

**INFORME
FINAL
ETAPA 2**

mayo

2012

Evaluación del impacto ecológico del cultivo de aguacate a nivel regional y de parcela en el Estado de Michoacán: validación de indicadores ambientales en los principales tipos de producción

Morelia, Michoacán

Grupo de trabajo

Dra. Mayra Elena Gavito Pardo (Responsable del proyecto, CIEco, UNAM)

Dra. Marta Astier Calderón (Investigadora corresponsable del proyecto, CIGA, UNAM)

M.C. Juan Martínez Cruz (Especialista en Sistemática de plantas, CIEco, UNAM)

Dr. Ricardo Ayala Barajas (Especialista en Sistemática de abejas. I. Biología, UNAM)

M. C. Enrique Ramírez García (Especialista en Sistemática de moscas. I. Biología, UNAM)

Personal contratado para el proyecto

M. C. Yair Merlín Uribe (Técnico coordinador de tiempo completo)

Lic. Laura Villamil Echeverri (Técnico asistente temporal de tiempo completo)

QFB. Ana Lidia Sandoval Pérez (Asistente temporal de laboratorio)

Estudiantes participantes

Jean Arnaud García Brulé (tesis de licenciatura. Implementación de prácticas para mejorar la cobertura vegetal y reducir la erosión)

Sesangare Campos Quintana (tesis de licenciatura. Implementación de prácticas para conservar biodiversidad vegetal y sus servicios ambientales)

1. Introducción

El sistema producto aguacate (*Persea americana*) es el principal cultivo de Michoacán ya que reúne a más de 20,000 productores y abarca más de 86,000 hectáreas en el Estado (COMA, 2007; Barcenas y Aguirre, 2005). La superficie dedicada a este cultivo cada año aumenta considerablemente. Aunque la cada vez mayor producción destinada a la exportación se encuentra bajo estrictos regímenes de regulación para la inocuidad y sanidad de la fruta que sale del país, en la huerta como en el empaque dichos mecanismos de control no incluyen la regulación de tipo ambiental además de que muchos estudios apuntan a que existen buenas y malas prácticas de manejo para la producción de este frutal. Debido a lo anterior un grupo de productores del estado se acercaron a la UNAM, Campus Morelia, para hacer una evaluación del impacto de la producción de aguacate en el medio ambiente.

Los problemas en el medio ambiente que se suelen presentar en los sistemas agrícolas tienen que ver con la degradación de los suelos, el uso ineficiente de agua y energía y la contaminación de suelo y agua. Los agroecosistemas al ser ecosistemas intervenidos y demandantes de insumos externos, son sistemas donde el manejo que se haga de los recursos tanto como externos es fundamental para su mantenimiento y sostenibilidad. A grandes rasgos, existen dos manejos de los sistemas productivos de acuerdo al uso de insumos: la agricultura orgánica y la convencional. La agricultura orgánica se puede definir como un sistema de gestión de explotaciones agrícolas que implica la restricción de los fertilizantes y pesticidas sintéticos, donde estas prácticas han sido reemplazadas por el uso de agregados provenientes de la preparación de la materia orgánica (Baillieux y Scharpe, 1994; citado por Lampikin, et al., 1999; Pacini, et al., 2003). Por su parte, los sistemas productivos convencionales están fundamentados en el modelo de revolución verde, el cual está basado en una alta productividad del sistema a base de la utilización de insumos artificiales como fertilizantes, plaguicidas y herbicidas sintéticos. Además se les encuentra asociado al uso de maquinaria y de monocultivo. Al parecer el impacto que las prácticas agrícolas ejercen sobre la biodiversidad depende del uso de los insumos como los pesticidas y del manejo de los componentes del ecosistema como las herbáceas, ya que a la agricultura orgánica se le encuentra más asociada con mayor biodiversidad (Gabriel y Tschardtke, 2007) y a la agricultura convencional se le atribuye pérdida de suelo, aumento de incidencia de plagas y enfermedades, alta demanda de recursos energéticos y pérdida de biodiversidad (Tilman, 1998).

Llama la atención la poca información que existe en la literatura nacional e internacional sobre los impactos en el medio ambiente de la producción del aguacate. Por lo mismo resulta muy pertinente la demanda hecha por los agricultores y los resultados del primer año ya nos permitieron detectar elementos importantes y particulares de la franja aguacatera de Michoacán para robustecer nuestro estudio de impacto y ubicar la problemática ambiental a considerar en el estado. El análisis realizado en la primera etapa por el componente uno de los tres proyectos que se realizaron en el 2010 para evaluar el impacto ecológico del aguacate demostró que la expansión del cultivo continúa a una tasa cada vez más acelerada y reemplazando más cobertura forestal original (<http://lae.ciga.unam.mx/aguacate/sub1>), mientras que el componente dos para definir una tipología de productores dentro de la franja aguacatera de Michoacán (<http://lae.ciga.unam.mx/aguacate/sub2>) mostró que existen muchas diferencias entre las huertas y los productores que los hacen ser mucho más variados y complejos en cuanto a su impacto ecológico potencial que la simple división de convencionales y orgánicos. En la primera etapa del componente tres, que es el que realizamos a nivel de la parcela o huerta, se evaluaron algunos indicadores en cinco áreas de impacto ecológico: agua, biodiversidad, energía, contaminación y degradación de suelos. Los problemas principales detectados en mayoría de las huertas fueron erosión, exceso de fertilización y mal manejo de la cobertura del suelo, los cuales se derivaron de seis elementos de diagnóstico:

- 1) problemas de erosión
- 2) baja calidad del suelo por exceso de fertilización
- 3) pérdida de riqueza de plantas y sobretodo de dicotiledóneas
- 4) pérdida de riqueza de visitantes florales y acarreadores de polen
- 5) baja eficiencia energética, sobretodo en fertilización y control de plagas
- 6) contaminación del agua saliente con derivados de los adherentes de las aspersiones foliares

Estos resultados se presentaron a los productores y la mayoría estuvieron muy interesados en conocer la evaluación de sus huertas y en mejorar los indicadores que salieron negativos. Se discutió y planeó con ellos la implementación de prácticas alternativas en sus huertas.

Por lo tanto, para la etapa 2 se propuso prolongar el monitoreo de las variables que arrojaron los diagnósticos por un año más para robustecer la evidencia disponible sobre los impactos negativos, pero también se propuso empezar ya a implementar acciones en las huertas para buscar mejores prácticas que reduzcan el impacto ambiental en base al diagnóstico. La implementación de dichas acciones implicó por ende un nuevo proceso de

evaluación para determinar si la práctica propuesta de mejoramiento tuvo los resultados esperados.

En esta segunda etapa concentramos el esfuerzo en 1) seleccionar la lista final de los mejores indicadores de impacto ambiental a partir de las variables medidas en los dos años y a través de los resultados de las encuestas, para finalmente crear una herramienta de evaluación que permita hacer un seguimiento constante de la producción aguacatera y proyectar su impacto hacia el futuro con las herramientas metodológicas y adecuadas (generadas en los subcomponentes 1 y 2 de este proyecto) y 2) diseñar e implementar un grupo de mejores prácticas para escoger las más sencillas y con mejores resultados de modo que los productores conozcan algunas alternativas y acciones para reducir el impacto ambiental de su producción.

Las prácticas alternativas que puedan disminuir el impacto ecológico y efficientizar el uso de recursos en su tipo de producción también pueden beneficiar 1) a los productores económicamente, al reducir el gasto de insumos externos y efficientizar el uso de los recursos en la parcela, 2) a la sociedad en general, al reducir el daño ecológico, los costos de rescate ecológico, el daño a la salud y la pérdida de servicios ambientales y 3) al ambiente, que al ser menos degradado por la producción mantendrá sus procesos ecológicos en mejor estado y brindará la posibilidad de sostener la producción aguacatera a largo plazo dando empleo a muchas generaciones.

2. Objetivo general:

Generar un diagnóstico ambiental de la región a la parcela de los sistemas aguacateros en el cluster de Michoacán.

2.1. Objetivos particulares de la etapa:

- Continuar el monitoreo para robustecer la selección y formulación de los mejores indicadores de impacto ecológico, depurando los indicadores preseleccionados de la etapa uno para generar una herramienta de evaluación ambiental que permita monitorear el impacto de las huertas.
- Diseñar e implementar junto con los productores prácticas alternativas para mejorar los indicadores negativos de sus huertas y eventualmente proponer a los productores de aguacate el uso de estas prácticas ya validadas y exitosas en campo

3. Diseño experimental y de las encuestas

En la primera etapa se evaluaron algunos indicadores en cinco áreas de impacto ecológico solicitadas por los productores: agua, biodiversidad, energía, contaminación y degradación de suelos, en 45 huertas cooperantes. En esta segunda etapa se trabajó con un grupo más pequeño de huertas en las que se concentró el esfuerzo ya sea en continuar el monitoreo de algún indicador o bien en la implementación de alguna práctica alternativa para mejorar un indicador que resultó negativo en la evaluación de la primera etapa.

Para facilitar la comprensión de las huertas en las que se trabajó, se detallan las huertas del diseño en la sección dedicada a cada indicador.

Figura 1. Mapa de localización de las huertas en el estado de Michoacán

Huertas de productores cooperantes
Subproyecto 3

Leyenda
Huertas Folios

- | | | | |
|---|----|---|----|
|  | 1 |  | 22 |
|  | 2 |  | 23 |
|  | 3 |  | 24 |
|  | 4 |  | 25 |
|  | 5 |  | 26 |
|  | 6 |  | 27 |
|  | 7 |  | 28 |
|  | 8 |  | 29 |
|  | 9 |  | 30 |
|  | 10 |  | 31 |
|  | 11 |  | 32 |
|  | 12 |  | 33 |
|  | 13 |  | 34 |
|  | 14 |  | 35 |
|  | 15 |  | 36 |
|  | 16 |  | 37 |
|  | 17 |  | 38 |
|  | 18 |  | 39 |
|  | 19 |  | 43 |
|  | 20 |  | 44 |
|  | 21 | | |

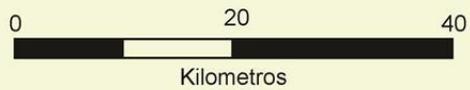
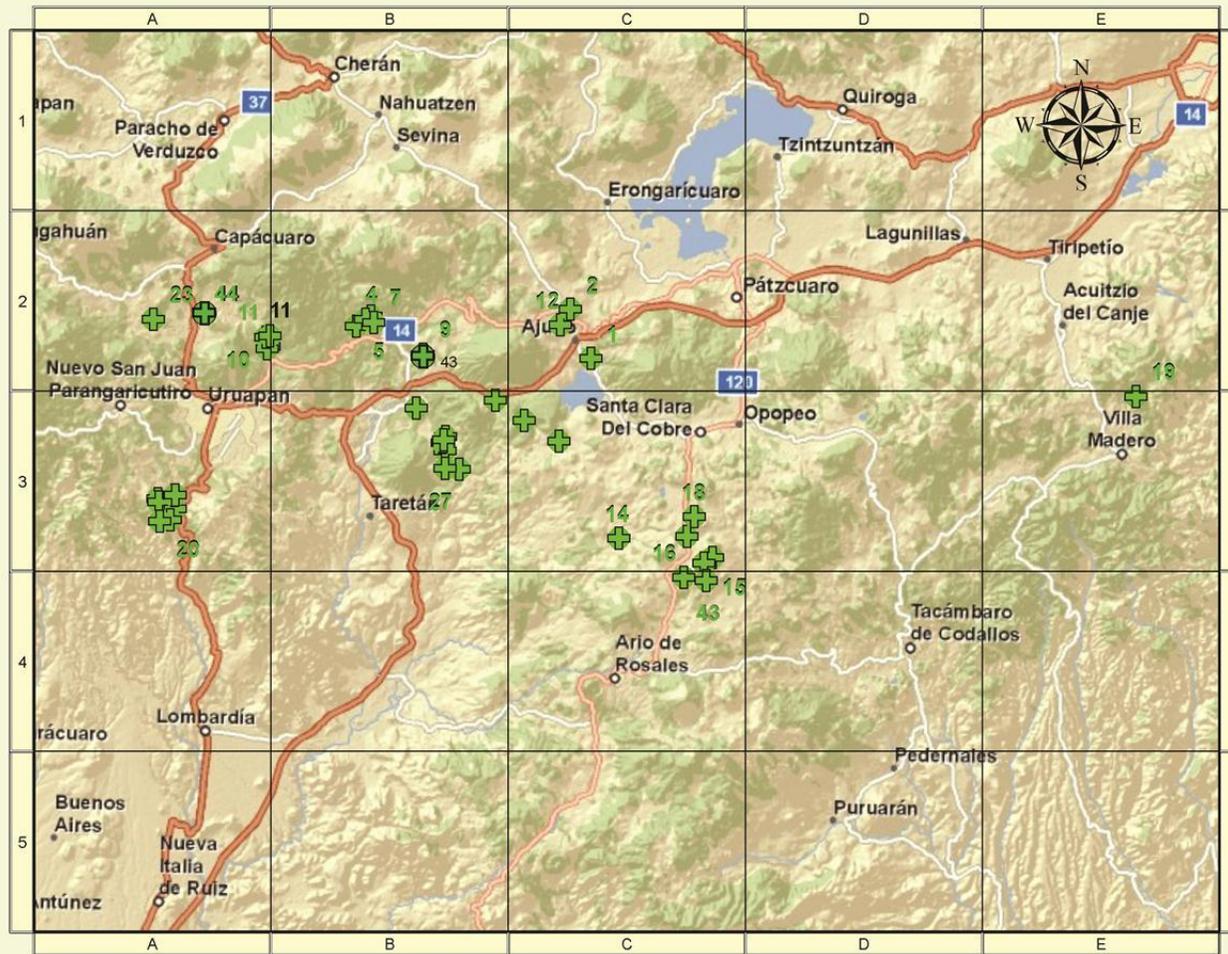


Tabla 1. Indicadores estudiados en la etapa uno

Aplicación de encuestas, estimaciones basadas en literatura especializada y **medición directa de los indicadores en color verde**

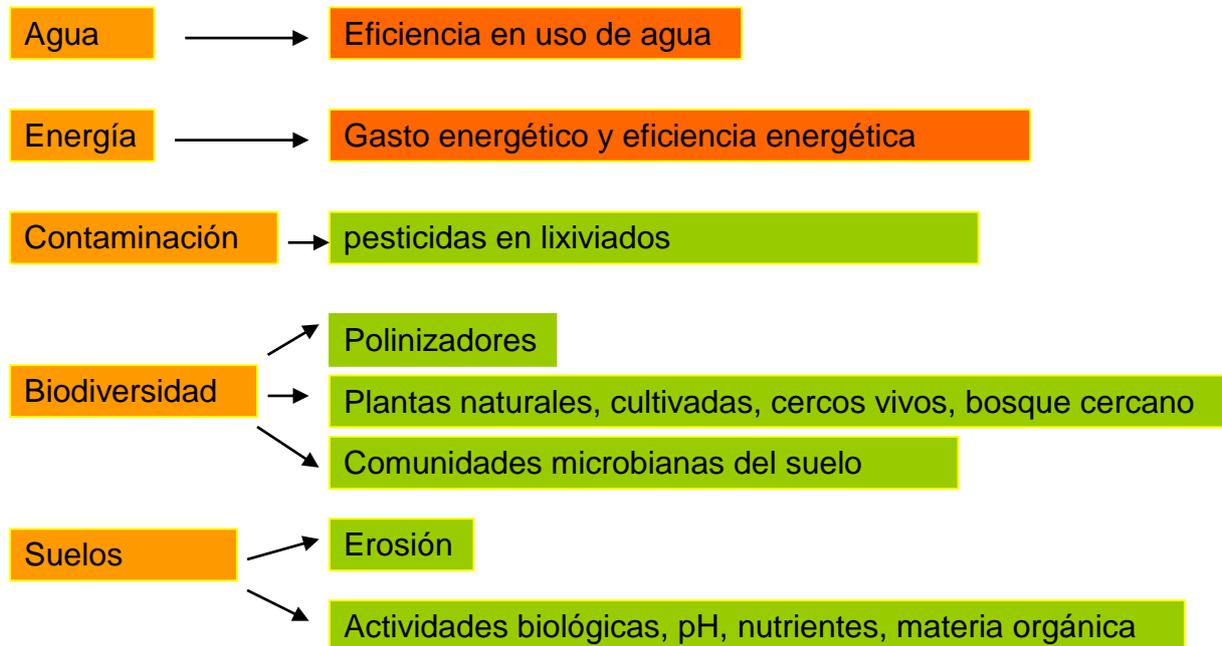
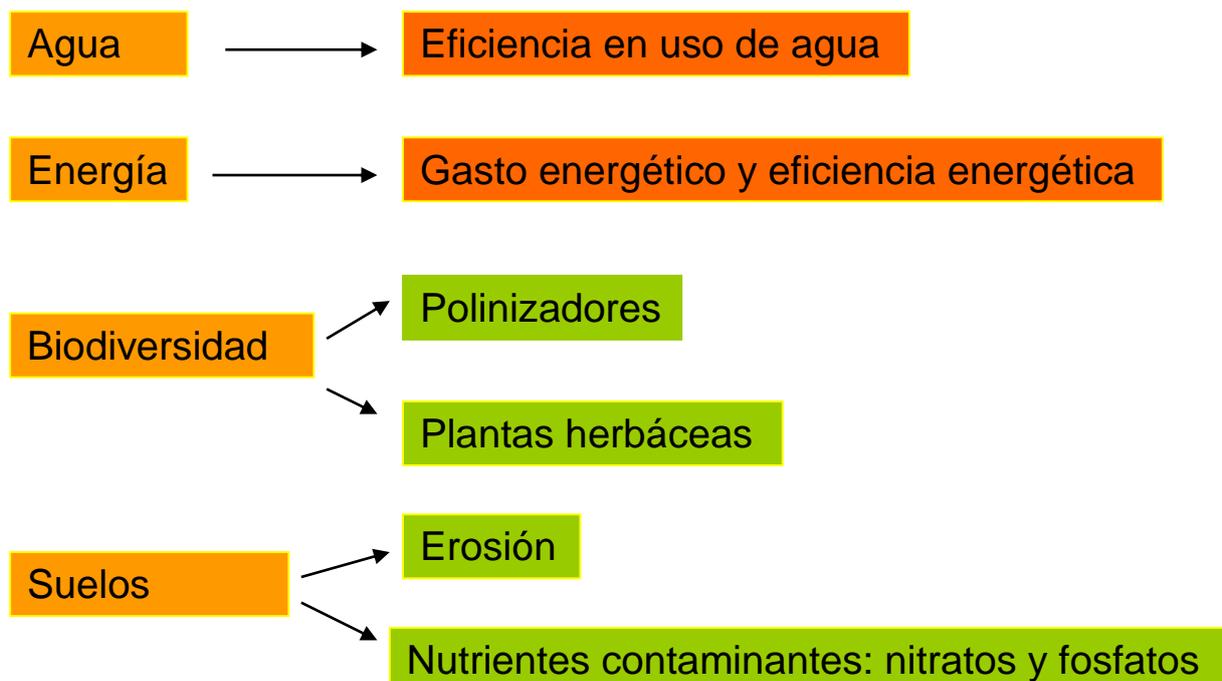


Tabla 2. Indicadores seleccionados para la etapa dos



ÁREA 1: Degradación de suelos

El suelo es el recurso básico para la producción en campo abierto. La pérdida de suelo depende de varios factores, entre ellos la precipitación, el tipo de suelo, el tipo de cultivo, la pendiente, las prácticas de conservación, etc. (Wischmeier y Smith, 1978). La desaparición del suelo trae como consecuencia la reducción de la capa efectiva de suelo para crecimiento vegetal, pérdida de nutrientes y materia orgánica, reducción de la velocidad de infiltración del agua y del agua disponible para las plantas (Lal, 2001). Esto sin considerar los daños *ex situ* por reducción de la calidad del agua que escurre, la deposición de sedimentos, la contaminación difusa de agroquímicos y el encostramiento (Lal, 1998).

