

# INCIDENCIA DE GALLINA CIEGA, SISTEMAS DE MANEJO CAMPESINOS Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA COMUNIDAD DE NAPÍZARO, MICHOACÁN (MÉXICO)

*Ek del Val<sup>1</sup>, Esperanza Arnés<sup>2</sup>, Jesús Antonio Gaona<sup>3</sup>, Marta Astier<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Campus Morelia, CP: 581910, México; <sup>2</sup>Departamento de Producción Vegetal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. CP: 28040, España; <sup>3</sup>Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, Pátzcuaro, CP: 61614, México; <sup>4</sup>Centro de Investigaciones de Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. Campus Morelia, CP: 581910, México. E-mail: ekdelval@cieco.unam.mx

## Resumen

La agricultura campesina sigue siendo una práctica muy importante en México, sin embargo no se presenta de manera homogénea, existe una diversidad de manejos que repercuten en los rendimientos de la cosecha y en el mantenimiento de la biodiversidad. En tiempos recientes, dada la excesiva utilización de pesticidas y al aumento de los monocultivos, las plagas se han convertido en un problema muy importante. En particular las plagas del suelo ocasionan muchas pérdidas anualmente, sin embargo aún falta evidencia que permita decidir que estrategias de manejo minimizan el efecto de éstas sobre las cosechas. Para estimar el efecto del tipo de manejo sobre la abundancia de gallina ciega se evaluaron tres sistemas de manejo en la comunidad de Napízaro en la cuenca del lago de Pátzcuaro. Los sistemas evaluados fueron: cultivo convencional (SCC), fertilización orgánica (SFO) y rotación de cultivos (SRC) en cuatro parcelas de cada uno. Entre tres años consecutivos (2010-2012) durante la temporada de cultivo entre junio y diciembre se muestreó la abundancia de gallina ciega una vez por mes y al final de cada temporada se evaluó el rendimiento de maíz por hectárea en cada parcela. Así mismo se evaluaron los parámetros químicos del suelo: pH y % materia orgánica en todas las parcelas. Las parcelas evaluadas muestran un gradiente de manejo que se ve reflejado tanto en la abundancia de gallina ciega como en el rendimiento de maíz. Las parcelas de fertilización orgánica y de rotación de cultivos presentaron una menor abundancia de gallina ciega en comparación con las convencionales ( $p < 0.05$ ), mientras que los rendimientos fueron mayores en las parcelas convencionales. Por otro lado los parámetros del suelo mostraron que la fertilización orgánica efectivamente aumenta el porcentaje de materia orgánica en el suelo y el pH resultó estar más cerca de los valores de equilibrio en los sistemas de rotación de cultivos. La abundancia de gallina ciega no estuvo relacionada con el rendimiento de las parcelas por lo que se sugieren nuevas investigaciones sobre el efecto directo de los insectos sobre las plantas de maíz en los diferentes sistemas de cultivo. Las parcelas con fertilización orgánica y rotación de cultivos fueron más resilientes a los efectos de la sequía, particularmente en relación a la abundancia de gallina ciega.

**Palabras clave:** plagas, fertilización orgánica, rotación de cultivos, manejo convencional, sequía

## Summary

### **White grub incidence, Campesino management systems and climatic variability in Napizaro, Michoacán, México**

Traditional agriculture continues to be an important practice in Mexico, however it is not homogeneous and presents a great diversity of managements that is reflected on crop yield and biodiversity maintenance. In recent times, due to excessive use of pesticides and the increase in monocultures, pest species have become an important problem. Particularly soil pests are causing annual losses; however evidence to decide which management strategies minimize pest effects upon harvest is lacking. In order to estimate the effect of management type upon white grub abundance, we evaluated three management systems in the community of Napizaro in the Pátzcuaro basin, Mexico. The studied systems were: conventional management, organic fertiliza-

tion and crop rotation, in four different plots per system. In three consecutive years (2010-2012) during the agricultural cycle between June and December, we sampled white grub abundance once per month and we evaluated crop yield per hectare at the end of the season. Also we measured soil parameters such as pH and percent organic matter per plot. The evaluated plots present a management gradient that is reflected on white grub abundance and on maize yield. Organic fertilized and crop rotation plots presented lower abundances of soil pests in comparison with conventional plots ( $p < 0.05$ ), while crop yield was greater in conventional plots. On the other hand, soil parameters showed that organic fertilization indeed increased % soil organic matter and soil pH reached more adequate levels in crop rotation plots. White grub abundance was not related with crop yield, therefore we suggest further investigation into the direct effect of these insects upon maize plants. Organic fertilized and crop rotation plots were resilient to drought effects, particularly regarding white grub abundance.

**Key words:** pests, organic fertilization, crop rotation, conventional management, drought

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la agricultura campesina produce más del 70% de los alimentos del planeta y está representada por casi la mitad de la población mundial (Banco Mundial 2008, Trueba y MacMillan 2011); en el caso de Latino América estos productores ocupan el 63% de las tierras agrícolas (ECLAC 2009). De igual manera, estas comunidades prestan servicios ecológicos de muy diversa índole (Clapp 1998, Altieri y Nicholls 2000).

En México, el 22% de la población vive en áreas rurales (FAO 2009) y el 78% practica agricultura familiar (siendo el 57% de subsistencia) (FAO y BID 2007). La conservación de especies y variedades de cultivos tradicionales, como el maíz, (cultivo que en México posee la mayor diversidad genética del mundo (Arslan 2011) contando con un abanico de 41 a 65 razas nativas (Kato *et al.* 2009) y multitud de sistemas agrícolas de manejo en donde éstas se cultivan) recae sobre estas comunidades rurales que aun preservan una multitud de sistemas de manejo y de conocimientos como consecuencia de las diferentes formas de apropiación de tales recursos a su modo de vida (Toledo 2010).

Las plagas agrícolas son una de las principales causas de pérdidas de rendimiento en los cultivos. Éstas junto con las enfermedades, ocasionan la disminución entre el 10 y el 40% de la producción a nivel global. En particular para el maíz se han descrito una infinidad de plagas (Reyes Castañeda *et al.* 2002) que atacan desde la raíz hasta las inflorescencias. Dadas las condiciones de intensificación de la agricultura que implican los monocultivos y la utilización creciente de pesticidas y otros agroquímicos, aunado al cambio climático, las plagas representan un problema creciente para el cultivo del maíz.

