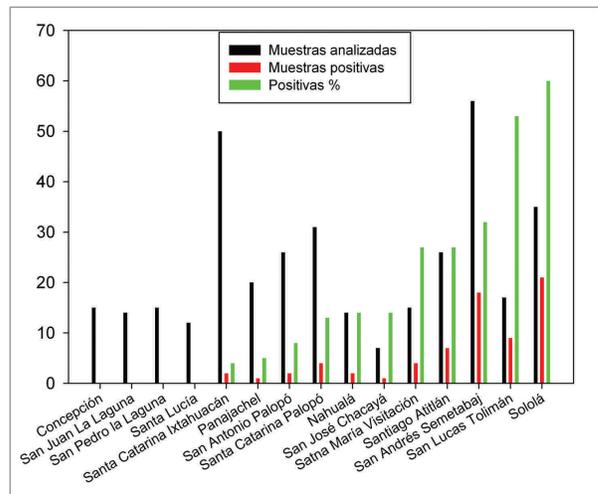


Figura 9. Número y porcentaje de muestras de maíz infectadas con virus según municipio

Cuadro 2. Incidencia de organismos según estrato altitudinal durante los años 2012/2013

Estrato	Spodoptera frugiperda		Ácaros tetraníquidos		Phyllophaga obsoleta	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Bajo	0%	12%	0%	6%	15%	16%
Medio	13%	21%	0%	9%	32%	24%
Alto	25%	18%	21%	12%	16%	27%

Cuadro 3. Incidencia (%) de las principales enfermedades asociadas al maíz en el departamento de Sololá en función del sistema de siembra y ciclo de producción

Patógeno	Año 2011		Año 2012		Promedio	
	Monocultivo	Asocio	Monocultivo	Asocio	Monocultivo	Asocio
<i>Helminthosporium</i>	82.8	88.5	78.6	68.8	80.7	78.7
<i>Puccinia</i>	31.0	38.5	14.3	31.3	22.6	34.9
<i>Erwinia</i>	62.1	50.0	35.7	31.3	48.9	40.6
<i>Ustilago</i>	0	3.9	28.6	31.3	14.3	17.6
<i>Phyllachora</i>	3.4	0	92.9	87.5	48.5	43.8

- Frijol

Las principales enfermedades encontradas en frijol incluyeron Antracnosis (*Colletotrichum* sp.), roya (*Uromyces* sp.), mancha foliar (*Cercospora* sp.) y cenicilla (*Erysiphe* sp.) (Cuadro 4). Las cuatro enfermedades fueron detectadas en los dos años de estudio. El nivel de incidencia de las diferentes enfermedades varió de un año a otro.

En el año 2011 la mayor incidencia de las cuatro enfermedades se presentó en el estrato medio, en tanto que en el 2012 se obtuvo mayor incidencia en las otras dos altitudes.

Únicamente el 1.5% de las muestras analizadas presentó presencia de virus. El virus identificado fue el del Mosaico Común del Frijol.

Discusión y conclusiones

- Suelos

Los resultados de los análisis indican que, en general, los suelos de los sitios vinculados al sistema Milpa no presentan mayores problemas más allá del bajo contenido de algunos elementos (N, P, S y en muchos casos Zn y Mn). No se tienen problemas de salinidad y en cuanto al pH, una fracción muy pequeña (< 2.5%) presenta valores inferiores a 5.5. El valor de 5.5 representa el límite abajo del cual inicia la acumulación de Al^{3+} intercambiable, el cual debe ser inmovilizado cuando ocupa valores arriba del 20% de la CICe. En promedio, el valor de la acidez intercambiable (AI+H) de las 111 muestras de suelo fue de 0.16 ± 0.00 por ciento. Esto sugiere que agrónicamente no se considera un problema y no amerita el control de la acidez con la aplicación de cal, a menos que el cultivo requiera un rango especial en el valor del pH.