Sin embargo, aunque el suelo no se pierda físicamente del lugar, puede perder su calidad o sus funciones por un manejo equivocado. El concepto de calidad del suelo surgió en los 1990s como la capacidad de un tipo de suelo específico para funcionar dentro de límites naturales o de manejo, para mantener la productividad animal y vegetal, mantener o mejorar la calidad del agua y del aire y mantener la vida humana (Karlen et al., 1997). Definir la calidad de suelo y sus posibles alteraciones no resulta nada trivial considerando la complejidad y la interconectividad de las funciones en el suelo, por lo que es necesario hacer una evaluación adecuada seleccionando el grupo de las variables más informativas y sólidas, las cuales seguramente dependen de cada contexto y deben ser evaluadas para cada caso (Andrews y Carroll, 2001).

1.1. Erosión

El suelo es el recurso básico para la producción agrícola por lo tanto es considerado un recurso base susceptible a ser degradado o perdido, esta pérdida depende de varios factores, entre ellos la precipitación, el tipo de suelo, el tipo de cultivo, la pendiente, las prácticas de conservación, la cobertura vegetal etc. (Wischmeier y Smith, 1978). La

desaparición del suelo trae como consecuencia la reducción de la capa efectiva de suelo para crecimiento vegetal, pérdida de nutrientes y materia orgánica, reducción de la velocidad de infiltración del agua y del agua disponible para las plantas (Lal, 2001). Esto sin considerar los daños ex situ por reducción de la calidad del agua que escurre, la deposición de sedimentos, la contaminación difusa de agroquímicos y formación de costras (Lal, 1998). Los principales agentes de degradación física del suelo son el viento y el agua, ambos asociados al proceso de erosión. Según Blanco y Ratan (2008), la erosión hídrica afecta cerca de 1,100 millones de hectáreas en todo el mundo, lo cual representa el 58% del total de los impactos negativos al suelo. Este proceso puede presentarse básicamente en cuatro formas, por impacto directo de las gotas de riego o lluvia, por flujo laminar del agua, por formación de riachuelos, fomento por presencia de quebradas, o por flujos subterráneos en túneles. Cada uno de estos procesos tiene sus características, sin embargo la erosión hídrica superficial esta muy relacionada a la intensidad de la precipitación, la topografía, las propiedades del suelo y a la cubierta vegetal. La vegetación que cubre el suelo, reduce o evita la erosión por medio de interceptación, adsorción y reducción de la energía de la escorrentía y gotas de lluvia. La morfología de las plantas (altura, tipo de follaje) determina que tan efectiva es la protección de suelo. Otra propiedad de la vegetación es la hojarasca, la cual genera un colchón efectivo para disminuir la velocidad de las gotas de lluvia, incrementa la rugosidad del suelo y disminuye la velocidad de desplazamiento, al tiempo que filtra las partículas de suelo durante la escorrentía. La vegetación densa y de corta altura es más efectiva que la vegetación alta y dispersa por lo tanto a mayor densidad del follaje y mayor grosor de la hojarasca en el suelo, mayor es la eficiencia de protección que brinda la vegetación como cobertura al suelo (Blanco y Ratan, 2008). En los sistemas productivos la erosión del suelo no solo implica la pérdida del recurso, sino que esta

pérdida también tiene implicaciones económicas y de salud pública si se considera que con el suelo también se mueven o pierden los nutrientes, aplicados a los cultivos generalmente en forma de granulados o abonos orgánicos. Si la escorrentía es muy fuerte, estos nutrientes son lavados y vertidos a corrientes superficiales como ríos o son lixiviados al subsuelo, lo cual puede constituir una fuente de contaminación del agua (Schwab et al., 1993).

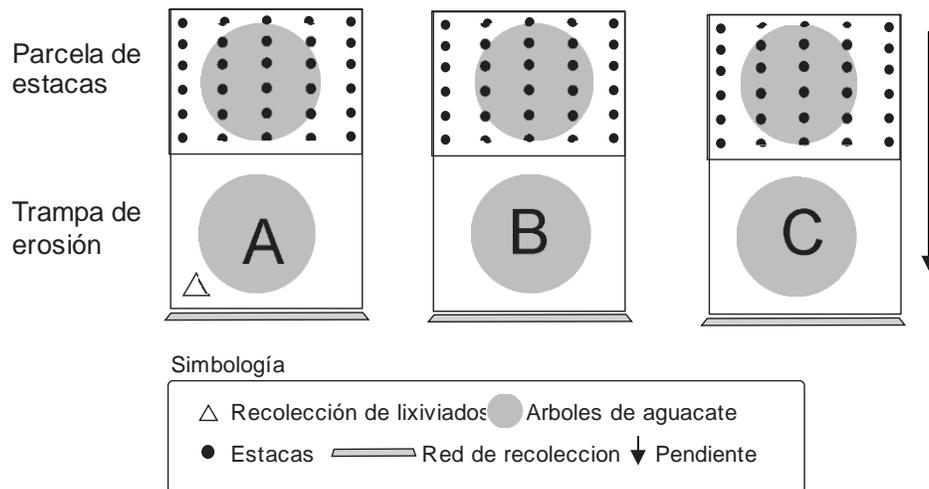
En el presente proyecto se cuantificó la erosión hídrica asociada al cultivo de aguacate en la franja aguacatera de Michoacán. Este monitoreo incluyó una serie de estrategias de manejo de coberturas vegetales para disminuir la erosión. El objetivo en este apartado fue cuantificar la erosión en huertas de aguacate ubicadas entre los 1500 y 2400 msnm. Cuantificar la erosión asociada a huertas de aguacate con y sin chaponeo de herbáceas y con y sin poda del follaje. Determinar si existe una relación entre los atributos tipo de cobertura y la cantidad de suelo erosionado.

Metodología

La pérdida física del suelo se evaluó con dos métodos, uno que cuantifica el peso de suelo perdido de un área determinada y otro que cuantifica y muestra las zonas de donde se está perdiendo el suelo en un área vecina del mismo tamaño. Se instalaron 34 trampas de erosión y 34 parcelas de estacas en 22 huertas, cubriendo dos rangos altitudinales (de 1500 a 2200 msnm y 2200 a 2400msnm) y dos rango de edad (de 5 a 10 años y de 18 años en adelante). Las trampas tuvieron un área de captación de $8 \times 10 = 80 \text{ m}^2$, con una malla limitando el borde superior y otra limitando el borde inferior en dirección de la pendiente (Robichaud y Brown 2002). Se colocó una trampa en una zona representativa de la huerta y se colectó, secó y pesó mensualmente el material retenido en la malla inferior (Figura 5).

En un área vecina se instaló el sistema de estacas marcadas al nivel original del suelo en una parcela igual y paralela a las trampas de erosión (Vanwelleghem et al., 2010). Se colocaron las estacas en una cuadrícula de 2 x 2 m, con un total de 30 estacas en un área de 80 m². Se midió el cambio de nivel utilizando una marca de referencia en las estacas. Así mismo, se registro de forma sistematizada los incrementos y decrementos de nivel del suelo y observaciones sobre el manejo u otros factores que pudieran incidir en el nivel del suelo. Estas mediciones se realizaron de forma mensual. Se determinó la pendiente del terreno en donde se ubico la trampa y las parcelas.

En un grupo de 6 huertas (3 con manejo orgánico y 3 con manejo convencional) se instalaron 3 parcelas de estacas y tres trampas de erosión por huerta, en las cuales se experimento con el chaponeo (corte de malezas) y la cobertura del follaje (poda de mantenimiento). Los tres tratamientos fueron: Tratamiento a: sin poda de follaje y sin chaponeo, tratamiento b: con poda del follaje y con chaponeo y tratamiento c: con poda del follaje y sin chaponeo.



Tratamientos en trampas de erosión

| Tipo | A | B | C |
|----------|--------------|---------------|--------------|
| Chaponeo | Según manejo | Con chaponeo* | Sin chaponeo |
| Poda | Según manejo | Con poda* | Con poda* |

* Esta actividad se realizará cada dos meses

Figura 2. Diagrama ilustrativo de los tratamientos para reducir la erosión establecidos en cada huerta.

Resultados.

Monitoreo de erosión en parcelas de estacas.

El nivel de suelo de las parcelas de estacas registró intenso movimiento, este movimiento fue atribuido a incrementos y decrementos en el nivel del suelo por aplicación de abonos,

movimiento de tierra por cajeteo o chaponeo y la actividad de las tusas al extraer el suelo. De las 810 estacas distribuidas en 27 parcelas que se monitorearon, el 40% presentó algún tipo de alteración, de estas el 19% se registró como alteraciones asociadas al manejo, el 6% alteraciones asociadas a tusas y el 15% fueron rotas durante el periodo monitoreo (Agosto – Noviembre). La máxima erosión en el grupo de parcelas de estacas se registro durante el mes de agosto con 150.55 cm/80 m² y la mínima en octubre con 100.8 cm/80 m².

La parcela que más erosión presentó (60 cm/80 m²) fue la de una huerta convencional de 20 años con aplicación de herbicidas como control de herbáceas y la que menos presentó (0.2 cm/80 m²) fue la de una huerta convencional de 37 años de edad con chaponeos cada 4 meses como control de herbáceas (fig. 1). Las huertas maduras presentaron la mayor erosión promedio (fig. 2), este tipo de huertas tienen la característica de mantener una cobertura de hojarasca en el suelo que promovida por un follaje ancho y dosel cerrado, inhibe el crecimiento de las herbáceas, condición que mantiene el suelo seco y particulado. Este tipo de cobertura es eficaz para disminuir la fuerza de impacto de la lluvia pero promueve un flujo laminar que arrastra el suelo de forma casi imperceptible. En la figura 2 también se muestra que las parcelas que mayor erosión presentaron fueron las ubicadas en huertas orgánicas, esta tendencia puede ser el resultado de una combinación de falta de herbáceas que retengan el suelo y la aplicación excesiva de abonos (estiércol, harina de roca, ceniza de caña etc.), los cuales podrían no ser asimilados lo suficientemente rápido como para no ser arrastrados por la escorrentía.

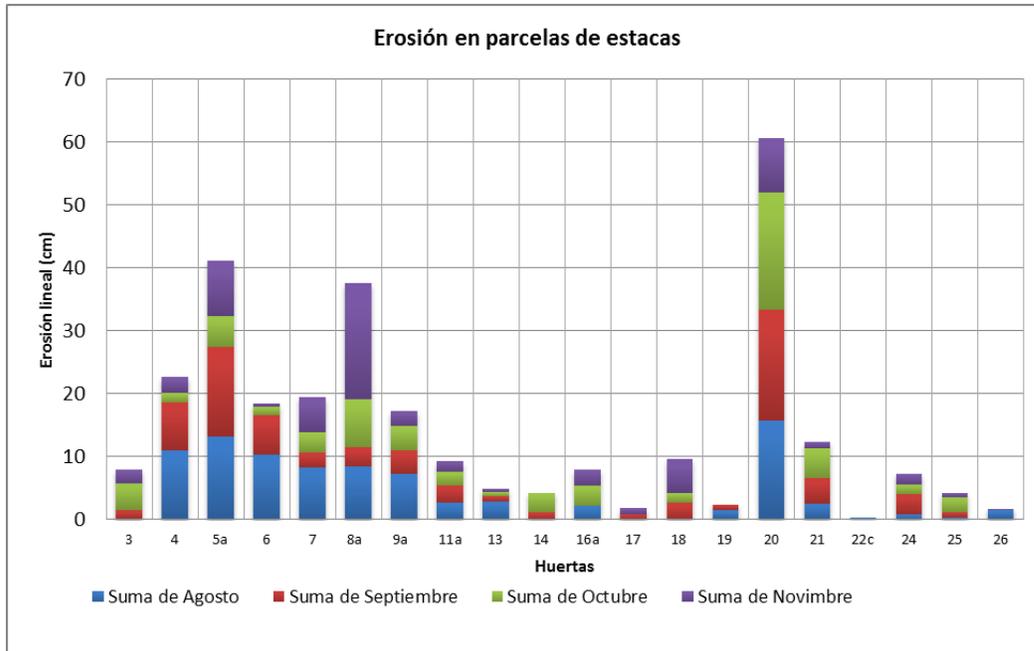


Figura. 1. Erosión medida en estacas (cm). Los números se refieren a un identificador asignado a las huertas. Los no. 6 y 26 se refieren a bosques de pino de la zona.

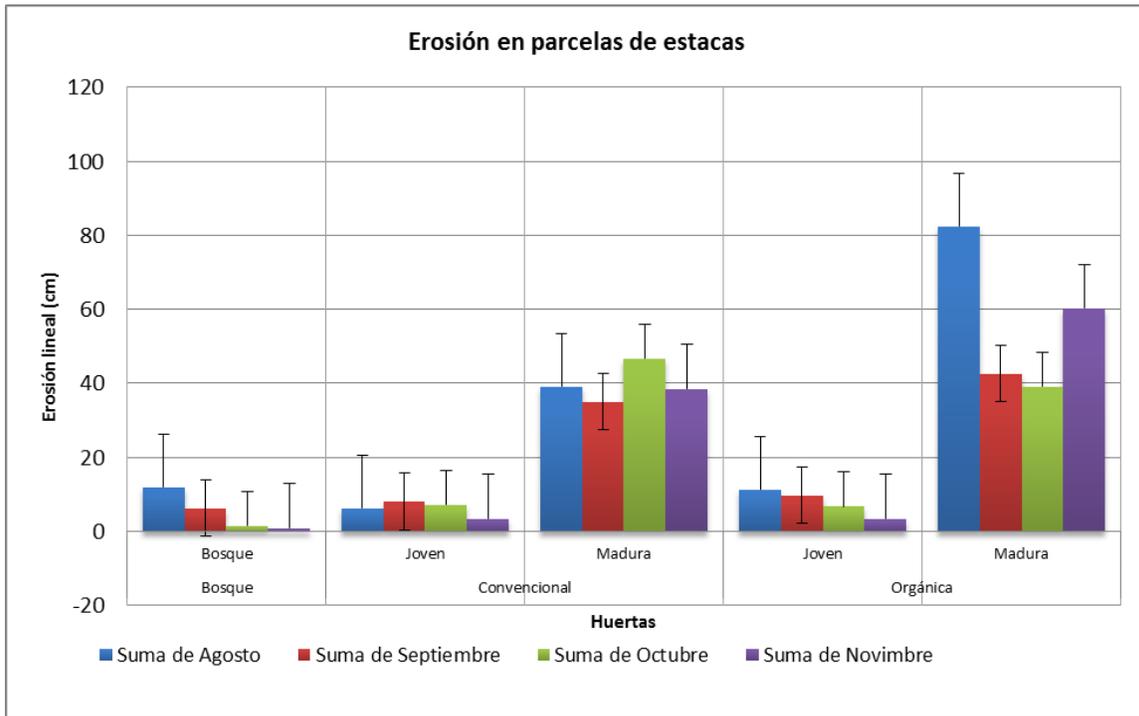


Figura 2. Erosión en parcela de estacas sin tratamiento. Huertas ordenadas por la case de edad (1-5 años: joven; 10 años en adelante: maduras) y tipo de Manejo. Bosque se refiere a parcelas de estacas instaladas en bosques de pino representativos de la zona. Las barras se refieren a error típico.

Los tratamientos sugeridos a los productores para disminuir o evitar la erosión en las parcelas experimentales, mostraron la importancia de un adecuado manejo de las herbáceas. En la figura 3. Se observa que las parcelas con tratamiento sin poda y con chaponeo fueron las que mayor pérdida del suelo presentaron. Este tipo de tratamiento es el representativo de las huertas maduras “emboscadas” es decir con dosel cerrado y hojarasca cubriendo el suelo (fig. 4 y 5). En este tipo de huertas se presenta el proceso anteriormente expuesto, donde la cobertura y el follaje inhiben el establecimiento de herbáceas. El tratamiento opuesto a éste fue mantener el follaje abierto por medio de poda de follaje y chaponeos espaciados (4 meses) de tal forma que se permita la entrada de la luz del sol y el establecimiento de herbáceas. Las parcelas con este tratamiento fueron las que menos suelo perdieron, Los bosques en general fueron disminuyendo la perdida de suelo a lo largo del periodo.