Según diversos autores (Aragón y Morón 2000, Ramírez-Salinas *et al.* 2000, Espinosa-Islas *et al.* 2005, Najera 2005) una de las plagas más importantes en México, no sólo del maíz sino de diversos cultivos de

importancia alimentaria e industrial, es el complejo "gallina ciega"; nombre que designa a la etapa larval de más de 890 especies de escarabajos principalmente de la familia Melolontidae en México (Morón 1986). Esta plaga está relacionada con pérdidas económicas importantes, algunos autores sugieren que puede causar daños de hasta 15% en el cultivo de maíz, lo que significa pérdidas anuales de 135 millones de dólares sólo en Latinoamérica (Argüello *et al.* 1999); según otros autores las larvas pueden reducir la producción de grano de maíz en 1.3 t/ha (Ríos y Romero 1982), lo que podría representar la reducción de la producción nacional en millones de toneladas por año. A pesar de la problemática que este complejo representa no existen recomendaciones viables para su control, esto se debe en gran medida a la falta de conocimiento de la especie de "gallina ciega" que está causando daño, sus hábitos más generales y en consecuencia un método para comba-tirlas (Aragón y Morón 2004). En particular hay un gran desconocimiento sobre el efecto del tipo de manejo de las parcelas en la incidencia y daño que causan las gallinas ciegas.

Por otro lado, numerosos estudios apuntan a que una mayor diversidad ecosistémica está directamente relacionada con el logro de mejores estrategias de adaptación tanto a cambios bruscos como graduales del entorno (Altieri 1999, Astier *et al.* 2011). En este sentido, la extrema variabilidad climática registrada y esperada en el centro de México, incide de forma drástica en la agricultura mexicana, ya que más del 60% de ella es de temporal (Ruiz-Corral *et al.* 2011, Conde *et al.* 2006), por ello es crucial contar con una mayor diversidad agroecológica para minimizar los efectos meteorológicos.

La Cuenca del Lago de Pátzcuaro (CLP) localizada entre 19°25' a 19°45' N y 101°25' a 101°54' O, es una región situada en el estado de Michoacán, México con aún una importante presencia indígena purhépecha. La ocupación en este territorio data de la época prehispanica y presume de realizar agricultura desde

hace aproximadamente 5.000 años (Fisher *et al.* 2003). La relevancia del maíz en esta región ha sido mostrada por numerosas investigaciones realizadas desde la década de los cincuenta (Argueta *et al.* 1982, Mapes *et al.* 1994, Astier y Barrera-Bassols 2007). Se destaca también, que la agricultura en la CLP ha estado siempre ligada a una dinámica social regional compleja y cambiante que se expresa en los sistemas agrícolas actuales, donde puede encontrarse multitud de hibridaciones, conjugaciones, exclusiones y coexistencias entre una cultura que defiende su presencia y otra u otras que tratan de dominarla o desplazarla (Mapes *et al.* 1994).

Estos cambios tienen hoy una mayor magnitud, y como muestra, podemos mencionar la continua exposición de estos sistemas a la aplicación de agroquímicos e irrigación, particularmente para los maíces “híbridos” o “mejorados” (Seefoó Luján 2008). También los campesinos se ven afectados por los cambios y pérdidas de mercados y sistemas alimentarios locales, así como por las amenazas de la introducción de OGMs (Cleveland y Soleri 2005). Sin embargo, la realidad muestra que en esta región persisten acciones de resistencia expresadas en sistemas agrícolas que involucran conocimiento tradicional, además del manejo de la agrobiodiversidad plasmado en los diferentes paisajes agrícolas, los cultivos y la organización sociocultural que los sustenta (Astier *et al.* 2010).

Napízaro es una comunidad representativa de las comunidades agrícolas de la CLP, aunque cuenta con sus propias características edáficas y usos del suelo. Pertenece a Erongaricuaró, municipio que en 2005 contaba con casi dos mil agricultores, representando el 38% del total de productores de la región (Paré *et al.* 2005). Los sistemas de manejo agrícola que se practican en Napízaro, son también representativos del manejo de la agrobiodiversidad del paisaje de la región ya que utilizan sistemas de rotación y descanso de tierras además de maíces nativos.

En este contexto, los objetivos de este trabajo son evaluar por tres años, con clima variable, la influencia del sistema de manejo sobre la incidencia de gallina y el rendimiento del maíz en una comunidad campesina (Michoacán, México) entre 2010 y 2012.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Zona de estudio

Napízaro se sitúa a 19°36'00" de latitud norte y 101°43'00" de longitud oeste y una altitud de aproximadamente 2.100 msnm con topografía variable. El clima es templado con precipitaciones que de media alcanzan los 1.040,8 mm repartidas en cinco meses al año (de junio a octubre) y unas temperaturas que oscilan de los 6,1°C a 24,1°C, mínima y máxima respectivamente. Sin embargo, la variabilidad climática de los tres años de es-

tudio, rompe con la tendencia promedio de los últimos 40 años, habiéndose registrando mínimas de hasta 5°C por debajo de lo habitual y precipitaciones escasas durante la época de lluvias. Los Acrisoles son los suelos dominantes que se caracterizan por ser ácidos (pH 4.5-6) y ricos en sesquióxidos y arcillas (65-70%), derivados de materiales volcánicos antiguos e intensamente meteorizados; su alto contenido en arcillas favorece la formación de complejos órgano-alumínicos. El horizonte Ap es relativamente pobre en C orgánico edáfico (COS <18 mg C g<sup>-1</sup>) y N total (N<sub>t</sub> <1.6 mg N g<sup>-1</sup>) (Pajares *et al.* 2010).

La agricultura, actividad principal, demanda mucha cantidad de insumos naturales ya que debido a las escasas lluvias, los productores se ven obligados a abastecer los cultivos con agua del lago, y la creciente demanda de leña y madera está mermando los recursos forestales de la región (SEMARNAT 2007). Sin embargo, el manejo agropecuario de la zona es muy diverso en sus prácticas y consecuentemente en sus impactos para con el ambiente.