En un muestreo realizado en 50 sitios ubicados dentro de la Cuenca del Lago de Atitlán, Sbaraglia (1993) encontró que aproximadamente el 12% de los suelos presentaba valores de pH inferiores a 5.5. Por su parte, Cifuentes (2008) en un muestreo de 19 sitios ubicados dentro y fuera de la Cuenca de Atitlán, encontró que aproximadamente el 5% de los sitios presentó valores de pH inferiores a 5.5. Lo anterior sugiere que la corrección de suelos en el departamento de Sololá debe estar orientada a sitios específicos y debe estar basada en un análisis del suelo tomando en cuenta la especie vegetal a cultivar. El

monitoreo de la acidez del suelo es importante, particularmente por el efecto acidificante de la mayor parte de fertilizantes nitrogenados.

De las 50 muestras de suelo analizadas por Sbaraglia (1993) ninguna presentó valores de pH arriba de 7.2. Los resultados reportados por Cifuentes (2008) indican que 1 de 19 muestras presentó un pH básico. En el presente estudio sorprendió encontrar un 12.5% de los sitios con valor de pH arriba de 7.2. Una de las posibles explicaciones podría ser que se trata de suelos que fueron encalados recientemente. De ser así, se esperaría que en pocos años el valor del pH vuelva a bajar.

Con relación al nivel de fertilidad de los sitios, esto es algo innato en el suelo como producto de la composición mineralógica y del contenido de humus del mismo. Esto sumado al uso de fertilizantes, resulta en un mantenimiento o en un detrimento de la fertilidad de cada sitio.

Los elementos N, P, S, Zn y Mn presentaron un bajo nivel en un número importante de sitios. Resultados similares para P fueron reportados por Sbaraglia (1993). Una de las explicaciones por el bajo contenido de P extraíble en un número importante de sitios está asociado al origen de los suelos. En el departamento de Sololá prevalecen los suelos Andisoles seguido por suelos Inceptisoles (algunos con propiedades ándicas). El alto poder de fijación de P en suelos con propiedades ándicas está plenamente reconocido en la literatura (Sánchez, 1981). El bajo nivel de los otros elementos podría estar asociado a la composición mineralógica (Zn, Mn y S) y al contenido de humus (N y S) del suelo. De esos elementos, el N es el elemento requerido en mayor cantidad por la plantas, y en general se le considera bajo y altamente móvil en la mayor parte de los suelos, por lo que usualmente debe incluirse en los planes de fertilización de los cultivos. En general, la aplicación de nutrientes a las plantas deber estar basada en la condición del suelo y orientada hacia aquellos suelos con un bajo nivel de elementos.

De acuerdo con Cifuentes et al. (2014), el sistema Milpa del departamento de Sololá se considera un sistema tradicional, ya que presta muy pocas innovaciones tecnológicas de origen local o externo. Sobresalen el uso de fertilizantes, algunos insecticidas y parcialmente el uso de silo para almacenamiento de grano.

Casi la totalidad (99.5%) de los productores realiza la práctica de la fertilización (Cifuentes et al., 2014). El 76% utiliza fertilizante químico y el 22% una mezcla de químico y orgánico. Las

Cuadro 4. Incidencia (%) de las principales enfermedades asociadas al frijol en el departamento de Sololá en función del estrato altitudinal y el ciclo de producción

Patógeno	Año 2011			Año 2012			Promedio		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
<i>Colletotrichum</i>	50	63	20	100	50	71	75	57	45
<i>Cercospora</i>	62	62	40	67	67	43	64	64	41
<i>Uromyces</i>	38	25	10	67	83	71	52	54	45
<i>Erysiphe</i>	0	0	10	33	50	71	16	25	40

principales fórmulas de fertilizante químico que se utilizan en la región incluyen 20-20-0 (alrededor del 75% de los productores) y 15-15-15 (alrededor del 10% de los productores). Del 4 al 8% de los productores también utiliza urea.