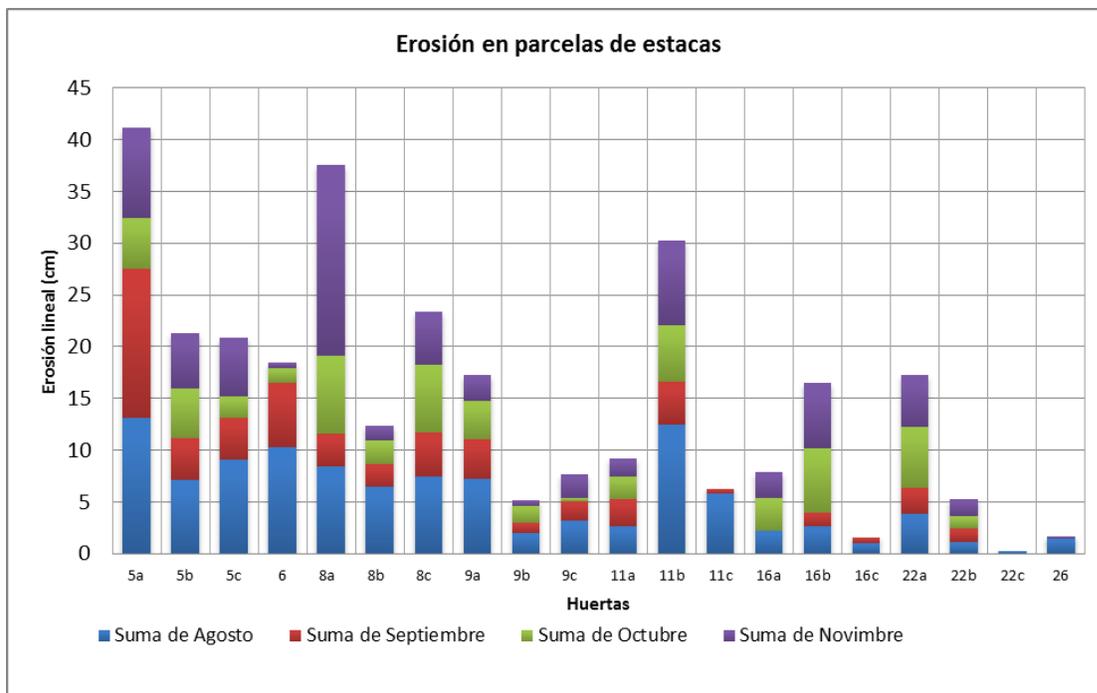


Figura 3. Erosión medida en estacas (cm) en parcelas con tratamientos. Los números se refieren a un identificador asignado a las huertas. Los no. 6 y 26 se refieren a bosques de pino de la zona.

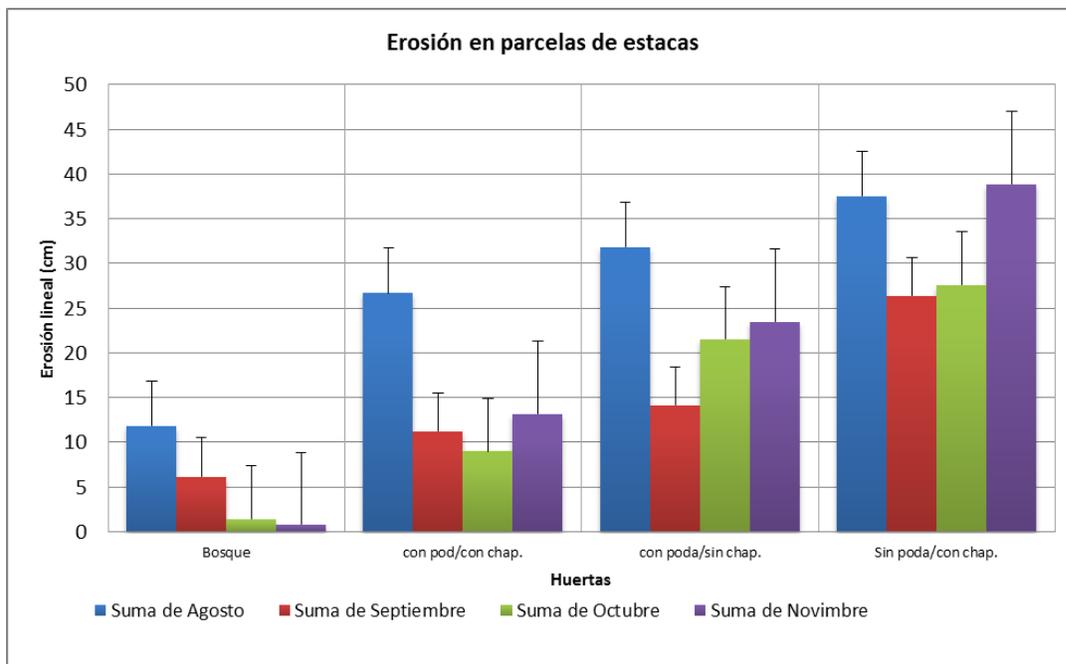


Figura 4. La pérdida de suelo en las estacas fue superior en las parcelas con tratamiento de sin poda y con chaponeo, el tratamiento en el que se perdió la menor cantidad de suelo fue el de con poda y con chaponeos cada 4 meses. En el mes de agosto se registró la mayor pérdida en la mayoría de los tratamientos. Las barras se refieren a error típico.

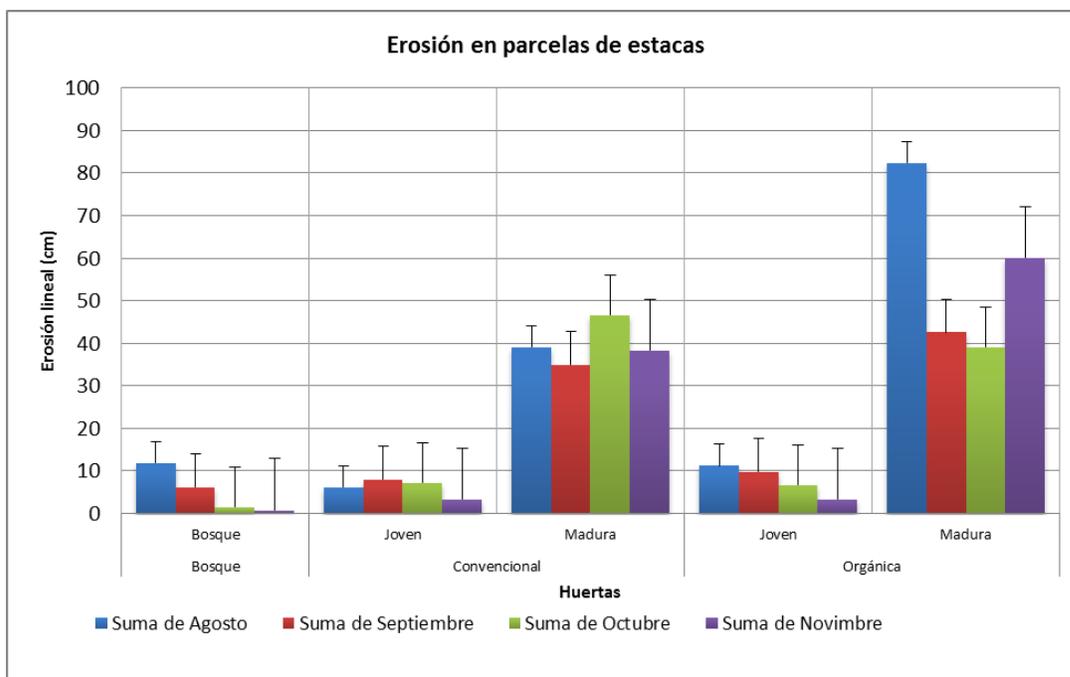


Figura 5. Pérdida de suelo según edad de la huerta y tipo de manejo en parcelas con tratamiento. En los meses de agosto y noviembre las parcelas ubicadas en huertas orgánicas de más de 10 años de edad, perdieron más suelo que las convencionales. Las parcelas ubicadas en bosques perdieron en promedio la mayor cantidad de suelo durante el mes de agosto decreciendo hacia el mes de noviembre. Las barras se refieren a error típico.

La erosión del suelo puede entenderse como un proceso continuo, es decir el suelo que se pierde en un área puede acumularse en otra, lo cual revela un movimiento activo. Este movimiento se demostró en las parcelas de estacas al registrar los decrementos e incrementos en el nivel del suelo. A partir del promedio de incremento decremento durante el periodo de monitoreo se construyo la figura 6, la cual muestra que el aporte de suelo a la parcela de estacas, fue mayor que la perdida, sin embargo este suelo es el perdido en zonas mas altas aledañas a las parcelas de monitoreo o por suelo aportado por incorporación de abonos y el suelo que extraen las tusas. El movimiento del suelo fue cuantificado por medio de un índice diseñado para este estudio, al que se le denominó Índice de Movimiento del Suelo (IMS), el cual está constituido como sigue:

$$IMS = \frac{a1/b1 + -a2/b2}{c}$$

Donde: $a1$ son los cm de incremento promedio registrado en estacas, $b1$ es el número de estacas que presentaron incremento, $a2$ son los cm de decremento promedio registrado en estacas, $b2$ se refiere al número de estacas que presentaron decremento y c es igual a 30 que es el número total de estacas por parcela. La escala del IMS es de 0 a 30 donde los valores negativos implican que la perdida de suelo fue mayor que el aporte y viceversa. Para el caso de las huertas monitoreadas solo dos huertas presentaron mayor perdida que aportes.

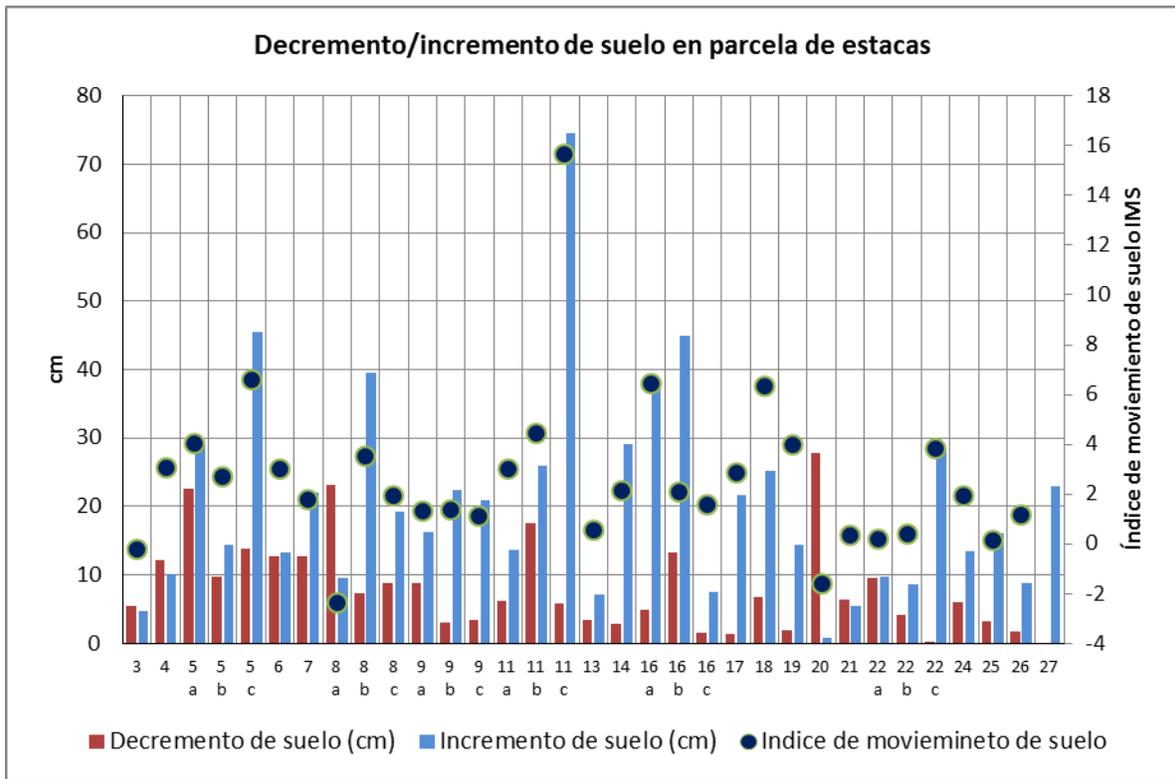


Figura 6. Dinámica del nivel del suelo registrado en estacas. El índice de movimiento del suelo muestra que solo en 4 parcelas los decrementos de suelo fueron superiores a los incrementos. En general se nota un patrón de incremento del nivel posiblemente asociado a la incorporación de abonos y tierra extraída por las tusas.

Patrón espacial de pérdida de suelo en estacas.

La pérdida espacial del suelo medida por los cambios de nivel en las estacas mostró la dinámica espacial del suelo. Las graficas de contorno permiten visualizar la forma en la que se perdió el suelo, estas graficas muestran los patrones de pérdida de suelo en bosques y huertas (Figura 11). La evaluación con estacas aunque es cuantitativa no tiene mucha certidumbre en cuantificación de pérdidas totales por las áreas que quedan sin estacas, pero lo más interesante de este método es que permitió observar que las zonas de pérdida más grandes son en la mayoría de los casos las orillas de las copas de los árboles. Esto indica que la forma en la que escurre el agua de los árboles desde que son pequeños genera chorros de agua con fuerza erosiva alta; además las orillas de la copa suelen ser el límite de

la capa de hojarasca que cae de los árboles. Las hierbas rara vez llegan a cubrir el suelo debajo de la copa de los árboles y, como se vio en las regresiones anteriores, la cubierta de hojarasca no protege bien el suelo lo cual explica que estas sean las zonas de mayores pérdidas.

Figura 1. Gráficas de contorno. Patrón espacial de erosión en parcelas de estacas (ver leyenda de color). Color marrón sin erosión; color verde- azul mayor erosión. Folio 6 se refiere a una parcela instalada en bosque

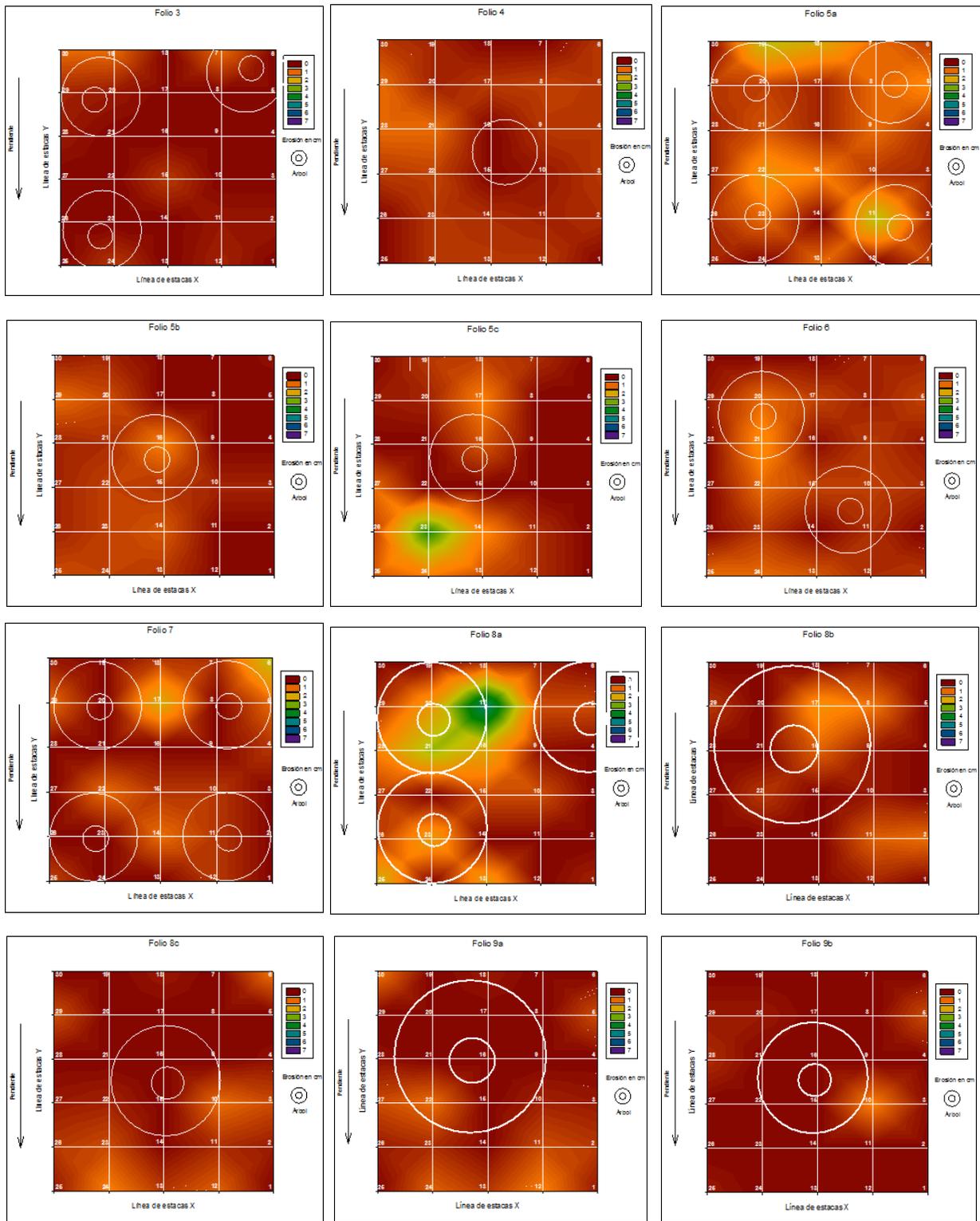


Figura 2. Gráficas de contorno. Patrón espacial de erosión en parcelas de estacas (ver leyenda de color). Color marrón sin erosión; color verde- azul mayor erosión.