Los 520 habitantes de Napízaro no se consideran purépechas, aunque viven en un territorio considerado tradicionalmente indígena y por ello, han sabido apropiarse de ciertos aspectos culturales en su vida cotidiana y en los sistemas de manejo territorial. La agricultores de esta región son campesinos que manejan pequeñas unidades de tierra de manera diversificada (usualmente < 5 ha), con empleo familiar, y que producen para autoconsumo y para la venta al exterior, i.e., cultivos, ganado y productos forestales (Astier *et al.* 2012). En la comunidad de estudio se distinguen tres sistemas agropecuarios predominantes: el sistema de cultivo convencional (SCC), el sistema de rotación de cultivos (SRC) y el sistema de fertilización orgánica (SFO). La mayor parte del territorio es ejidal, siendo el número de ejidatarios 84, pero debido al éxodo rural de la última década y el envejecimiento de la población, sólo quedan en activo 62 productores. Se obtuvieron datos climáticos de precipitación y temperaturas máximas y mínimas por parte de la Comisión Nacional (CONAGUA) para los años 2010, 2011 y 2012.

### Descripción de la metodología

Para evaluar el efecto de los diferentes sistemas de manejo sobre el desempeño del maíz, en primer lugar se tipificaron los sistemas de manejo por medio de la realización de 12 entrevistas a productores de la comunidad que tipificaron las distintas formas de manejo de los recursos naturales de acuerdo a los diferentes métodos de siembra y de manejo del suelo. Para representar cada tipo de manejo se seleccionaron 12 parcelas (cuatro parcelas para cada uno de los tres sistemas de manejo) con una superficie promedio de 0.25 ha y situadas al azar dentro de la comunidad pero considerando las mismas condiciones edafológicas y climáticas para todas ellas. Los suelos en esta localidad son Acrisoles,

todos ellos poseen una textura clasificada como franco-arcillosa, con pHs ligeramente ácidos y buena capacidad de intercambio catiónico (en torno a los 30 ppm) aunque estos dos últimos factores varían en función del manejo utilizado.

### Caracterización de los sistemas de manejo

La tabla 1 recoge de forma general las particularidades de cada uno de los tres manejos que cohabitan en Napízaro. El SCC cultiva año tras año monocultivo de maíz o de avena sin dejar descansar la tierra en ningún ciclo. La labranza es con tractor a una profundidad mínima de 30 cm, y se pasa el arrastre para desmenuzar la tierra y desboronar los terrones. La siembra se efectúa en los primeros días del mes junio, utilizando sembradora mecánica, con una distancia entre surcos de 80 cm y una densidad de siembra de aproximadamente 20 kg ha<sup>-1</sup> de semilla. Para el control de plagas como *Phyllophaga* spp. (gallina ciega) y *Diabrotica* spp. (gusano raicero) se aplican 20 kg ha<sup>-1</sup> de Lorsban 3% (Clorpirifos etil) y para el de arvenses 1 kg ha<sup>-1</sup> de Primagram Gold®. La fertilización se realiza en dos etapas, la primera en el momento de la siembra, utilizando fosfato de amonio (18-46-00) en dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup>, y la segunda, 35 días después de la siembra con una aplicación de 400 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amonio (22.5-00-00) o de 150 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de urea

(45-00-00) representando un aporte final de N<sub>2</sub> de 70 kg ha<sup>-1</sup>. La cosecha de grano se realiza de forma manual durante el mes de diciembre, y la de forraje en los meses de abril y mayo.

El SRC rota en un mismo año: maíz, asociado con calabaza (milpa) de primavera a verano, con un policultivo de leguminosas de otoño a invierno. Estas leguminosas son comúnmente janamargo (*Vicia sativa*), haba (*Vicia faba*) y chícharo (*Pisum sativum*), de consumo ganadero la primera, y humano las dos últimas. Se deja en el suelo aproximadamente 30% de *Vicia sativa*, el resto se corta como forraje, y todos los residuos de las otras leguminosas después de la cosecha. En el primer cultivo, el manejo del suelo consiste en un laboreo con yunta a una profundidad de 20-30 cm durante el mes de mayo. La siembra del maíz, se efectúa antes del 20 de junio utilizando tracción animal, con una distancia entre surcos de 80 cm. Se realiza un aporque cuando el maíz alcanza los 25-30 cm para fortalecer la sujeción al suelo. No se aplica fertilizante de ningún tipo y el control de malezas se realiza mecánicamente con yunta a los 15 días del aporque. Durante el periodo de estudio, la milpa presentó un color amarillento y se realizó una aplicación de sulfato de amonio (22.5-00-00) en una dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup> (tres bultos). La cosecha se efectúa a partir del 25 de octubre rozando el maíz con machete y amontonando-

**Tabla 1.** Variables del agroecosistema bajo los diferentes manejos: sistema de cultivo convencional (SCC), sistema de rotación de cultivos (SRC) y sistema de fertilización orgánica (SFO).

Variables del agroecosistema		SCC	SRC	SFO	
Biofísicas		El clima es templado y subhúmedo. La Tª media anual es 15°C y la precipitación media anual es de 1000 mm. Se encuentra a 2100 msnm. La temporada de siembra se alarga hasta julio debido a las tardías y escasas lluvias. Hay heladas tempranas en noviembre que merman la producción de haba.			
Prácticas de manejo	Condiciones del suelo	Degradados por los agroquímicos	Buenas condiciones de producción	En proceso de conservación y mejora	
	Especies y variedades	Maíces criollos y mejorados	Maíz criollo, calabaza, avena, haba, chícharo y janamargo	Maíz criollo, frijol y calabaza	
	Especies dominantes	Monocultivo de maíz	Maíz, haba, chícharo y janamargo	Maíz blanco, de color y calabaza	
	Tracción	Labranza	Tracción mecánica	Tracción animal	Tracción animal
		Labores culturales		Aporque y asegunda	Aporque asegunda y barbecho en invierno
	Manejo suelos	Conservación		Aporte de materia orgánica de la rotación	Aporte de abono orgánico
		Fertilización	Química. Con 18:46:00 y 22:00:00	Incorpora el 30% de la biomasa del cultivo de invierno y sulfato de amonio 22.5:00:00	Orgánica con estiércol bovino y porcino
		Manejo de plagas	Plaguicida	No	No
	Manejo de arvenses	Herbicida	Manual y animal	Manual y animal	
Socioeconómicos	Tipo productores	Ejidatarios con un área promedio de 3,5 ha de cultivo y 6 hatos de ganado.			
	Destino producción	Forraje y venta de excedentes	Autoconsumo, forraje y venta	Autoconsumo	
	Tipo mano de obra	Jornales	Familiar	Familiar y jornales	
	Organización para producción	Sólo predios comunales	No	No	