El uso de la fórmula 20-20-0 es una buena alternativa tomando en cuenta la prevalencia de bajos niveles de N y P así como los altos niveles de K. Sin embargo, se considera necesario la generación de una fórmula de fertilizante que pueda aportar los diferentes elementos que se necesitan según los principales grupos de suelo.

• Plagas

La incidencia de plagas en maíz parece ser muy variable y depende de muchos factores, siendo algunos de ellos la fecha de siembra, la variedad y las condiciones climáticas. En algunas parcelas pueden ser importantes durante un año, y al año siguiente no.

S. frugiperda causa el mayor daño en las etapas iniciales de desarrollo del cultivo de maíz, principalmente a las siembras tardías (Sosa, 2002). Para el año 2013, se observó una mayor incidencia en las parcelas evaluadas, variando entre estratos de 12% a 21%.

La menor incidencia observada en el estrato bajo puede estar asociada al ciclo más corto de producción que se tiene en esa área. La cosecha de maíz se obtiene en 5-6 meses aproximadamente. Para el caso del estrato medio y alto, donde las variedades de maíz son criollas y de ciclos de 9-10 meses, fue donde hubo mayor incidencia de *S. frugiperda*.

Un factor importante en la incidencia de *P. obsoleta* es la preparación que se haga del terreno. En sitios donde las prácticas de preparación son mínimas (ahoyado o surqueado), se reduce la probabilidad de un control natural de estos organismos. En sitios donde la preparación del terreno consiste en un arado y volteo del suelo completo, hay menor incidencia debido al control natural provocado por depredación por pájaros y desecación por calor. Se observó mayor presencia de gallina ciega en el estrato medio durante los dos años de muestreo. El estrato alto fue el que mayor aumento de incidencia presentó de un año al otro. De acuerdo con Cano (2007), *Phyllophaga obsoleta* se distribuye desde el nivel del mar hasta los 2,200 metros de altitud.

Los ácaros tetraníquidos han presentado importantes aumentos de su población en los últimos años, debido a la presencia de canículas prolongadas. Estos organismos presentan un crecimiento directamente proporcional con la temperatura. Es importante monitorear su desarrollo para evitar daños irreversibles en el follaje del maíz, y la reducción asociada a la pérdida de la capacidad fotosintética de la planta.

En el cultivo del frijol el principal insecto asociado fue *Diphaulaca wagneri*. Este coleóptero pertenece a la familia Chrysomelidae. Es un insecto defoliador que provoca reducción del área foliar

disponible para el proceso fotosintético. En estudios previos se determinó que no existen daños considerables en la producción, en daños menores al 30% de reducción de área foliar.

De acuerdo con Cifuentes et al. (2014), el 79% de los productores de maíz de la región reconoce tener algunos problemas de plagas de artrópodos en sus cultivos. Las principales plagas mencionadas para maíz incluyen gusano cogollero, gusano nochero, gusano cortador, gusano alambre y gallina ciega. En el caso del frijol, el 49% de los productores indica tener problemas con plagas, entre las cuales están tortuguilla, pulgones y mosca blanca.

En el presente estudio no se detectó problemas con gusano nochero (*Agrotis* spp.), gusano cortador (*Agrotis* spp.) y gusano alambre (*Agrotis* spp.), posiblemente debido a la etapa de crecimiento en que se encontraba el cultivo al momento del muestreo. El gusano nochero y el gusano alambre atacan principalmente durante las primeras semanas del cultivo. En frijol no se detectó mosca blanca, pero si se detectaron ácaros perjudiciales y artrópodos benéficos realizando algún tipo de control biológico.

En general, la mayor parte de los productores de maíz y frijol de Sololá reconocen varios artrópodos plaga de sus cultivos, pero tiene un conocimiento limitado sobre ácaros e insectos benéficos.