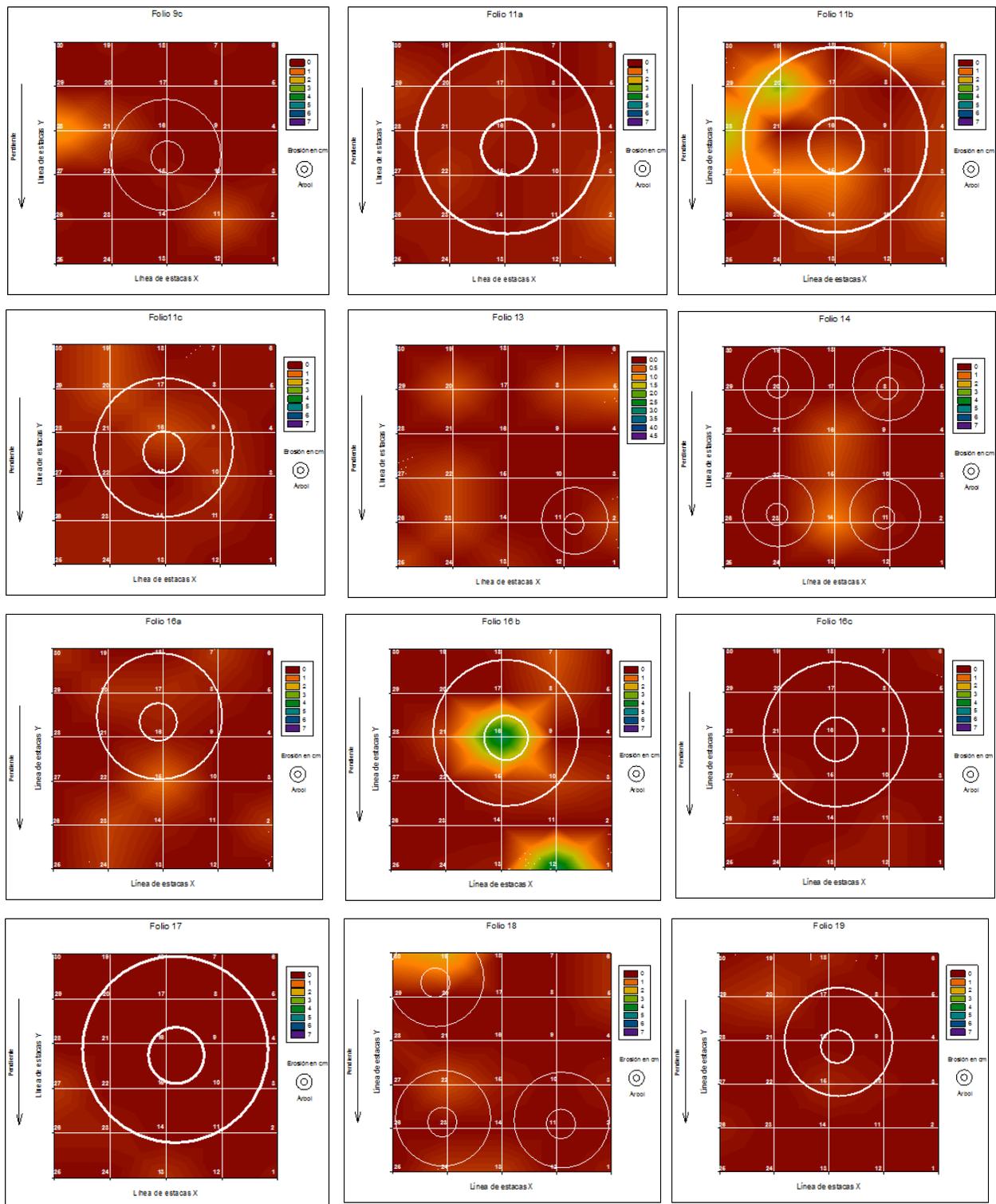
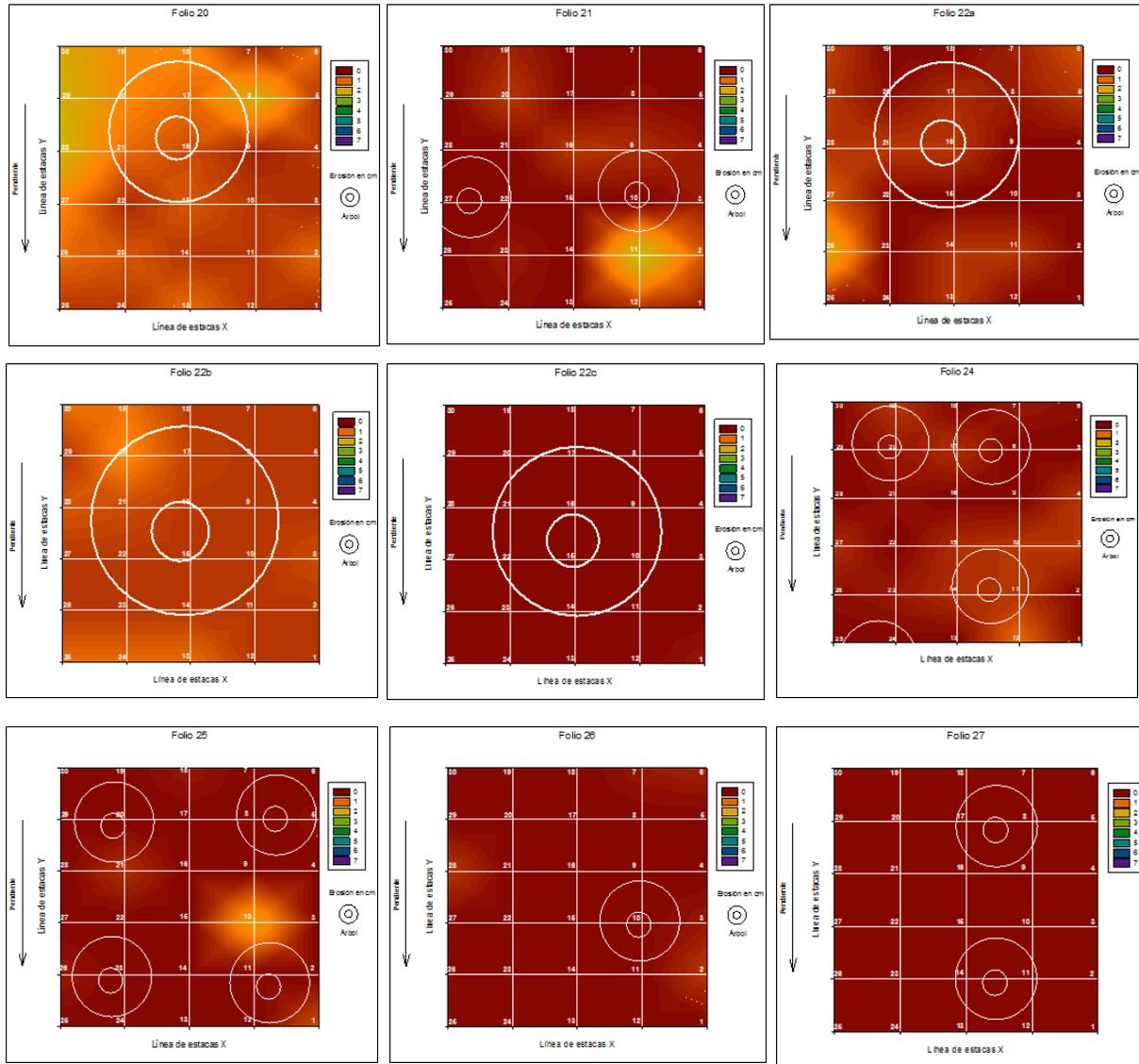


Figura 3. Gráficas de contorno. Patrón espacial de erosión en parcelas de estacas (ver leyenda de color). Color marrón sin erosión; color verde- azul mayor erosión. Folio 26 se refiere a una parcela instalada en bosque



Monitoreo de erosión en trampas.

La máxima cantidad de suelo colectado en las trampas se registró en el mes de octubre siendo de 214 kg/80m² (el área es la referente a la trampa), esta cantidad fue atípica para el periodo y se registró en una huerta de edad madura, con hojarasca y sin herbáceas en el suelo. La mínima fue de 0 y se registro en diversas parcelas con diferente edad de plantación y con cobertura herbácea y poda en el follaje. El promedio de suelo colectado en las 34 trampas en todo el periodo fue de 6.55 kg/80m².

El patrón general observado en la erosión monitoreada en trampas, indica que en las huertas maduras se registró la mayor erosión, de este grupo las convencionales superaron a las orgánicas, este patrón en las convencionales podría estar relacionado al uso de herbicidas o a una mayor tendencia a no podar el follaje del aguacatero lo cual inhibe el crecimiento de herbáceas (Fig. 7 a 12).

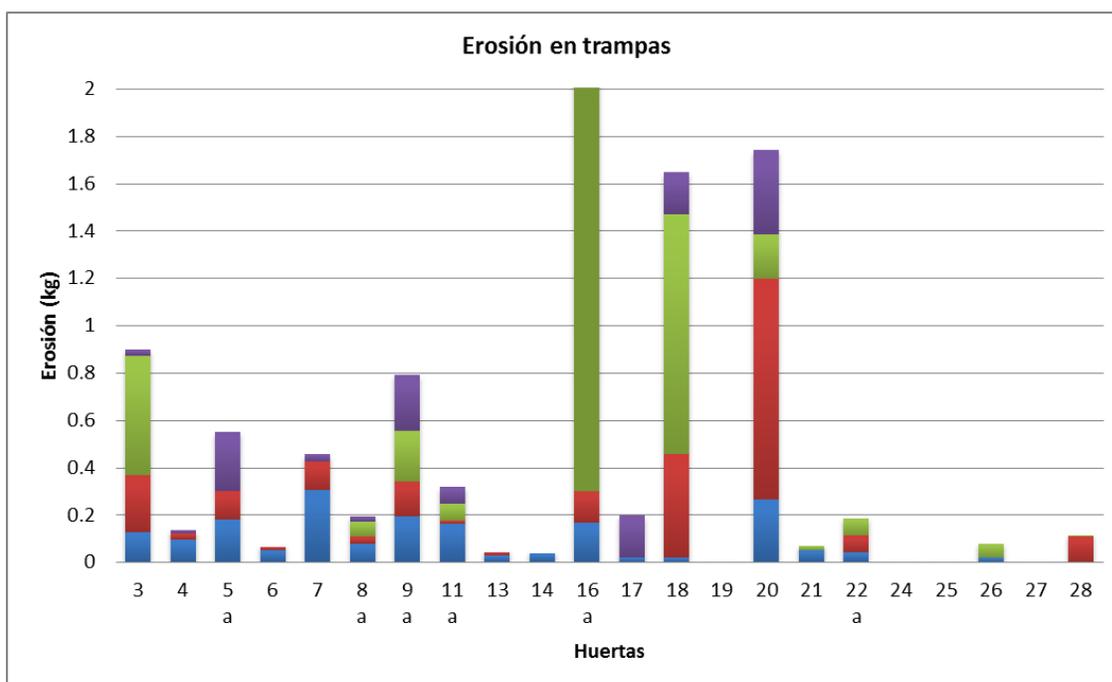


Figura 7. Erosión medida en trampas (kg). Los números se refieren a un identificador asignado a las huertas. Los no. 6 y 26 se refieren a bosques de pino de la zona. La huerta No. 16 con tratamiento de sin poda de follaje y con chaponeo fue la que mayor pérdida de suelo registró 214 kg/80m2.

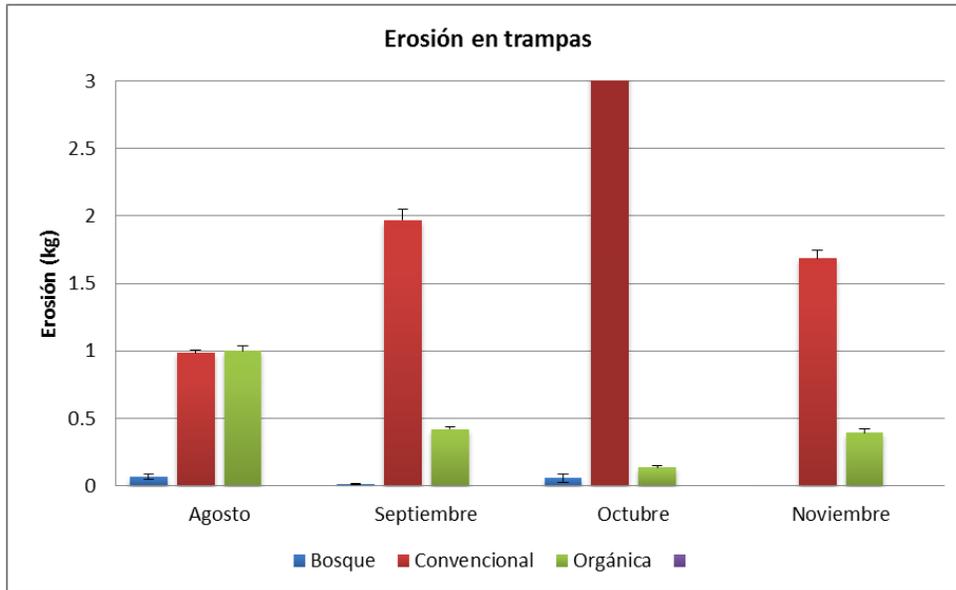


Figura 8. Erosión en trampas según la edad (kg/80m2). En las huertas con edad superior a 10 años fue en las que se registró mayor erosión, de éstas las huertas convencionales superaron a las orgánicas. En una huerta madura convencional se registro la mayor erosión por lo cual el mes de octubre para este grupo fue un mes atípico, sin embargo para el resto de los meses se mantiene la tendencia.