lo en toros para que se vaya secando hasta que en enero se destusa y desgrana. El zacate que creció en el maíz se pica en trozos pequeños para que el arado lo pueda enterrar. El siguiente cultivo se establece inmediatamente después a la roza del maíz para aprovechar la humedad residual de las lluvias temporales. Se realiza un laboreo con yunta a una profundidad de 30 cm y una pasada de rastra. La siembra se efectúa con tracción animal y la densidad de siembra es de: 40 kg ha<sup>-1</sup> de janamargo, 20 kg ha<sup>-1</sup> de haba y 15 kg ha<sup>-1</sup> de chícharo. La cosecha se realiza en mayo, cortándose manualmente con hoz a una altura 10 cm del suelo permaneciendo las raíces enterradas. El haba y el chícharo se vorean para extraer su semilla y lo que queda es forraje para el ganado o para elaborar compostas.

El SFO establece un ciclo de policultivo con maíz, frijol y calabaza (milpa) e incorpora composta semi-madura elaborada con el estiércol y restos de los cultivos. La preparación del terreno se realiza en mayo y junio con tracción animal y a una profundidad de 30 cm. Después se pasa la rastra a una profundidad de 15 cm. La siembra del maíz, se efectúa antes del 20 de junio y la distancia entre surcos es de 80 cm. La fertilización se realiza en tres aplicaciones. La primera, con la siembra utilizando 5 Mg ha<sup>-1</sup> de composta preparada con estiércol del ganado propio y restos vegetales, la segunda 30 días después de que nazca el maíz y la última cuando la milpa alcanza un metro de altura, aplicando 0.5 Mg ha<sup>-1</sup> en cada una de estas dos fertilizaciones. Esta fertilización se complementa con el estiércol directo del ganado cuando éste pasta el rastrojo de la milpa en la parcela. El control de arvenses se realiza con machete (chapeo) y en dos tiempos; el primero cuando la maleza alcanza los 30 cm de altura y el segundo cuando el maíz comienza a espigar. La cosecha es de diciembre a enero y siempre con mano de obra familiar.

**Evaluación de rendimiento e incidencia de plagas**

Para evaluar la eficiencia de los sistemas se midió el rendimiento del maíz expresado en Mg ha<sup>-1</sup>. En cada parcela de cultivo se delimitaron cuatro subparcelas, de 1.40 m x 5.0 m donde se cuantificó la biomasa total (peso de la mazorca en seco) y se extrapoló a 1 ha. Por otro lado se evaluó la incidencia de plagas en el suelo, expresado como el número de *Phyllophaga* spp. m<sup>-3</sup>. Para ello se sacaron una vez al mes y durante 6 meses (Junio-Diciembre) 4 cepellones de 30 x 30 x 30 cm, situados al azar dentro de cada parcela donde se contabilizan los insectos (Pacheco *et al.* 2008) y los resultados se extrapolaron para 1 m<sup>3</sup>. Tanto el rendimiento como la incidencia de plagas se evaluaron durante 3 años consecutivos 2010-2012.

**Evaluación de suelos**

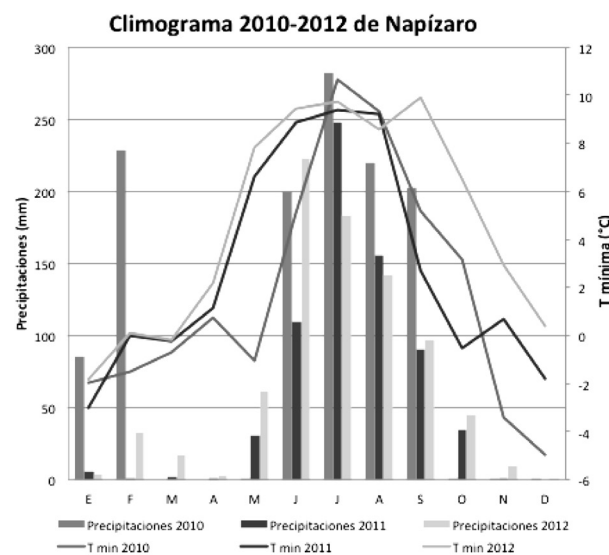
Las muestras se tomaron de los primeros 15 cm de suelo mineral en los mismos campos muestrados. El pH

del suelo se midió en una solución de agua:suelo, 1:10, agitada por 30 min. La material orgánica del suelo se determino mediante el método Walkley-Black (1934).

**RESULTADOS**

**Variabilidad climática**

Se registró la precipitación y temperaturas mínimas (para identificar los días con heladas) en los tres años en los que se llevó a cabo la investigación (Fig. 1). En el año 2011 la precipitación es considerablemente más baja de la media en meses críticos de siembra y crecimiento de la planta de maíz además se registran días con heladas tempranas en Octubre (Fig. 3b).



**Figura 1.** Precipitación pluvial y temperaturas mínimas registradas por la estación metereológica de CONAGUA en los años 2010, 2011 y 2012, Pátzcuaro, Michoacán.