• Enfermedades

Aproximadamente el 80% de los productores no sabe si los cultivos de maíz y frijol presentan enfermedades (Cifuentes et al., 2014). Los pocos productores que reportaron enfermedades indicaron que para maíz prevalece el argeño, hojas moradas, mal del talluelo, mal formación, pudrición y tizón. Para frijol indicaron cenicilla, mosaico, roya, pudrición, tizón y mal formación. Es evidente que desconocen las enfermedades asociadas a los dos cultivos. Normalmente, los productores denominan argeño o tizón al síntoma de hojas quemadas o totalmente manchadas por una enfermedad, posiblemente causado por patógenos como *Helminthosporium* y *Erwinia*.

Las enfermedades causadas por *Helminthosporium*, *Erwinia*, *Ustilago* y *Puccinia* detectadas en maíz durante los años 2011 y 2013 también han sido descritas por Fuentes (2002), quien indica que las mismas prevalecen en cualquier región del país. Aunque no se determinó la severidad de cada una de ellas, las observaciones de campo indicaron que se encontraron en un bajo nivel y que el efecto sobre la producción podría ser irrelevante.

De acuerdo con los datos obtenidos de severidad de *Phyllachora* y del Complejo de Mancha de Asfalto en maíz, se observó que las plantas de cada una de las parcelas mostraban su presencia sobre los tejidos y en especial, en el área de lectura que establece las metodologías descritas por Monterroso (2012) y Ceballos y Deustch (1992).

De acuerdo con la escala de Ceballos y Deustch (1,992), los materiales de maíz criollo se califican de moderadamente susceptibles a resistentes. Al comparar los resultados utilizando la escala de Ceballos y Deustch (1992) con la Monterroso (2012), se encontró bastante similitud. Monterroso et al. (1974) en un estudio realizado a nivel nacional, también encontró que los maíces de Guatemala presentaban tolerancia a la enfermedad.

Debido a que la producción de híbridos se enfocó en mejorar la productividad, hay preocupación en cuanto a la tolerancia de estos nuevos materiales de alto rendimiento al Complejo Mancha de Asfalto.

Las principales conclusiones emanadas del estudio incluyen:

- La mayor parte de sitios destinados a la producción de maíz en monocultivo o en asocio con frijol en el departamento de Sololá presentan bajo contenido de N, P y S, y en muchos casos Zn y Mn.
- La mayor parte de sitios presenta alto contenido de K y Mg, por lo que la inclusión de esos elementos en los programas de fertilización debe basarse en un análisis de suelo.
- Los suelos evaluados no presentan problemas de acidez y acumulación de aluminio intercambiable, por lo que la aplicación de cal en la región debe limitarse a aquellos sitios que realmente tienen problemas de acidez según lo indicado en el análisis químico del suelo.
- Con excepción de los ácaros tetraníquidos, el resto de plagas de artrópodos corresponde a las plagas comunes reportadas en maíz y frijol en el país.
- Los patógenos que se encontraron asociados a maíz y frijol corresponden a patógenos comúnmente encontrados en campos plantados con esos cultivos.
- Se destaca la detección de mancha de asfalto o su complejo causado por los hongos *Phyllachora maydis*, *Monographella maydis* y *Coniothyrium phyllachorae* infectando maíces criollos de la región, los cuales presentan un nivel de tolerancia de moderadamente susceptible a resistente.

Agradecimiento

Al Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) quien por medio del programa *Food for Progress* 2010 (FFP10) financió la ejecución del presente estudio (Contrato OGSM: FCC-520-2010/026-00).