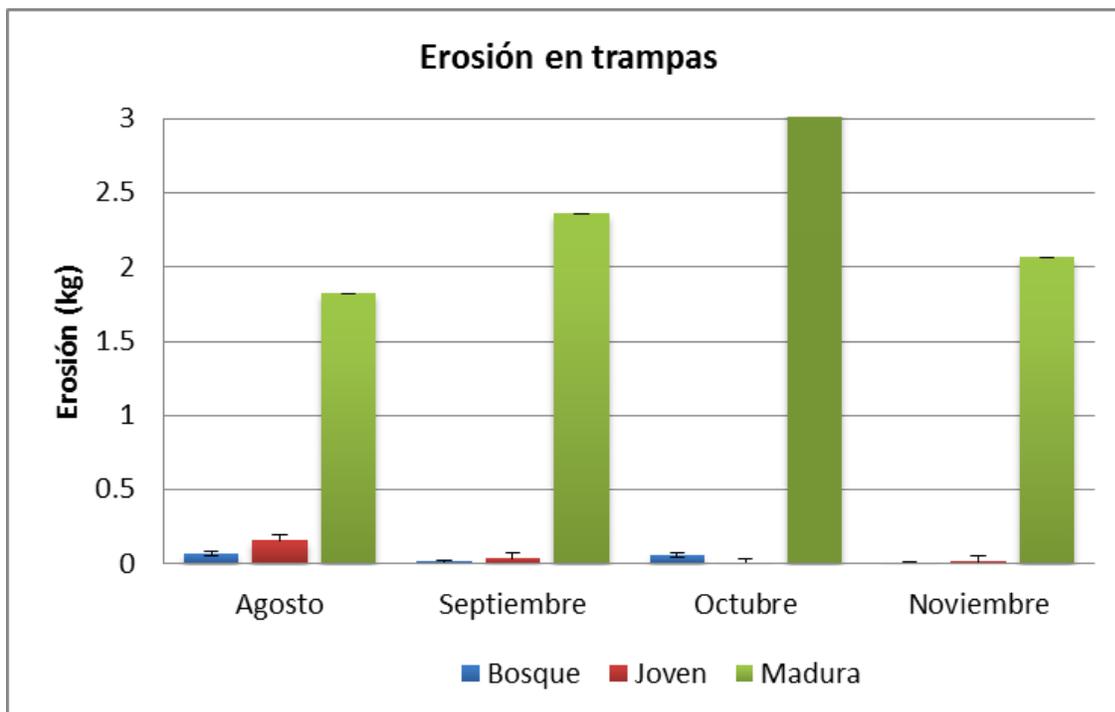
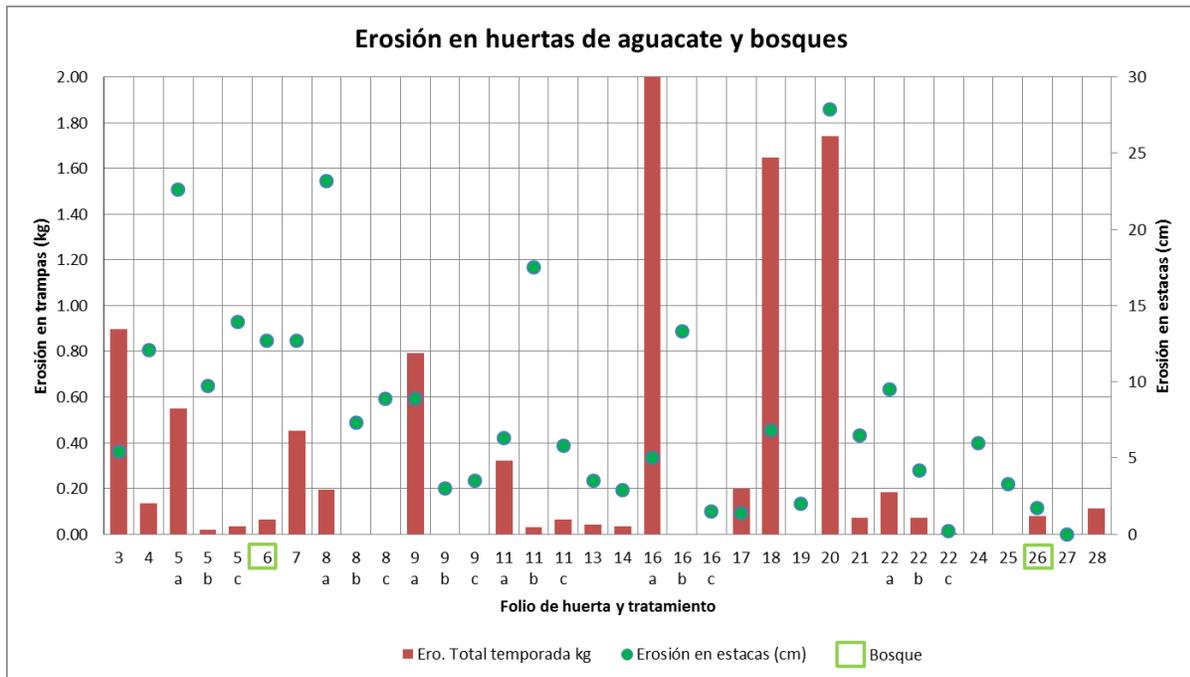
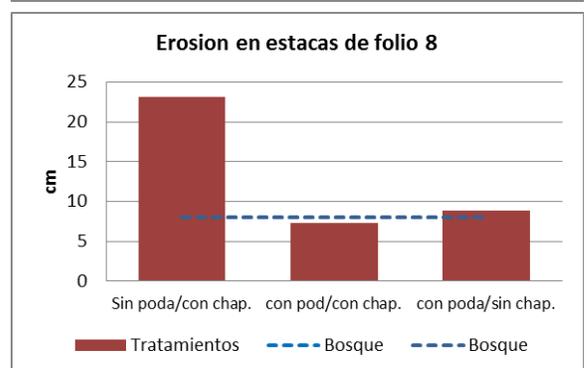
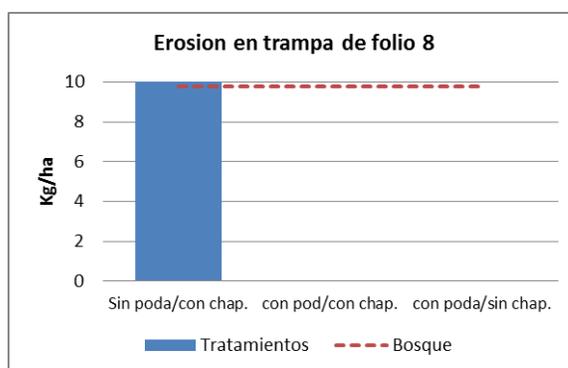
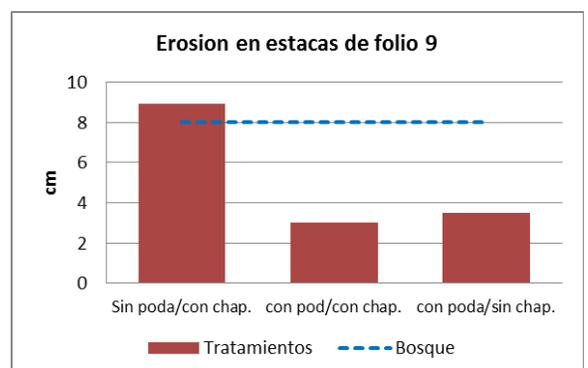
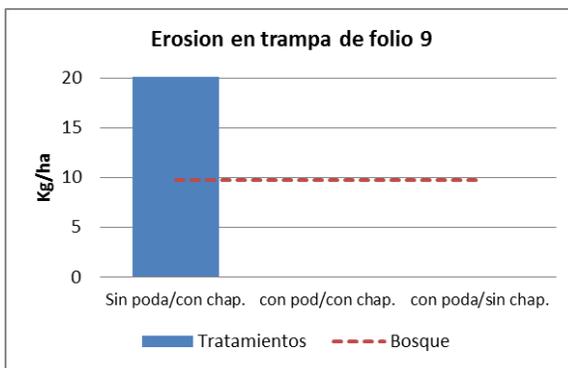
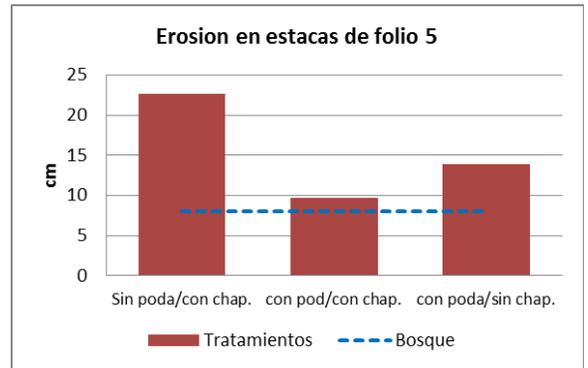
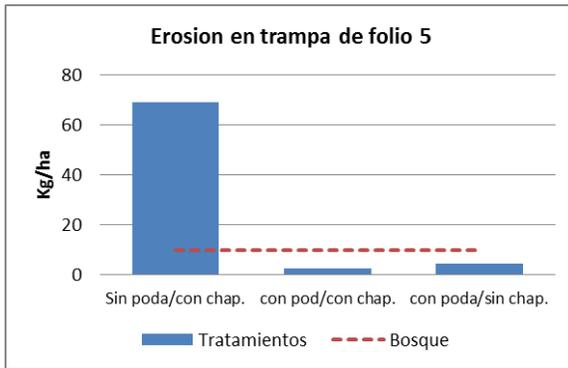
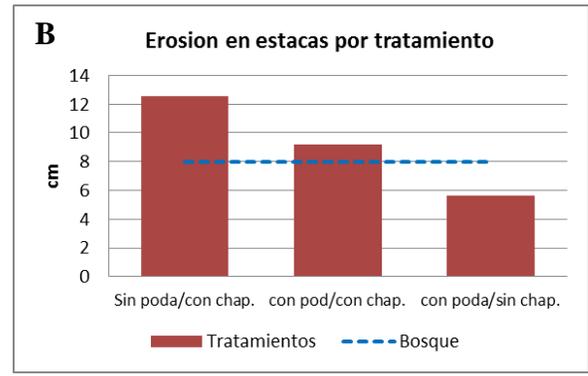
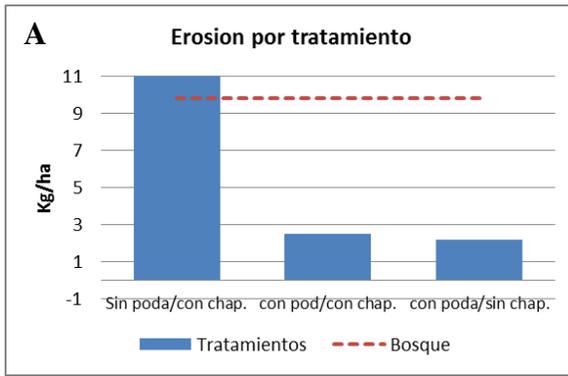


Figura 9. Material colectado en trampas de erosión (kg/80m²). La mayor erosión se registró en las huertas con tratamiento sin poda y con chaponeo, el cual corresponde a las huertas con follaje denso y cerrado, en éstas predominó el suelo cubierto por hojarasca y sin vegetación herbácea. Las huertas con tratamiento normal corresponden al resto de las huertas con manejo típico en la región aguacatera. La erosión más baja se registró en las huertas con tratamiento de poda en follaje y con o sin chaponeo. Este tipo de huertas mantuvieron el dosel abierto con incidencia de la luz solar, lo cual propicia la presencia de abundante vegetación herbácea.



↑ 215 kg

Figura 10. Erosión en trampas (barras) y en parcelas de estacas (puntos) durante el periodo Agosto - Noviembre. No se observa un patrón coincidente entre los datos registrados en trampas y estacas lo cual puede indicar que la erosión se presenta en diferentes procesos. Por ejemplo en la huerta 16a se observo la formación de un riachuelo durante una intensa lluvia en octubre, lo que arrojó una cantidad grande de suelo en la trampa, sin embargo, este proceso no se registro en las estacas ya que en estas se aprecia mejor los flujos laminares.



C

D

E

F

G

H

Figura 41. Erosión en trampas y parcelas de estacas por tratamientos en huertas. Las graficas A y B resumen el comportamiento de la erosión en tratamientos. El patrón observado es que en las huertas sin poda y con chaponeo se registró mayor erosión que en las que si tienen poda del follaje.

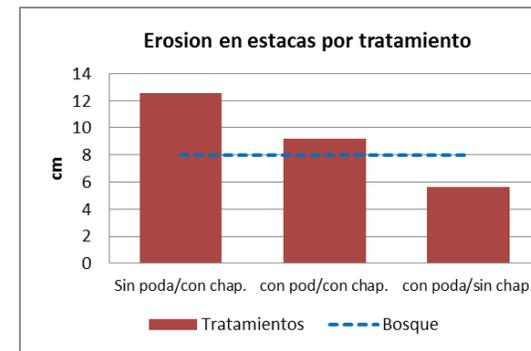
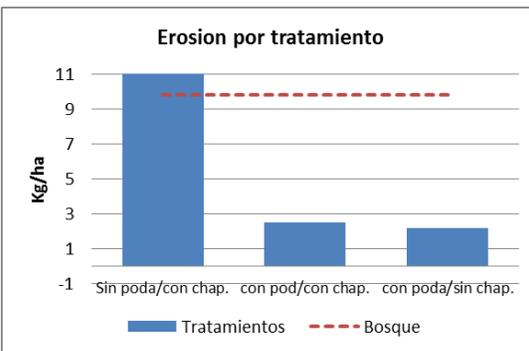
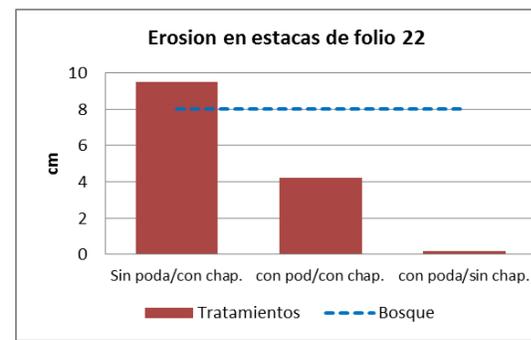
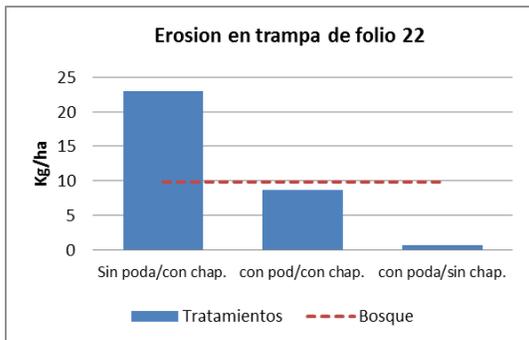
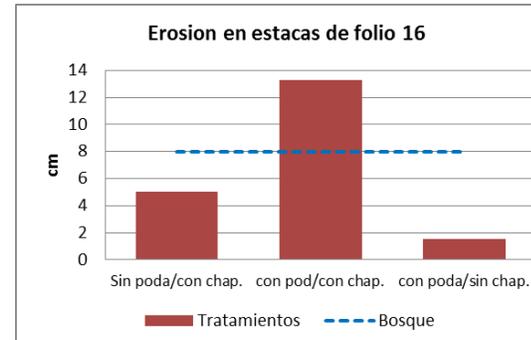
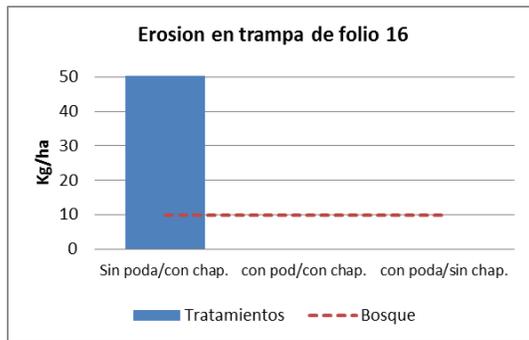
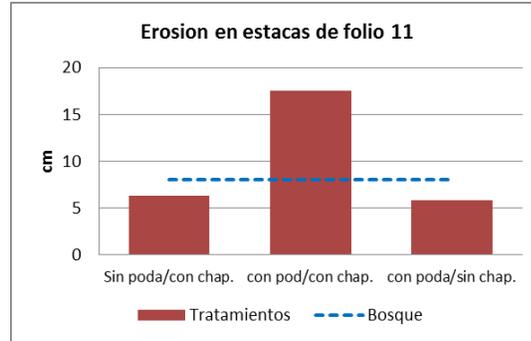
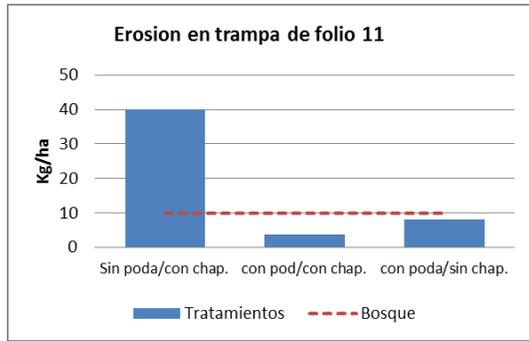


Figura 15. Erosión en trampas y parcelas de estacas por tratamientos en huertas. El patrón observado es que en las huertas sin poda y con chaponeo se registró mayor erosión que en las que si tienen poda del follaje.

Manejo de coberturas para control de erosión.

El tipo de cobertura en las trampas fue determinante para disminuir la erosión. Las coberturas en las huertas presento gran dinámica. El promedio de porcentaje de hojarasca fue mayor en el tratamiento sin poda y con chaponeo (80%) y se mantuvo relativamente estable durante los meses de monitoreo (Junio de 2011 a Febrero de 2012), en los tratamientos con poda (dosel abierto) la hojarasca no supero el 30 % (Fig. 12). Por el contrario el porcentaje de hierba arraigada al suelo fue alto en los tratamientos con poda de follaje, siempre superior al 60%, mientras que en las trampas con follaje no superó el 20% (Fig. 13). El suelo cubierto por abono fue mayor en las huertas sin poda de follaje y con poda de follaje y con chaponeo. Esta condición registro sus niveles más altos en el mes de octubre (Fig. 14). El suelo desnudo fue escaso ya que en ningún sitio supero el 10%, sin embargo en los tratamientos sin poda y chaponeo y con poda y con chaponeo alcanzo entre el 8 y el 9 % en el mes de febrero (Fig. 15). El % de pasto seco en los tratamientos con poda fue superior al tratamiento con poda en el mes de febrero probablemente relacionado por la temporada de estiaje (Fig. 16).

En relación a la función de la cobertura para evitar o disminuir la erosión se observó una relación fuerte entre la dominancia del tipo de cobertura y la erosión. Este patrón resultó

consistente tanto para la erosión monitoreada en las 12 parcelas de estacas como para las 12 trampas de erosión. En las figuras 18 y 19 se muestra la dominancia de las coberturas por tipo de tratamiento. En los tratamientos con poda de follaje dominó la cobertura de herbáceas mientras que en el tratamiento sin poda de follaje domino la cobertura de hojarasca. Lo cual sugiere que para controlar o evitar la erosión es necesario promover la poda del follaje así y promover la existencia de las herbáceas en el suelo.

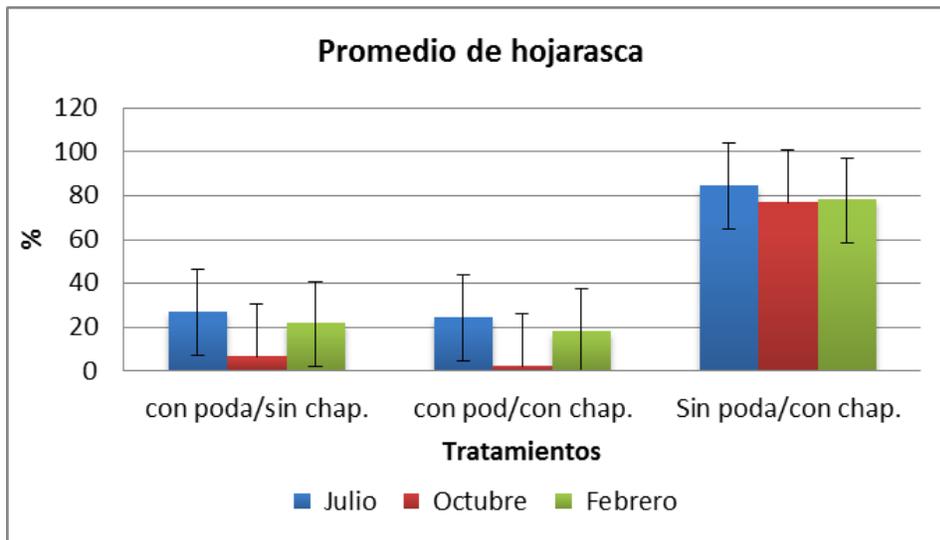


Figura 12. Porcentaje de hojarasca en el suelo en las trampas de erosión. El tratamiento sin poda de follaje fue el que mantuvo la cobertura de hojarasca.

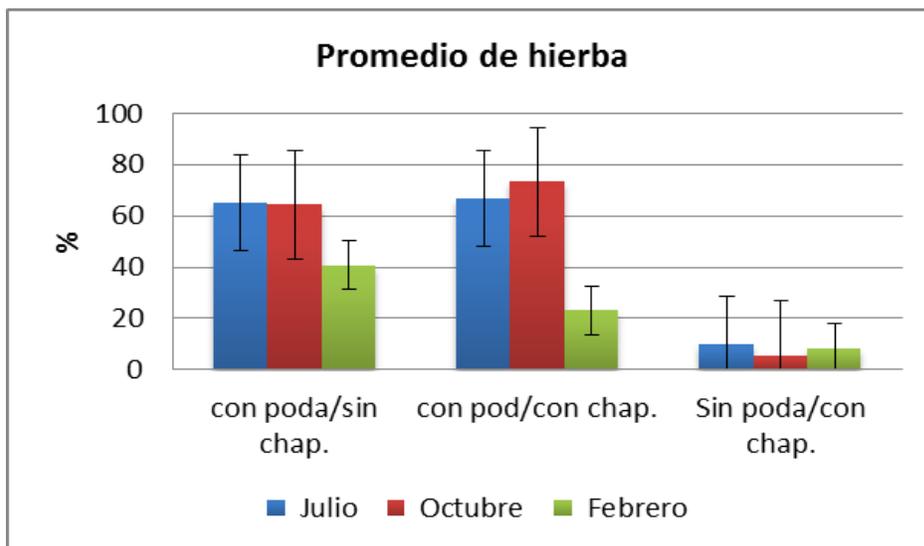


Figura 13. Porcentaje de suelo cubierto por hierbas. En las huertas con poda se registró el máximo porcentaje de cobertura.