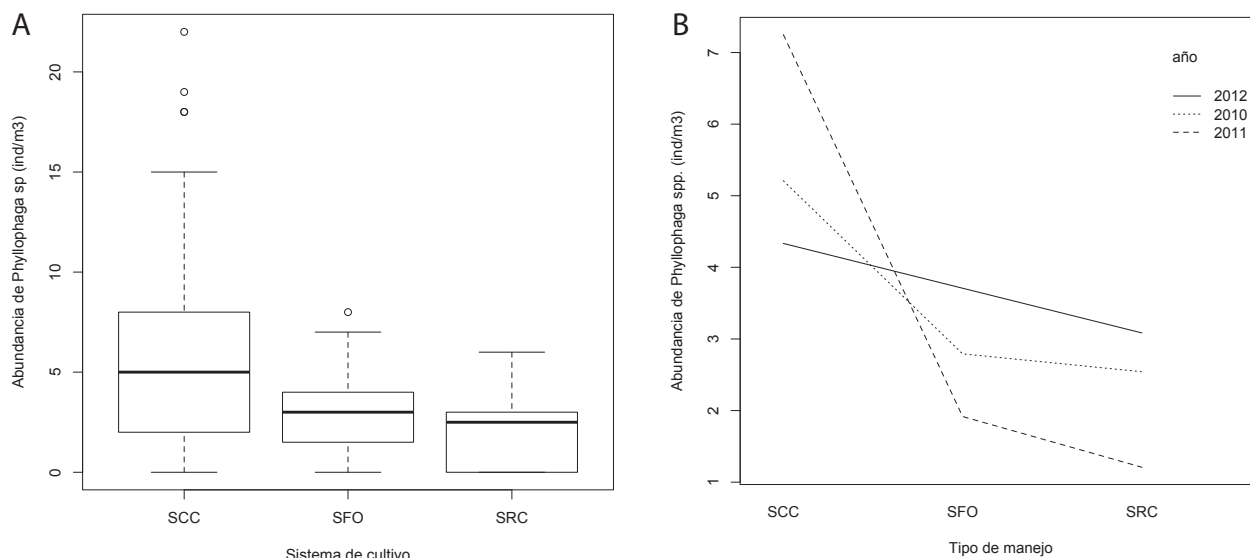
**Sistemas de manejo**

La tipología de los sistemas de manejo de la comunidad de Napízaro se muestra en la Tabla 1, donde se explican las principales características de cada uno de ellos. A diferencia de los agricultores bajo el SCC, que dependen exclusivamente de insumos químicos y de maquinaria, los agricultores bajo el SFO y el SRC utilizan tracción animal para preparar el suelo y hacer labores culturales, siembran otros cultivos además del maíz y fertilizan mayoritariamente con materiales orgánicos.

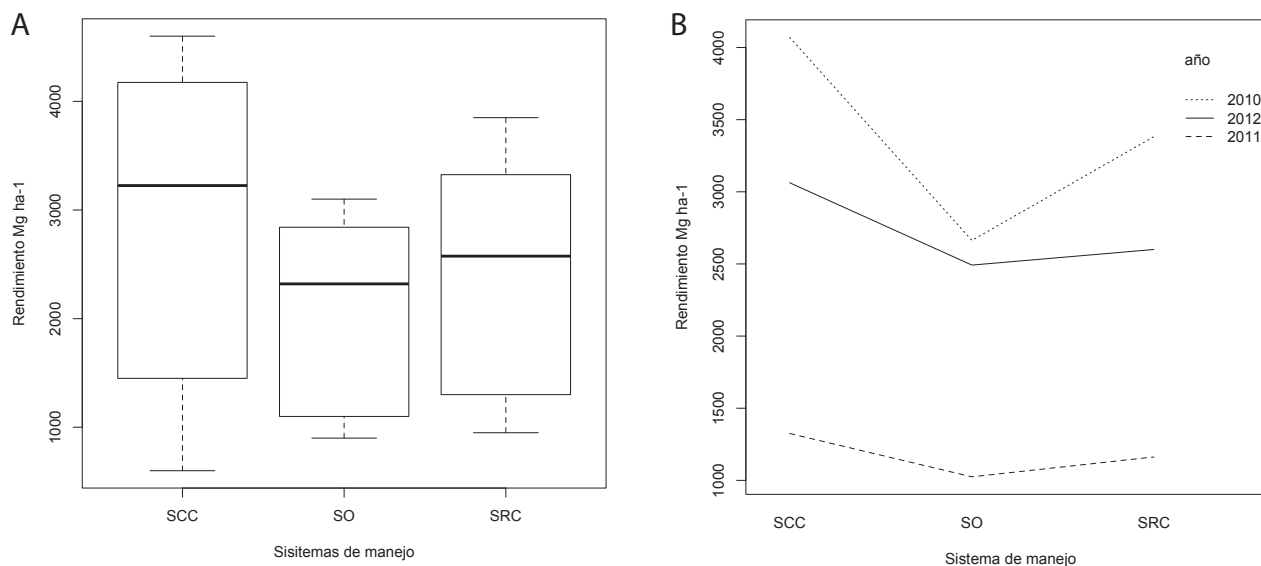
**Rendimiento, plagas y condiciones del suelo**

La incidencia de plagas mostró estar significativamente relacionada con el sistema de manejo. El sistema de manejo SCC fue el que presentó una abundancia mayor de *Phyllophaga* spp. ( $F_{2,12} = 7.29, p=0.008, \text{Fig. 2A}$ ) con respecto a SFO y SRC, durante los 3 años de estudio. A pesar de las diferencias climáticas entre años, no hubo un efecto significativo del año sobre la abundan-





**Figura 2.** Abundancia de *Phyllophaga* spp. en relación a los sistemas de manejo. A, Promedio de los tres años de muestreo por tipo de manejo. B, Promedio por año por tipo de manejo.



**Figura 3.** Rendimiento del maíz (Mg ha<sup>-1</sup>) en relación a los sistemas de manejo estudiados. A, Promedio de los tres años de muestreo por tipo de manejo. B, Promedio por año por tipo de manejo.