Bibliografía

- Akiant/Agrequima (2012) *Impacto social y económico del sector agrícola guatemalteco sobre la economía nacional* Agrequima, Guatemala
- Aldana LF (2010) *Manual Técnico: Producción Comercial y de Semilla de Frijol (Phaseolus vulgaris L.)* Primera Edición, ICTA/MAGA - JICA, Quetzaltenango, Guatemala
- Azurdia C, Williams KA, Williams DE, Van Damme V, Jarvis A, Castaño SE (2011) *Atlas of Guatemalan Crop Wild Relatives* United States Department of Agriculture/ Agricultural Research Service (USDA/ARS), Biodiversity International, International Center for Tropical Agriculture (CIAT), University of San Carlos in Guatemala (FAUSAC) <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=22225>
- Barnett H, Hunter B (1972) *Illustrated genera of imperfect fungi* Burgess Publishing Co, USA
- Cano EB (2007) *Taxonomía, daño al cultivo y distribución de las especies del complejo 'gallina ciega' (Coleoptera, scarabaeidae) que atacan el maíz (Zea mays) en Guatemala* Revista de la Universidad del Valle de Guatemala 16: 85-98
- Ceballos H, Deustch JA (1992) *Inheritance of resistance to tar spot complex in maize* Phytopathol 82: 505-512.
- Cifuentes R., Sierra C, Arevalo L, Beteta C, Herrera E, Alvarez MR (2014) *El sistema Milpa del departamento de Sololá visto desde la experiencia y vivencia de los productores de la región* Revista de la Universidad del Valle de Guatemala 27: 11-30
- Cifuentes R (2008) *Evaluation of soil fertility demo plots with vegetables in Sololá In : Food for Progress Guatemala Project* Universidad del Valle de Guatemala, Final Report
- Fuentes M, Van Etten J, Ortega A, Vivero JL (2005) *Maíz para Guatemala: propuesta para la reactivación de la cadena agroalimentaria del maíz blanco y amarillo* FAO-PESA, FAO, Guatemala
- Fuentes M (2002) *El cultivo de maíz en Guatemala: Una guía para su manejo* ICTA, Guatemala www.icta.gob.gt/maiz/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf
- (INE-BM) (2011) *Mapas de Pobreza Rural en Guatemala 2011* Instituto Nacional de Estadística y Banco Mundial, Guatemala
- MAGA/DIGEGR-IGAC (2013) *Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sololá, Tomos I y II*, Convenio de Cooperación MAGA-IGAC 43-2006, Guatemala
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (2013) *El agro en cifras 2013* Dirección de Planeamiento-MAGA, Noviembre 2013, Guatemala
- Monterroso D. (2012) *Mejoramiento genético del maíz en función de la resistencia a la mancha de asfalto* Productora de Semillas, S.A. Guatemala, Informe Preliminar
- Monterroso D, Gallardo N, Zúñiga J (1974) *Informe del programa de investigación maíz y frijol* Proyecto de colaboración Ministerio de Agricultura-Facultad de Agronomía, FAUSAC, Guatemala
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO - (2007) *Guía Metodológica: La Milpa del Siglo XXI* Oficina Local FAO, Guatemala
- Ruano S, Juárez H (2008) *Estudio Sobre la Situación Actual del Sistema Milpa en el Departamento de Sololá* Oficina Local de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón - JICA - , Guatemala
- Sánchez PA (1981) *Suelos del trópico: características y manejo* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA, San José, Costa Rica

- Sbaraglia M (1993) *Análisis de suelo y uso de fertilizantes* Programa de desarrollo autosostenido en la cuenca del lago de Atitlán, Proyecto ALA88/22, Informe final
- Shaad N, Jones J, Chun W (2001) *Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria* American Phytopathological Society, USA
- Sparks D (1996) *Methods of soil analysis, Part 3: Chemical methods* Soil Science Society of America Inc, Madison, Wisconsin, USA
- Sosa MA (2002) *Daño por Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz bajo siembra directa en diferentes épocas en el noreste santafesino* <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2002/05-Agrarias/A-061.pdf>
- Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD, Havlin JL (1993) *Soil fertility and fertilizers* 5th ed. Macmillan, New York, USA <http://lexicoon.org/es/milpa>