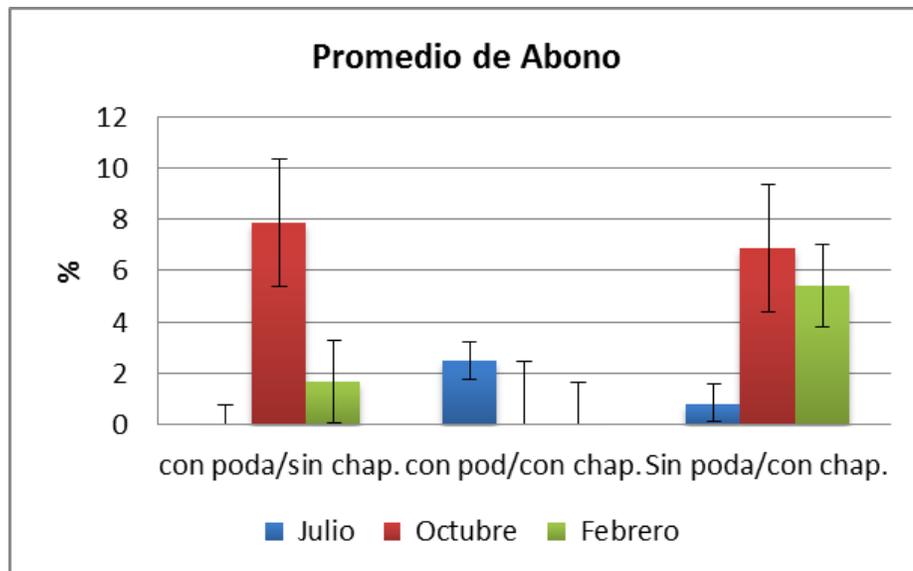


Figura 14. Porcentaje de abono cubriendo el suelo. El abono suele ser aplicado en el área de goteo superponiéndose a la hojarasca y las herbáceas.

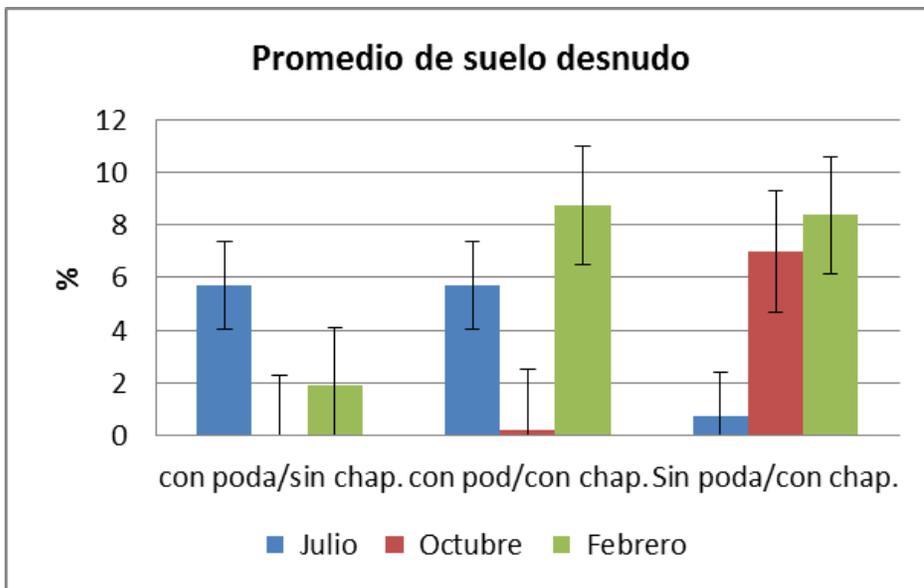


Figura 15. El suelo sin ninguna cobertura presentó su nivel más alto durante los meses de julio y febrero.

Promedio de hojarasca de pasto

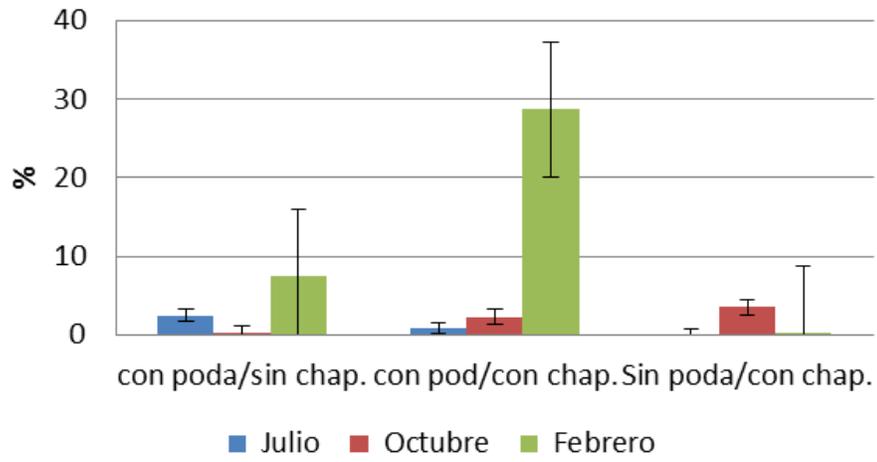


Figura 16. El pasto seco presentó su máxima cobertura durante el mes de febrero.

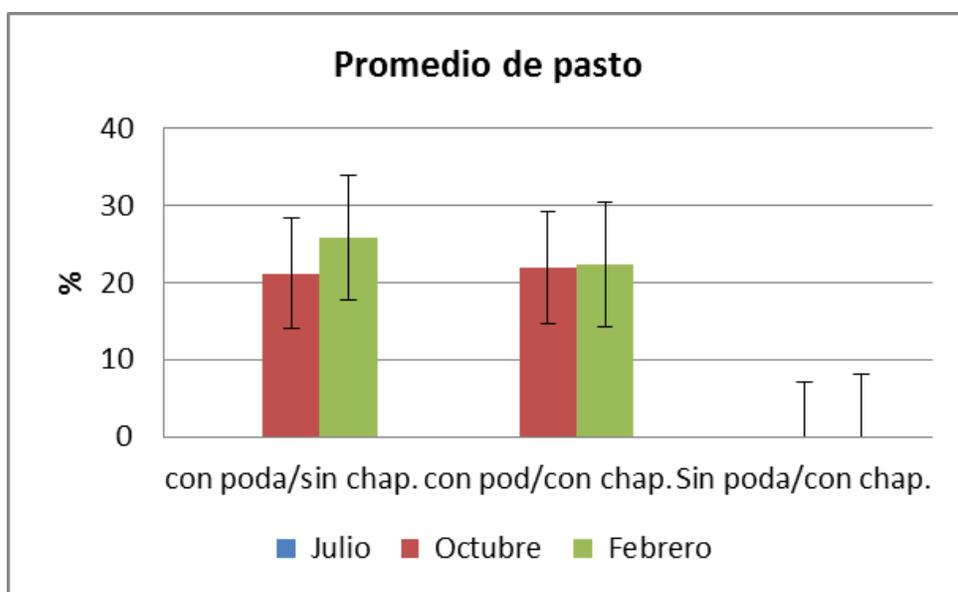


Figura 17. El pasto fue una cobertura relativamente abundante durante los meses de octubre y febrero.

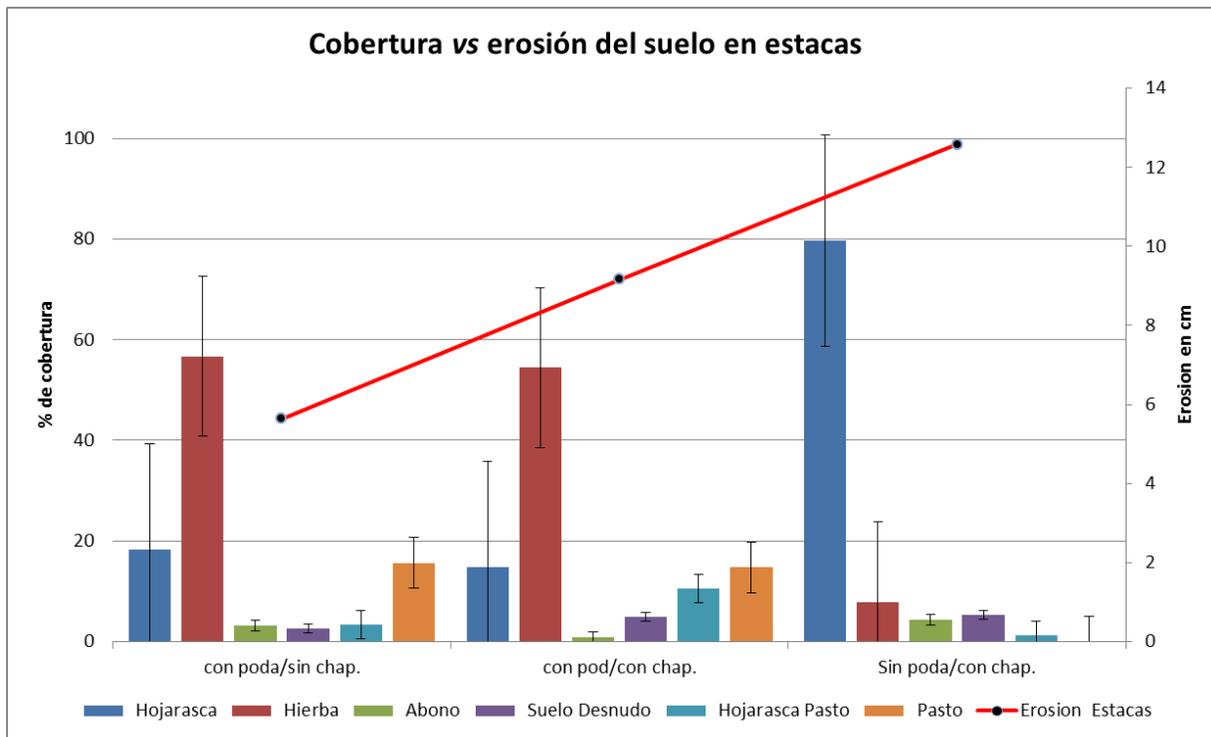


Figura 18. Relación del tipo de cobertura del suelo y la erosión en cm registrada en 12 parcelas de estacas de erosión. En los tratamientos con poda, donde predominaron las hierbas se registró el menor promedio de erosión. Por el contrario en el tratamiento sin poda/con chaponeo, donde predominó la hojarasca se registró la máxima erosión de los grupos.

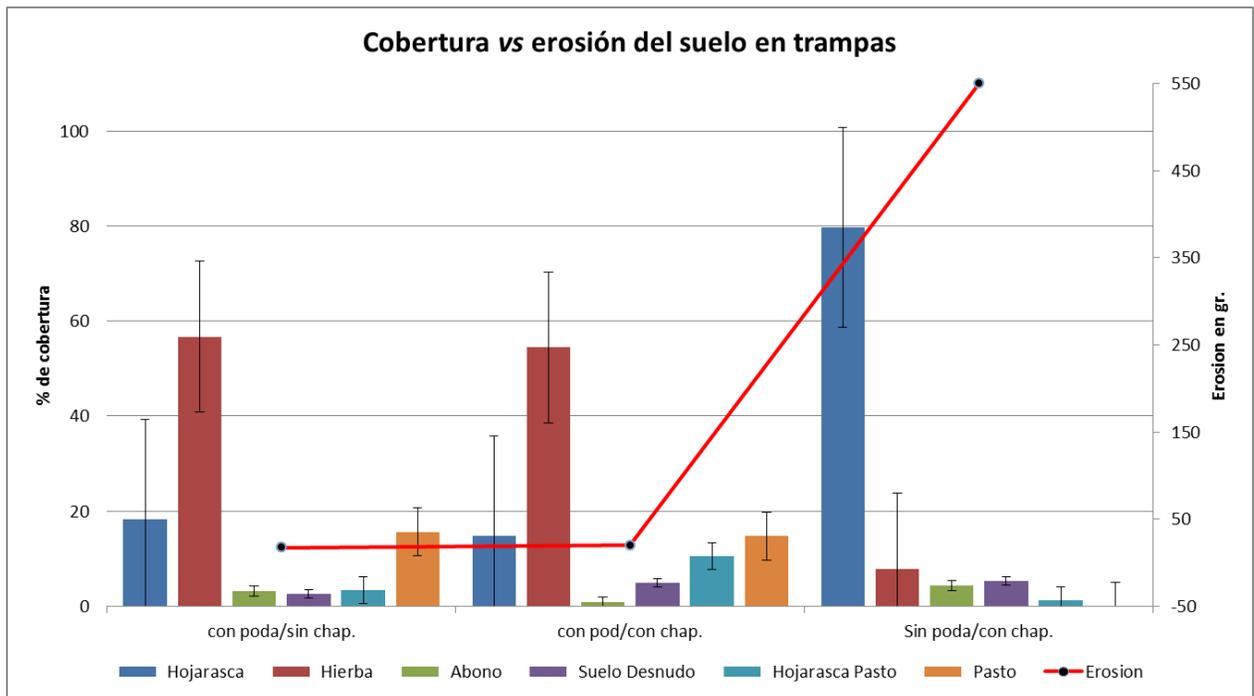


Figura 19. El patrón en las trampas de erosión fue muy similar al descrito para las parcelas de estacas. Esta relación se puede resumir como -a mayor cantidad de cobertura de herbáceas menor cantidad de suelo erosionado- y -a mayor cantidad de hojarasca en el suelo mayor cantidad de suelo erosionado-.

1.2. Calidad del suelo.

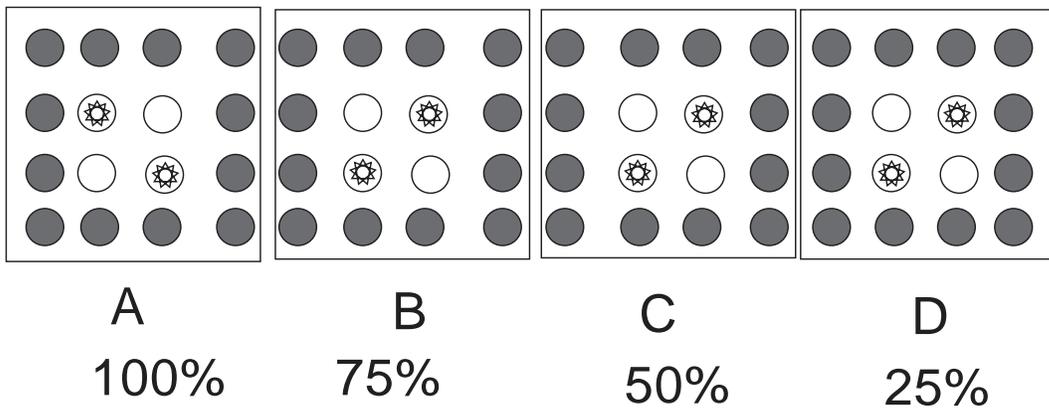
Se establecieron tratamientos para reducir la sobrefertilización y determinar la fertilización óptima para mejorar la calidad del suelo sin perder productividad en algunas huertas que se diagnosticaron con exceso de fertilización en la etapa uno. Previo acuerdo con los propietarios de las huertas, se seleccionaron las áreas para delimitar los tratamientos, que consistieron en reducciones al 75, 50 y 25% de la fertilización típica utilizada en cada huerta. Muy pocos productores aceptaron participar en esta evaluación por el temor a registrar pérdidas en rendimiento al reducir la fertilización, por lo que solamente se consiguieron 2 huertas orgánicas y 2 huertas convencionales.

En estas huertas se marcaron áreas contiguas cubriendo 16 árboles como se describe en la figura 20. Todos los 16 árboles recibieron el mismo tratamiento pero el muestreo se concentró en los cuatro árboles centrales para reducir el efecto de borde y las posibilidades de contaminación proveniente de las zonas circundantes. De esta manera, en el núcleo protegido de los cuatro árboles centrales se realizó un muestreo foliar tomando las hojas más jóvenes pero completamente desarrolladas de una rama de cada árbol. Estas hojas reflejan la nutrición que están recibiendo las hojas en formación y son la mejor representación de la nutrición al momento del muestreo porque no ha habido tiempo de que los nutrientes se almacenen o sean translocados a otras hojas. Las hojas fueron llevadas al laboratorio, secadas y extraídas por digestión húmeda macro-Kjeldahl (Bremner, 1996) con ácido sulfúrico, sulfato de cobre y peróxido de hidrógeno. Después se hizo una determinación colorimétrica en un autoanalizador Bran-Luebbe III por el método de reducción del ácido ascórbico y se midió el nitrógeno total y el fósforo total (Murphy & Riley, 1962).

Cuando se tomaron las muestras de hojas también se tomaron muestras de suelo y se enterraron bolsitas con resinas de intercambio iónico para medir la disponibilidad de N y P

durante un periodo de intercambio dinámico de un mes. Las bolsas se colocaron a la mitad de la copa del árbol, a 5 cm de profundidad, en el horizonte mineral más superficial después de remover la gruesa capa de material orgánico y hojarasca. Las bolsas permanecieron en el suelo de julio a agosto del 2011 para asegurar un buen contenido de humedad que permitiera la difusión de la solución del suelo a las bolsas y al mes se retiraron y mantuvieron en refrigeración hasta que se inició la extracción con KCl 2 N. Los extractos tanto de suelos como de resinas se filtraron en papel Whatman No. 1 (Robertson *et al.*, 1999) y se hizo una determinación colorimétrica del N inorgánico disponible (NH_4^+ and NO_3^-) por el método del fenol-hipoclorito y del P inorgánico disponible por el método del molibdato (Technicon, 1977) con el autoanalizador Bran-Luebbe III.