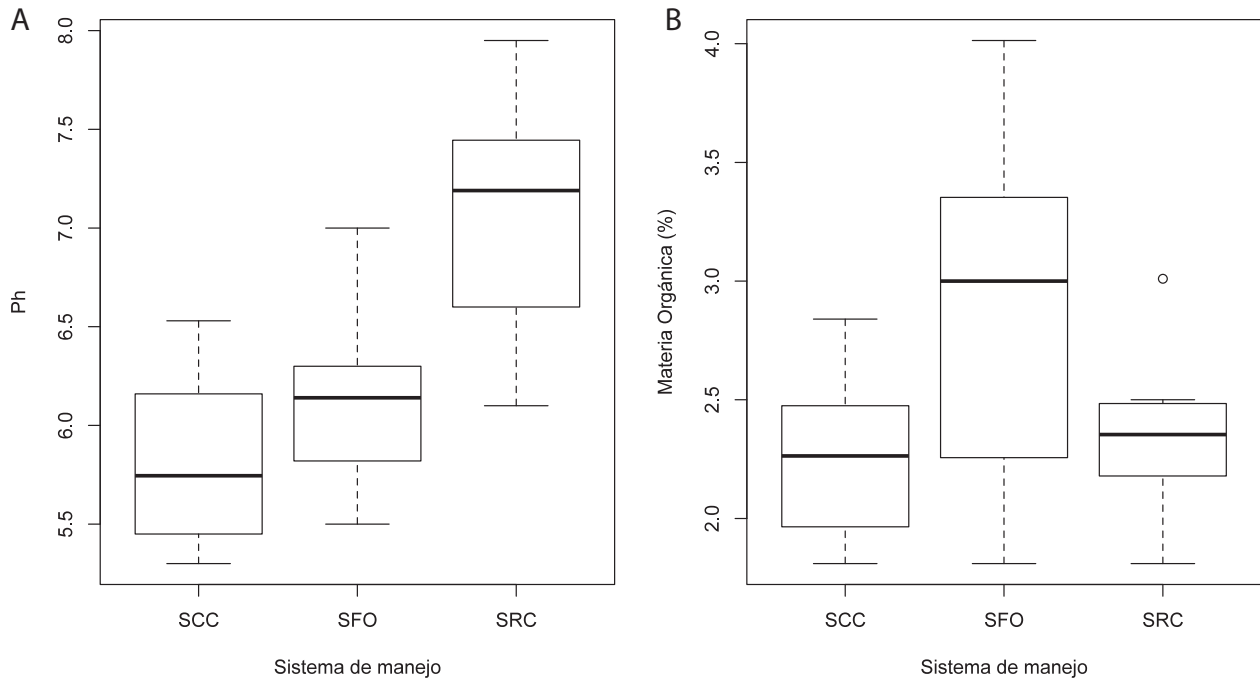
cia de plagas ( $p > 0.05$ ) ni tampoco hubo interacción del año con el sistema de manejo ( $p > 0.05$ ), sin embargo en 2011, en el año que hubo sequía, el sistema de manejo convencional tendió a presentar una mayor abundancia de gallina ciega (Fig. 2B).

El rendimiento de maíz por hectárea mostró un patrón similar al de las plagas, las parcelas con manejo convencional presentaron un rendimiento significativamente mayor ( $2819.17 \pm 413.13$  Mg ha<sup>-1</sup>) que las parcelas de rotación de cultivos ( $2060.04 \pm 242.6$  Mg ha<sup>-1</sup>) y orgánicas ( $2381.7 \pm 300.2$  Mg ha<sup>-1</sup>;  $F_{2,29} = 4.7$ ,  $p = 0.02$ ; Fig. 3A), no hubo diferencias entre años, pero en general en 2011 todos los sistemas produjeron menos (Fig. 3B).

Sin embargo al relacionar la abundancia de *Phyllophaga* spp. por parcela con el rendimiento de

ésta ( $F_{1,35} = 0.11$ ,  $p = 0.73$ ), no se observa una relación, es decir la producción de las plantas de maíz no estuvo relacionada con la presencia de la plaga, hubo parcelas con alto y bajo rendimiento y gran abundancia de *Phyllophaga* spp.

Los parámetros del suelo que se midieron únicamente en 2010 y 2012, muestran que el pH de las parcelas de rotación de cultivos ( $7.06 \pm 0.6$ ) es significativamente mayor que el pH de las parcelas de orgánicas ( $6.12 \pm 0.45$ ) y convencionales ( $5.81 \pm 0.43$ ;  $F_{2,18} = 20.89$ ,  $p < 0.001$ ), y esto es consistente en ambos años (interacción manejo: año no significativa). La materia orgánica en suelo fue mayor en las parcela orgánicas en ambos años con respecto a las parcelas convencionales y de rotación de cultivos ( $F_{2,18} = 3.88$ ,  $p = 0.04$ ).



**Figura 4.** A. pH. B. Materia orgánica de las parcelas correspondientes a los sistemas de manejo estudiados.

**DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

El estudio de los sistemas de cultivo de maíz en Napízaro entre 2010 y 2012 muestra una amplia gama de posibilidades que van desde la fertilización orgánica y de rotación de cultivos hasta un manejo convencional con fuerte utilización de insumos químicos externos. En la comunidad coexisten los diferentes sistemas de cultivo lo que permite evaluar las bondades y deficiencias de cada uno. En esta investigación encontramos que el sistema de manejo tiene una fuerte influencia sobre las condiciones del suelo de las parcelas y esto a su vez se ve reflejado en la incidencia de plagas, en particular de gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) y en el rendimiento del maíz en todos los años de estudio.

Las parcelas convencionales donde se utilizan herbicidas, insecticidas y fertilizantes fueron las que presentaron menores concentraciones de materia orgánica y un pH más ácido, lo cual se reflejó en una mayor incidencia de gallina ciega, por lo que los insumos químicos que se añadieron no repercutieron en una disminución en los insectos plaga en comparación con los sistemas de rotación y orgánicos donde no se controlaron las plagas con químicos externos. En otros estudios donde se ha comparado la incidencia de gallina ciega en sistemas de labranza de conservación y sistemas convencionales, se ha encontrado que contrario a nuestros resultados, los sistemas con labranza reducida y aumento de residuos agrícolas la abundancia de gallina ciega es mayor (Nájera y Valdéz 1997) así como en sistemas donde se utilizó abono verde y labranza cero (Pérez-Agis *et al.* 2004), en estos trabajos también se encontró que no solamente aumentan las poblaciones de gallina ciega

en los sitios con labranza reducida sino que también las poblaciones de otros insectos benéficos. Sin embargo en un estudio previo en Estados Unidos, Rivers *et al.* (1977) compararon la distribución de gallina ciega en una parcela infestada que cultivaron con labranza y con labranza cero y encontraron que la densidad de larvas alrededor de las plantas de maíz era significativamente mayor en los surcos con labranza que sin labranza y los autores lo adjudican a que los sitios sin labranza la gallina ciega se repartía entre el maíz y el pasto. De tal manera que no existe un consenso sobre el efecto de la fertilización y labranza en la abundancia de gallina ciega, particularmente porque la labranza no solamente afecta la abundancia de gallina ciega sino también la de otros artrópodos que pueden estar funcionando como control biológico (Clough *et al.* 2007).

Por otro lado, la mayoría de los trabajos solamente evalúa la abundancia de gallina ciega bajo diferentes esquemas de cultivo pero no cómo cambia el daño sobre el maíz dependiendo del sistema de manejo, por lo tanto resulta difícil hacer inferencias sobre la relación de la abundancia de la plaga con el desempeño de la planta. En un estudio donde se evaluaron el daño por gallina ciega en relación al tipo de fertilización (orgánica vs. química), Sosa *et al.* (2003) encontraron que la gallina ciega perjudicó en menor medida al maíz en las parcelas orgánicas debido a que las plantas tenían menor concentración de nitrógeno. En el caso de insectos plaga asociados al follaje, sí existe una evidencia más contundente en la disminución del daño foliar en cultivos orgánicos en comparación con los convencionales (revisado por Gomiero *et al.* 2011).

En el presente trabajo, para las parcelas convencionales, se puede inferir que la utilización de fertilizantes y herbicidas si cumplieron su función para incrementar la cosecha, mientras que los insecticidas solamente consiguieron reducir el número de gallinas ciegas por hectárea a los niveles de los otros sistemas de manejo, pero no lograron eliminarlas por completo, por lo que una modificación en los patrones de manejo podría ayudar a disminuir la incidencia de gallina ciega sin utilizar pesticidas y por lo tanto minorar los efectos ambientales y el gasto innecesario.

Para corroborar que los sitios donde se encontró una mayor abundancia de gallina ciega, son efectivamente los lugares de la planta con mayor daño, habría que evaluar directamente sobre las raíces de las plantas el daño causado y sus repercusiones sobre el desempeño de la planta de maíz.

### Variabilidad climática

En el presente trabajo se encontró que el año 2011 presentó una sequía importante (de registró 50% de la precipitación promedio, tanto en la precipitación total anual como en el mes de Junio que es el mes de siembra) y esto se vio reflejado en el rendimiento del maíz en todos los sistemas de manejo, como era de esperarse, la producción de maíz disminuyó para ese año. Sin embargo, cuando se evalúa la incidencia de gallina ciega en ese año en particular, se observa que el sistema de cultivo convencional presentó una mayor abundancia que el sistema de fertilización orgánica y que el de rotación de cultivos. Estos dos sistemas son más resilientes a este tipo de plaga ante los cambios drásticos de clima. Esta resiliencia podría ser fundamental para sostener la alimentación de la población humana en el largo plazo (Gomiero *et al.* 2011) puesto que las tendencias de cambio climático predichas presentan un panorama de muchas fluctuaciones y eventos extremos (Conde *et al.* 2006). Pareciera que la diversidad mostrada en las parcelas orgánicas y de rotación está permitiendo amortiguar los efectos de la sequía como se ha propuesto en otros trabajos (Altieri 1999, Astier *et al.* 2011). Para cuantificar el efecto directo de la gallina ciega sobre el maíz en situaciones extremas, habría que realizar experimentos controlados utilizando las condiciones de los sistemas de manejo estudiados en este trabajo.

Dada la situación crítica en la que se encuentra la agricultura en México, de degradación de los recursos agua y suelo a causa del exceso uso de agroquímicos y el monocultivo, resulta muy importante realizar estudios a profundidad y demostrar con evidencias las ventajas de los manejos diversificados. En particular, existen pocos estudios relacionados con la abundancia y daños ocasionados por las plagas en sistemas convencionales y diversificados, en el presente estudio encontramos que la abundancia de la gallina ciega es menor en los sistemas de fertilización orgánica y rotación de cultivos,

por lo que estos ofrecen una ventaja comparativa frente a los convencionales, en particular, en años con condiciones climáticas extremas.

### Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través del Fondo sectorial SEMARNAT-CONACYT 2008-0107918 y a la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), a la Fundación CENSA y la Fundación CSFUND bajo el proyecto „Identifying and understanding climate change resilient peasant farming systems in Latin America: disseminating resiliency principles among small farmers of the region“.

### Referencias

- Altieri MA. 1999. Applying agroecology to enhance the productivity of peasant farming systems in Latin America. *Environment, Development and Sustainability* 1: 197–217.
- Altieri MA. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93: 1–24.
- Altieri MA. 2004. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2: 35–42.
- Altieri MA, Masera O. 1993. Sustainable rural development in Latin America: building from the bottom-up. *Ecological Economics* 7: 93–121.
- Aragón GA, Morón MA 2000. Los coleópteros *Melolonthidae* asociados a la rizósfera de la caña de azúcar en Chietla, Puebla, México. *Folia Entomologica Mexicana* 108: 79–94.
- Argueta A, Ramírez A, Alonso P. 1982. El maíz en la cultura purépecha de Michoacán. Cuadernos 22, Culturas Populares-SEP. México.
- Argüello H, Morón MA. 1999. Guía ilustrada para identificación de especies de gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) presentes en las principales zonas agrícolas de Nicaragua. PROMIPAC–Nicaragua, Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.
- Arslan A. 2011. Shadow vs. market prices in explaining land allocation: Subsistence maize cultivation in rural Mexico. *Food Policy* 36: 606–614.
- Astier M, Barrera-Bassols N. 2007. Catálogo de maíces criollos de las Cuencas de Pátzcuaro y Zirahuén. GIRA, INE, INIFAP, SEDAGRO, UNAM, México.
- Astier M, Speelman EN, López-Ridaura S, Masera OR, Gonzalez-Esquivel C.E. 2011. Sustainability indicators, alternative strategies and trade-offs in peasant agroecosystems: analysing 15 case studies from Latin America. *International Journal of Agricultural Sustainability* 9: 409–422.