En la figura 20 se muestran los árboles núcleo muestreados para concentraciones foliares y los dos árboles donde se enterraron la resinas para medir la disponibilidad de nutrimentos.



Tratamientos

A: 100% Tratamiento testigo

B: 75% Tratamiento con aplicación del 75 %de la dosis típica del manejo

C: 50% Tratamiento con aplicación del 50 %de la dosis típica del manejo

D: 25% Tratamiento con aplicación del 25 %de la dosis típica del manejo

○ Árboles núcleo (con tratamiento y monitoreo)

● Árboles amortiguamiento (con tratamiento sin monitoreo)

☼ Resinas para medición de nutrientes lixiviados

Figura 20. Representación de los tratamientos de reducción de la fertilización que se instalaron en dos huertas convencionales y dos orgánicas.

Resultados

Caracterización de la fertilidad al inicio de los tratamientos (julio 2011)

Se observó que entre las huertas había una gran variación espacial ya de inicio en los niveles de fertilidad debajo de los árboles. Definir estos niveles iniciales resulta crítico para poder interpretar y definir qué tanto estaban funcionando los tratamientos de reducción de fertilización. Estas determinaciones muestran que, a pesar, de que los productores intentan mantener niveles de fertilidad altos y parecidos en todos los árboles, los resultados son muy heterogéneos.

Las mayores disparidades se observaron en las determinaciones de amonio, lo cual es normal dado que este elemento es muy dinámico en el suelo y los organismos y se transforma rápida y constantemente. En general hay poco amonio y esta forma de nitrógeno es donde más difieren los resultados del método puntual y el método dinámico (Figuras 21 A y B). El nitrógeno en forma de nitratos es hasta 20 veces más alto que el de amonio en tres de las cuatro huertas (Figuras 22 A y B), la huerta orgánica 5 es la única que tiene proporciones similares de amonio y nitratos.

En el caso del fósforo disponible se observan grandes diferencias de un área a otra, lo cual se explica por la baja movilidad del P que normalmente se queda justo donde se aplica y si la aplicación no fue pareja se refleja claramente en las mediciones (Figuras 23 A y B).

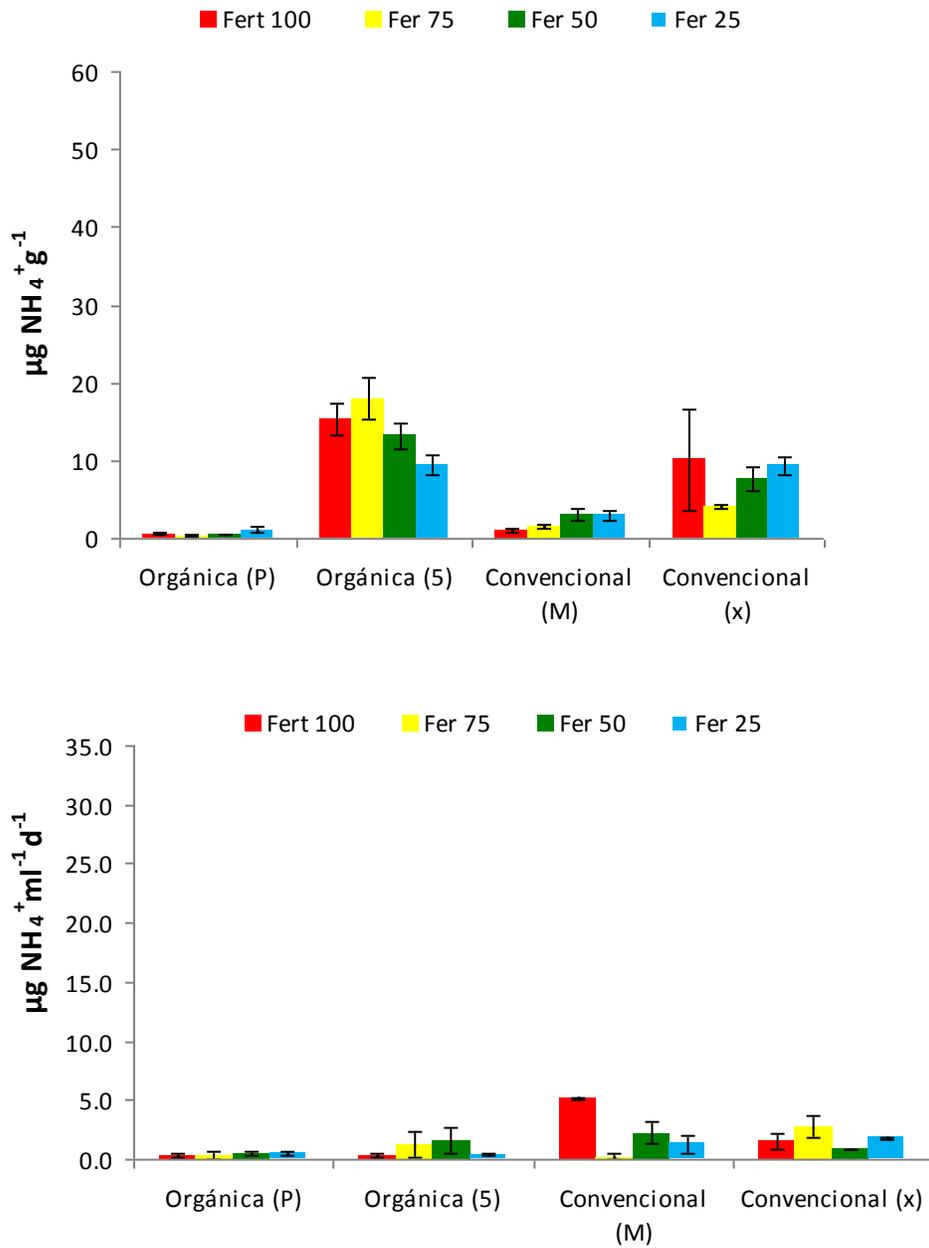


Figura 21. Concentraciones de amonio medidas en suelo mediante una extracción directa (A) y mediante una evaluación dinámica de un mes con resinas (B), al inicio de los tratamientos.

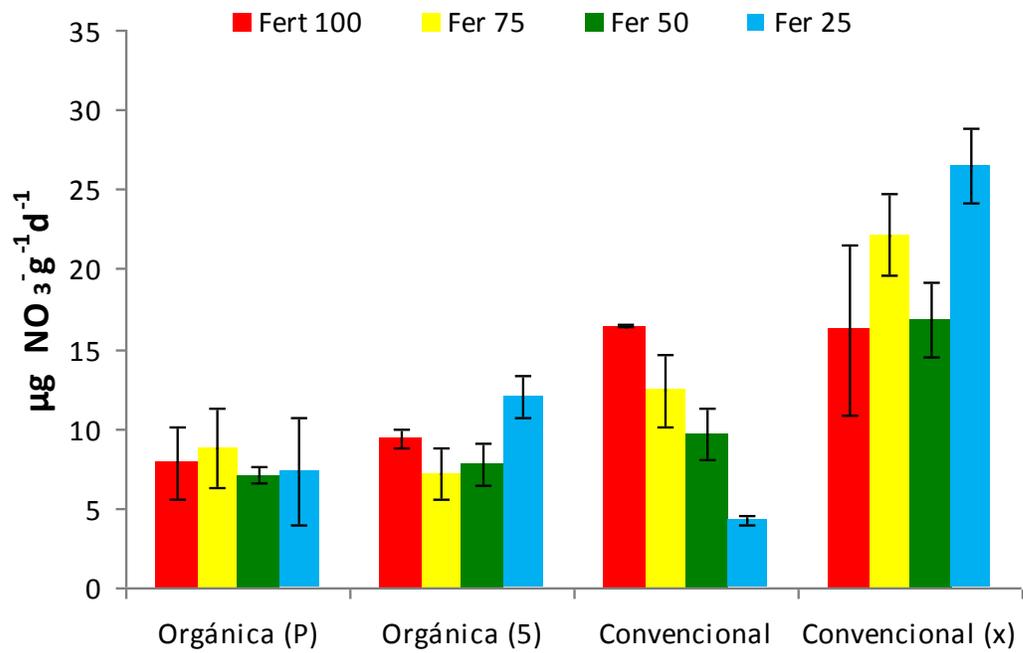
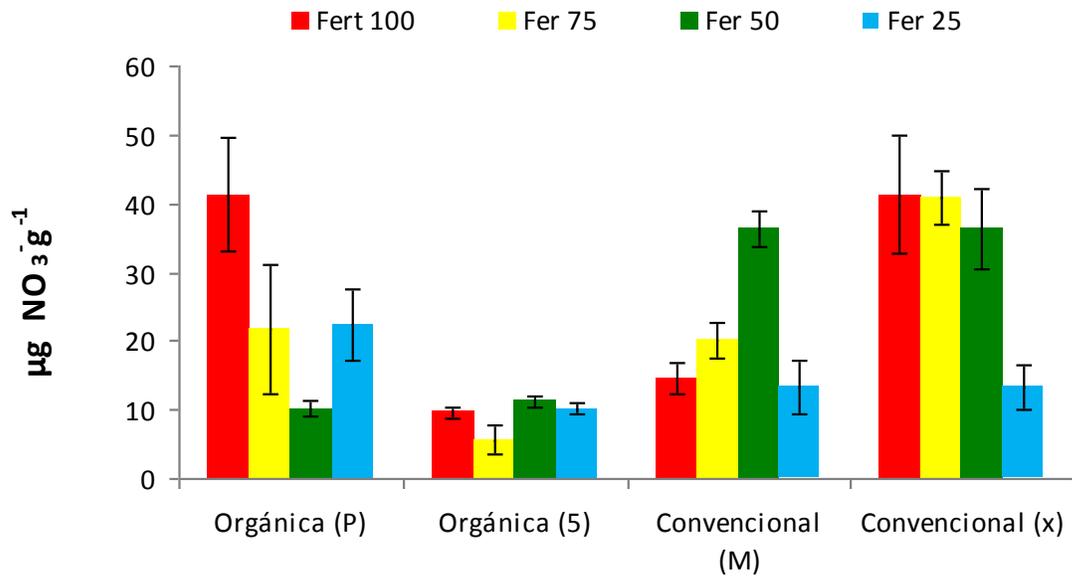


Fig. 22

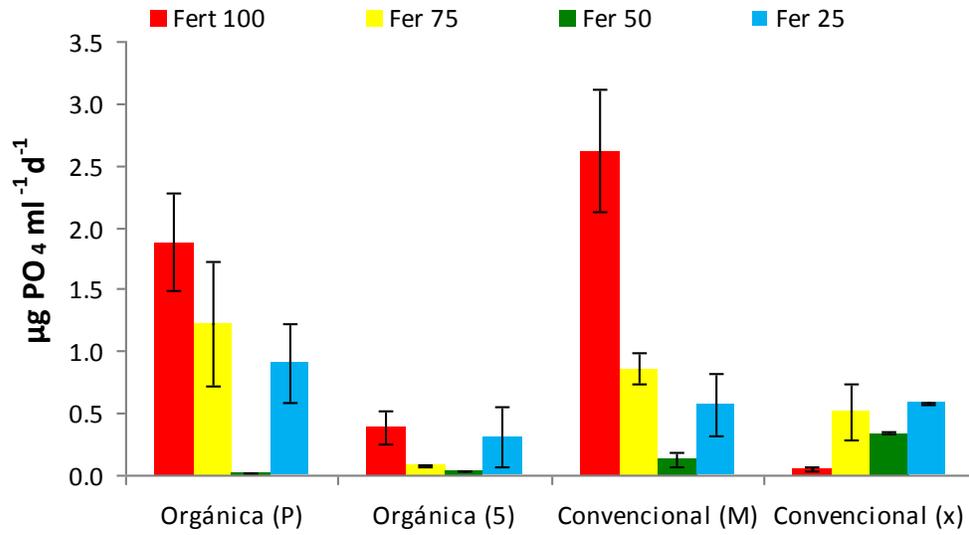
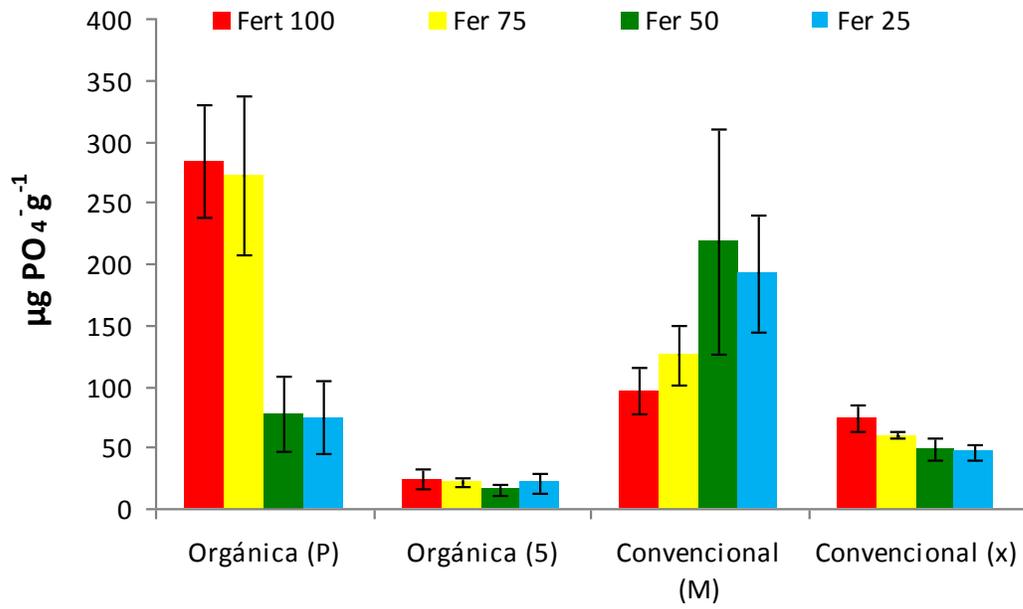
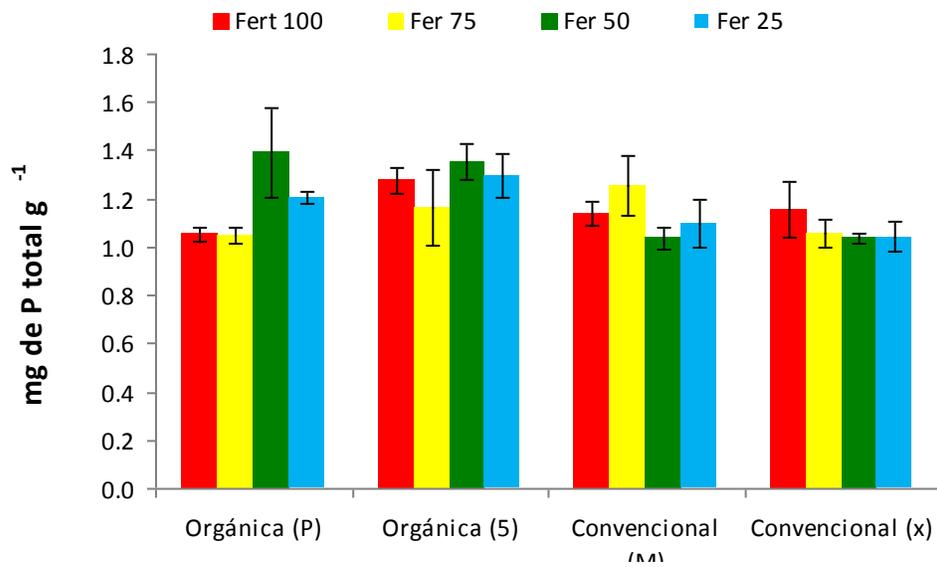
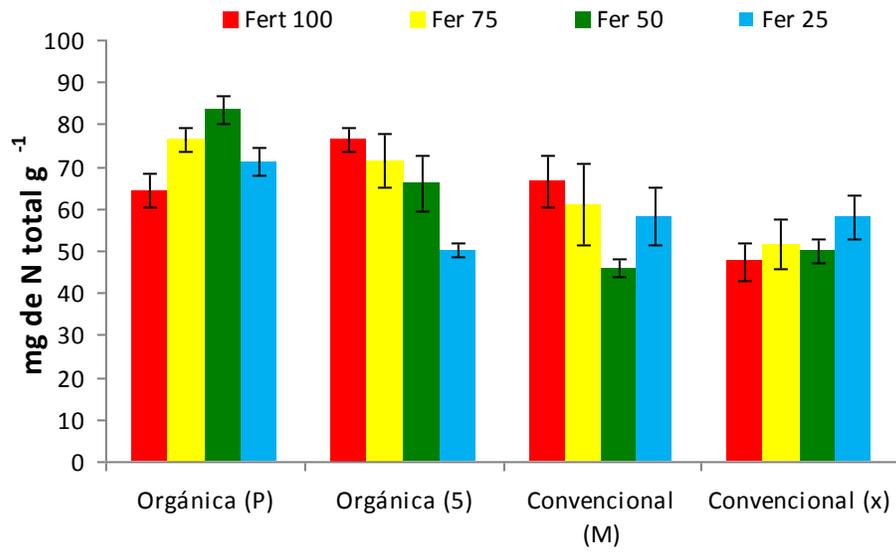


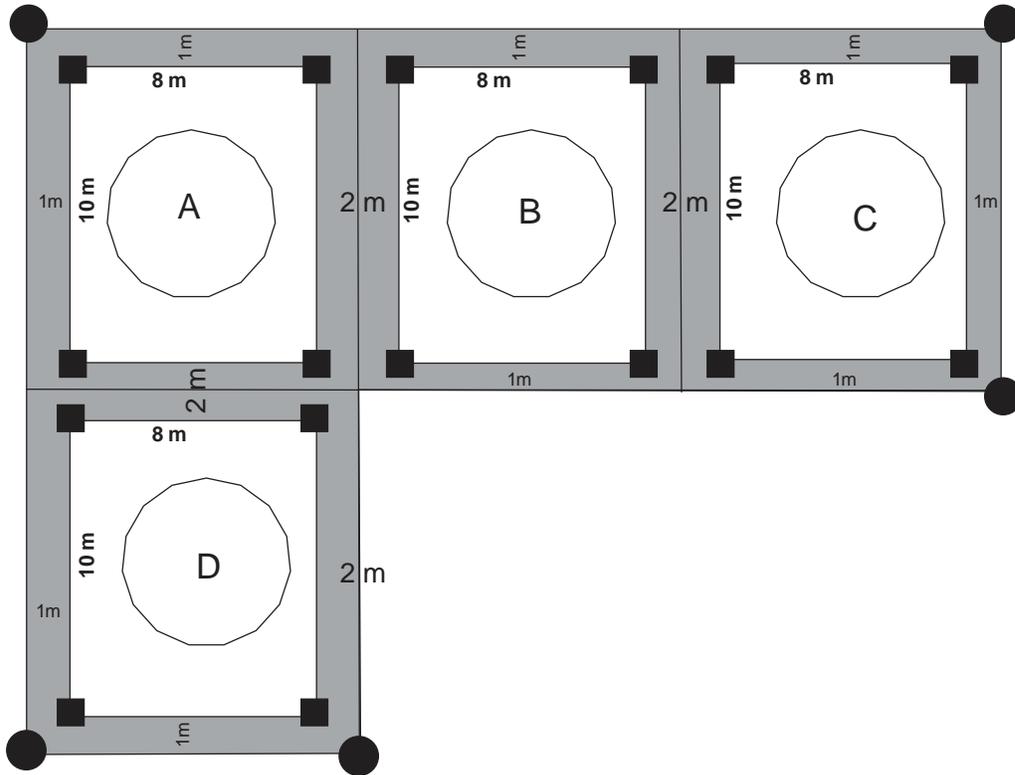
Fig. 23

Hojas



Biodiversidad de plantas y de polinizadores

Imagen 1. Esquema de tratamientos y lista de participantes de monitoreo de coberturas en huertas de aguacate con cociente dicotiledoneas/ monocotiledones bajo para aumentar las flores atractivas a los polinizadores y controladores de plagas.