- Banco Mundial, 2008. Informe sobre el desarrollo mundial 2008. Agricultura para el desarrollo. Washington D.C.
- CIP-UPWARD. 2003. Agricultural biodiversity: farmers sustaining the web of life, in: Conservation and Sustainable Use of Agricultural Biodiversity. GTZ, IDRC, IPGRI y SEARICE.
- Clapp RA. 1998. Regions Of Refuge and the Agrarian Question: Peasant Agriculture and Plantation Forestry in Chilean Araucania 26: 571–589.
- Cleveland DA, Soleri D. 2005. Rethinking the Risk Management Process for Genetically Engineered Crop Varieties in Small-scale, Traditionally Based Agriculture. *Ecology and Society* 10(1):9.
- Clough Y, Holzschuh A, Gabriel D, Purtauf T, Kleijn D, Kruess A, Steffan-Dewenter I, Tscharntke T. 2007. Alpha and beta diversity of arthropods and plants in organically and conventionally managed wheat fields. *Journal of Applied Ecology* 44: 804–812.
- Conde C, Ferrer R, Orozco S. 2006. Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study. *Atmósfera* 19: 181–194.
- Eakin H. 2001. Crop Choice as Adaptation to Climatic Risk in Central Mexico. Open Meeting of the Global Environmental Change Research Community, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brazil.
- ECLAC (Economic Commission for Latin America and the Caribbean). 2009. The Outlook for Agriculture and Rural Development in the Americas: A Perspective on Latin America and the Caribbean, ECLAC-IICA-FAO, Santiago, Chile.
- Espinosa-Islas A, Morón MA, Sánchez H, Bautista N, Romero J. 2005. Complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) asociado con céspedes en Montecillos, Texcoco, Estado de México. *Folia Entomológica Mexicana* 44(2):95-107.
- FAO. 2009. La FAO en México. Más de 60 años de cooperación 1945-2009.
- FAO y BID. 2007. Políticas para la Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe. Soto Baquero, F., Rodríguez Fazzone, Marcos Falconi, C. (Eds.), Santiago, Chile.
- Fisher CT, Pollard HP, Israde-Alcántara I, Garduño-Monroy, VH, Banerjee SK. 2003. A reexamination of human-induced environmental change within the Lake Pátzcuaro Basin, Michoacán, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 100: 4957–4962.
- Gomiero T, Pimentel D, Paoletti MG. 2011. Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices Conventional vs. Organic Agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30:95–124.
- Hoeggel U, Giger M. 2011. El potencial de la agricultura campesina para la mitigación del cambio climático. Centro de Desarrollo y Medio Ambiente (CDE), Suiza.
- Kato TÁ, Mapes C, Mera LM, Serratos JA, Bye RA. 2009. Origen y diversificación del maíz. Una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Letourneau DK, Goldstein B. 2001. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. *Journal of Applied Ecology* 38: 557–570.
- Liverman D.M. 1992. The regional impacts of global warming in Mexico: Uncertainty, Vulnerability and Response. pp. 44-68 in J. Schmandt and J. Clarkson eds. *The Regions and Global Warming*. Oxford University Press, UK.
- Mapes C, Toledo VM, Barrera N, Caballero C. 1994. La agricultura en una región indígena: la cuenca del lago de pátzcuaro, in: Rojas Rabiela, T. (Ed.), *Agricultura indígena, pasado y presente*. CIESAS, México.
- Morón MA. 1986. El género *Phyllophaga* en México: morfología, distribución y sistemática supraespecífica (*Insecta: Coleoptera*). Instituto de Ecología. México. Publicación 19.
- Morón A, Hernández S, Ramírez A. 1996. El complejo gallina ciega (*Coleoptera: Melolonthidae*) asociado con la caña de azúcar en Nayarit, México. *Folia Entomológica Mexicana* 98:1-44.
- Morón MA. 2003. Diversidad, distribución e importancia de las especies de *Phyllophaga Harris* en México (*Coleoptera: Melolonthidae*). In: A. Aragón G., M. A. Morón, A. Marín J. (Eds.). *Estudios sobre coleópteros del suelo en América*. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp: 1-27.
- Nájera MB. 1993. Coleópteros rizófagos asociados al maíz de temporal en el Centro del Estado de Jalisco México. *Diversidad y manejo de plagas subterráneas*, publicación especial de la Sociedad Mexicana de Entomología e Instituto de Ecología, Jalapa, México. pp.143-154.
- Nájera M, Valdez L. 1997. Efectos de los métodos de labranza y cobertura vegetal sobre macrofauna edáfica asociada al maíz de temporal. pp.65-76. In: *Avances de investigación en labranza de conservación*. Libro Técnico 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-PRODUCE. Morelia, Michoacán, México.
- Pacheco C, Castro-Ramírez AE, Morón MÁ, Gómez y Gómez B. 2008. Fauna de Melolontidos (*Coleoptera: Scarabaeoidea*) asociados al maíz (*Zea mays* L.) en los Altos de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 24: 139–168.
- Pajares S, Gallardo JF. 2010. Impacto de prácticas de manejo agrícola sobre la distribución de nitróge-

- no orgánico en un Acrisol. *Terra Latinoamericana* 28: 165-175
- Paré L, Robinson D, González MA. 2005. Gestión de Cuencas y Servicios ambientales. Perspectivas comunitarias y ciudadanas. RAISES, INE, SEMARNAT, PNUMA, ITACA (Eds.). Mexico.
- Pérez-Agis E, Morón MA, Nájera-Rincón MB, López-Barbosa E, Vázquez-García M. 2008. Análisis de diversidad del complejo "Gallina ciega" (Coleoptera: Melolonthidae) en dos sistemas de producción tradicional de maíz en la región Purhépecha, Michoacán. *Acta Zoológica Mexicana* 24(1): 221-235.
- Pérez-Agis E, Vázquez-García M, González-Eguiarte D, Pimienta-Barrios E, Nájera-Rincón MB, Torres-Morán P. 2004. Sistemas de producción de maíz y población de macrofauna edáfica. *Terra Latinoamericana* 22(3): 335-341.
- Ramírez-Salinas C, Morón MA, Castro A. 2000. Descripción de los estados inmaduros de seis especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) de la región Altos de Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana* 109:73-106.
- Ríos RF, Romero S. 1982. Importancia de los daños al maíz por insectos del suelo en el estado de Jalisco, México (Coleoptera). *Folia Entomológica Mexicana* 52: 41-60.
- Rivers RL, Pike KS, Mayo ZB. 1977. Influence of Insecticides and Corn Tillage Systems on Larval Control of *Phyllophaga anxia*. *Journal of Economic Entomology* 70 (6): 794-796.
- Ruiz-Corral JA et al 2011. Cambio climático y sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2: 309-323.
- Seefoó Luján JL. 2008. Desde los colores del maíz: una agenda para el campo mexicano, Volumen 2. El Colegio de Michoacán.
- SEMARNAT. 2007. ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. SEMARNAT (Ed.). México.
- Sosa S, Moraes H, Mac Vean C, Schuster J. 2003. Relación entre los fertilizantes químico y orgánico y las larvas de gallina ciega en cultivos de maíz en el altiplano guatemalteco. VII Congreso de la Sociedad Mesoamericana de Biología y conservación. Tuxtla Guitérrez, México, noviembre 2003
- Toledo VM. 2010. La Biodiversidad de México: Inventarios, Manejos, Usos, Informática, Conservación E Importancia Cultural. Fondo de Cultura Económica, México.
- Trueba I, MacMillan A. 2011. How to End Hunger in Times of Crises, first ed. UPM Press, Madrid.