Simbología

| | | | |
|---|-------------------------|---|-------------------|
| □ | Área de muestreo | ● | Poste delimitador |
| ■ | Área de amortiguamiento | ○ | Árbol |
| ■ | Estaca delimitadora | | |

Tratamientos

A: Sin chaponeo (No se chaponea durante el año de evaluación)

B: Chaponeo a 10 cm baja intensidad (2 veces al año)

C: Chaponeo a 30 cm baja intensidad (2 veces al año)

D: Testigo (Típico de la huerta)

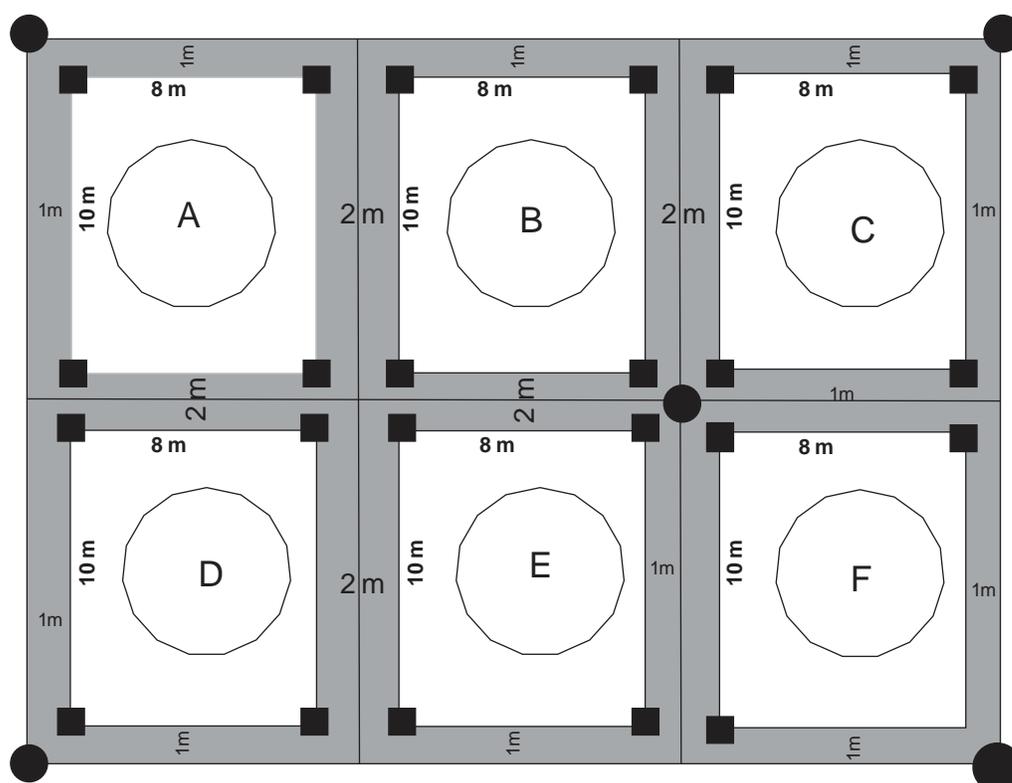
Huertas con monitoreo de manejo de herbáceas

| Folio | Productor | Huerta | Localidad |
|-------|----------------------|------------|---------------|
| 11 | José Carlos Bautista | La Alberca | Toreo el alto |
| 19 | Icpac Escalera | El Ilanito | Acuitzio |
| 22 | María Lugarda G. | Choromo I | Matangarán |

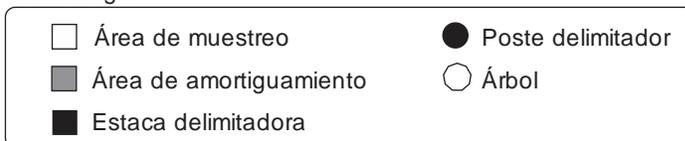
m_{sladksx}

s_{dcsdsfd}

Resultados



Simbología



Tratamientos

A: Sin chaponeo (No se chaponea durante el año de evaluación)

B: Chaponeo a 10 cm baja intensidad (2 veces al año)

C: Chaponeo a 30 cm baja intensidad (2 veces al año)

D: Chaponeo a 10 cm Alta intensidad (Cada 2 meses)

E: Chaponeo a 30 cm Alta Intensidad (Cada 2 meses)

F: Testigo (Típico de la huerta)

Huertas con monitoreo de manejo de herbáceas

| Folio | Productor | Huerta | Localidad |
|-------|------------------|--------------|-----------------|
| 5 | Jesús Chávez | La Esmeralda | San Andres Coru |
| 14 | Gerardo González | Picuaembo | Picuaembo |
| 7 | Adrián Chávez | Piedra china | San Andres Coru |

Polinizadores

La biodiversidad hace referencia al conjunto de organismos que habitan en un espacio definido. Por esto, en los sistemas agrícolas, también se habla de biodiversidad en términos de los organismos que habitan en el agroecosistema y generan relaciones entre ellos y el cultivo como tal. Esta diversidad, está determinada entonces, por un conjunto de elementos (suelo, agua, nutrientes, plantas, animales, microorganismos) que conforman los recursos propios del sistema agrícola y pueden estar definidos por las prácticas agrícolas realizadas. El manejo sobre la biodiversidad de los agroecosistemas, es la base para generar sistemas productivos sostenibles, en los cuales se mantenga e incluso aumente la fertilidad, la productividad y calidad de las producciones, así como, la regulación de las poblaciones plagas e incluso la erosión (Sans, 2007).

El componente de Biodiversidad fue evaluado en 4 subcomponentes, los cuales comprendieron desde la diversidad de los insectos visitantes de la flor del aguacatero y de las hierbas asociadas al cultivo, hasta la dinámica de cambio de la diversidad de las hierbas de acuerdo a la intensidad del chaponeo. A continuación se describe cada uno de los subcomponentes de la biodiversidad.

Subcomponente 1: Diversidad de las hierbas asociadas al cultivo del aguacate.

Las huertas aguacateras son principalmente monocultivos pero difieren en sus prácticas de manejo, las cuales incluyen la presencia de otras especies vegetales en las huertas. Algunas se mantienen con muy baja cobertura de herbáceas y otras permiten que la mayoría de la superficie esté cubierta por herbáceas. El manejo de la cobertura arbórea, el uso de agroquímicos y el chaponeo periódico pueden influir en la composición de la comunidad de herbáceas. En este trabajo se evaluó la riqueza de las herbáceas (número de especies) en 10 huertas con tipos de manejo diverso. Se muestrearon 10 sitios en cada huerta que comprendieron 800 m². Los ejemplares fueron fotografiados y recolectados para su posterior identificación taxonómica.

El manejo de los sistemas productivos conlleva a la simplificación de la biodiversidad regional (Altieri, 2000) lo que trae consigo la pérdida de innumerables recursos naturales. El cultivo de aguacate al ser monocultivo está expuesto a esta situación, aunque formas de manejo sustentables pueden generar el mantenimiento e incluso el incremento de la diversidad biológica. Durante la época de lluvias se identificaron 205 especies de herbáceas en las huertas, que pertenecen a 47 familias taxonómicas. Esta diversidad de hierbas asociada al cultivo brinda servicios ecológicos poco perceptibles pero de mucha importancia para el agroecosistema, las especies pueden brindar los servicios de: disminución de erosión, fijación de nitrógeno, mantenimiento de polinizadores, entre otros. En la tabla 1 se enlistan las especies encontradas con los servicios ecosistémicos identificados en las huertas de aguacate.

Cada especie puede brindar uno o varios servicios ecosistémicos, de acuerdo a la morfología, forma de crecimiento, atributos, etc. En este trabajo las especies se reunieron en dos grupos funcionales, determinados por la forma de desarrollo, esto atribuye funciones

particulares a cada grupo. Las hierbas monocotiledóneas o pastos ayudan a evitar la pérdida de suelo ya sea por erosión hídrica o eólica; las hierbas dicotiledóneas o hierbas con flores, además de evitar la erosión favorecen al mantenimiento de la biodiversidad, especialmente de insectos al brindar recursos alimenticios.

Para conocer la relación entre estos dos grupos se calculó el cociente del número de especies dicotiledóneas y especies monocotiledóneas, lo que permitió apreciar cambios en la comunidad de herbáceas, inducidos por el uso de herbicidas e intensidad en el chaponeo. El uso intensivo de estas promueven las especies monocotiledóneas con gran capacidad de reproducción vegetativa y rebrote desplazando a las especies las dicotiledóneas, lo que genera pérdida de los servicios ecosistémicos brindados por estas. Lo ideal es mantener especies que representen ambos grupos, con un cociente superior a 1, a mayor cociente mayor es la riqueza de las dicotiledóneas. La riqueza encontrada en las huertas de aguacate fue de 34 especies monocotiledóneas y 170 especies dicotiledóneas, para un cociente general de 5. Se observaron 26 especies fijadoras de nitrógeno agrupadas en 2 familias y 57 especies de atrayentes de polinizadores en 24 familias.

Tabla 1. Lista de grupos funcionales, ordenes, familias, géneros y especies encontrados visitando las flores de herbáceas en las 10 huertas muestreadas en el periodo de floración de 2012.

| CLASE | FAMILIA | ESPECIE | CARACTERISTICAS ECOLÓGICAS |
|---------------|---------------|---|----------------------------|
| Dicotiledónea | Amaranthaceae | Amaranthus powellii S. Watson | |
| Dicotiledónea | Amaranthaceae | Gomphrena serrata L. | |
| Dicotiledónea | Amaranthaceae | Gomphrena sp. | |
| Dicotiledónea | Apiaceae | Apium leptophyllum (Pers.) F. Muell. ex B. | |
| Dicotiledónea | Apiaceae | Daucus montanus Humb. & Bonpl. ex Schult. | |
| Dicotiledónea | Apiaceae | Eryngium carlinae F. Delaroché | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Ageratum houstonianum P. Mill | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Aldama dentata Llave & Lex. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Arnica montana L. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Arnica sp. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Astranthium orthopodium (B.L. Rob. & F.) L. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Baccharis heterophylla Kunth | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Baccharis sp. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Barkleyanthus salicifolius (Kunth) H. Rob. B. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Bidens aequisquama (Fernald) Sherff | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Bidens bigelovii A. Gray | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Bidens odorata Cav. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Chrysanthemum leucanthemum L. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Conyza canadensis (L.) Cronquist | A. polinizadores |

| | | | |
|---------------|-----------------|--|------------------|
| Dicotiledónea | Asteraceae | Conyza sp. 1 | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Cosmos bipinnatus Cav. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Cosmos scabiosoides Kunth | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Galinsoga quadriradiata Ruiz & Pavón | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Gnaphalium americanum P. Mill. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Gnaphalium sp. 1 | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Gymnosperma glutinosum (Spreng.) Less. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Hypericum sp. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Jaegeria hirta (Lag.) Less. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Melampodium divaricatum (L. C. Rich.) DC. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Melampodium perfoliatum (Cav.) Kunth | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Melampodium sp. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Monnina ciliolata Sessé y Moc. ex DC. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Morfoespecie 1 | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Morfoespecie 1 Asteraceae | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Morfotipo flor amarilla dos círculos | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Pinaropappus roseus (Less.) Less. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Piqueria trinervia Cav. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Psacalium cirsiifolium (Zucc.) H. Rob. y B. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Sonchus oleraceus L. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Stevia serrata Cav. | |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Tagetes erecta L. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Tagetes filifolia Lag. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Viguiera excelsa (Willd.) Benth. & Hook | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Asteraceae | Zinnia sp. Regel | |
| Dicotiledónea | Brassicaceae | Brassica juncea (L.) Coss. | |
| Dicotiledónea | Brassicaceae | Capsella bursa-pastoris (L.) Medic. | |
| Dicotiledónea | Brassicaceae | Lepidium virginicum L. | |
| Dicotiledónea | Brassicaceae | Raphanus raphanistrum L. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Cactaceae | Opuntia ficus-indica (L.) Mill. | |
| Dicotiledónea | Caesalpiniaceae | Chamaecrista nictitans (L.) Moench | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Caesalpiniaceae | Chamaecrista rufa (Mart. & Gal.) Britt. & R. | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Caesalpiniaceae | Chamaecrista sp.1 | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Caryophyllaceae | Cerastium nutans Raf. | |
| Dicotiledónea | Caryophyllaceae | Drymaria cordata (L.) Willd. ex Schult. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Chenopodiaceae | Chenopodium ambrosioides L. | |
| Dicotiledónea | Chenopodiaceae | Chenopodium fremontii S. Watson | |
| Dicotiledónea | Convolvulaceae | Evolvulus alsinoides (L.) L. | |
| Dicotiledónea | Convolvulaceae | Ipomoea cholulensis Kunth | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Convolvulaceae | Ipomoea orizabensis (Pelletan) Ledeb. ex S. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Convolvulaceae | Ipomoea purpurea (L.) Roth | A. polinizadores |

| | | | |
|---------------|------------------|--|----------------------------------|
| Dicotiledónea | Convolvulaceae | <i>Ipomoea tricolor</i> Cav. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Cucurbitaceae | <i>Cayaponia</i> sp.1 | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Cucurbitaceae | <i>Cyclanthera tamnoides</i> (Willd.) Cogn. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Cucurbitaceae | <i>Momordica charantia</i> L. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Cucurbitaceae | <i>Rytidostylis longisepala</i> (Cogn.) C. Jeffrey | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Cucurbitaceae | <i>Sicyos deppei</i> G. Don | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Dennstaedtiaceae | <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo roseta | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo enredadera hojas granades | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo flor blanca chiquitas todas juntas | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo flor blanca diminuta blanca | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo flor garra | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo flor naranja trompetada juntas | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo zanahoria flor lila | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo campanas diminutas moradas | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo blanca pequeña muchas juntas | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo fabaceae morada | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo flor morada ramillete | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo flores amarilla cuatro petalos | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo morada racimo chiquito | |
| Dicotiledónea | Desconocida | Morfotipo muchas flores blancas chicas | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Euphorbiaceae | <i>Acalypha mexicana</i> Muell.-Arg. | |
| Dicotiledónea | Euphorbiaceae | <i>Acalypha setosa</i> A. Rich. | |
| Dicotiledónea | Euphorbiaceae | <i>Euphorbia dentata</i> Michx. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Euphorbiaceae | <i>Euphorbia hirta</i> L. | |
| Dicotiledónea | Euphorbiaceae | <i>Euphorbia nutans</i> Lag. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Euphorbiaceae | <i>Euphorbia</i> sp. 3 | |
| Dicotiledónea | Euphorbiaceae | <i>Ricinus communis</i> L. | |
| Dicotiledónea | Euphorbiaceae | <i>Euphorbia nutans</i> Lag. | |
| Dicotiledónea | Fabaceae | <i>Aeschynomene villosa</i> Poir. | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | <i>Astragalus strigulosus</i> Kunth | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | <i>Cologania biloba</i> (Lindl.) G. Nicholson | Fijadora N y a. polinizadores |
| Dicotiledónea | Fabaceae | <i>Cologania</i> sp. 2 | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | <i>Cologania</i> sp. 3 | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | <i>Crotalaria</i> aff. <i>Polyphylla</i> | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | <i>Crotalaria micans</i> Link | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | <i>Crotalaria sagittalis</i> L. | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | <i>Dalea foliolosa</i> (Ait.) Barneby | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | <i>Dalea lutea</i> (Cav.) Willd. | Fijadora N y a. polinizadores |
| Dicotiledónea | Fabaceae | <i>Dalea reclinata</i> (Cav.) Willd. | Fijadora N |

| | | | |
|---------------|-----------------|--|----------------------------------|
| Dicotiledónea | Fabaceae | Desmodium distortum (Aubl.) J. F. Macbr. | Fijadora N y a. polinizadores |
| Dicotiledónea | Fabaceae | Desmodium uncinatum (Jacq.) DC. | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | Lupinus campestris Cham. & Schltdl. | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | Macroptilium gibbosifolium (Ort.) A. D. | Fijadora N y a. polinizadores |
| Dicotiledónea | Fabaceae | Medicago polymorpha L. | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | Phaseolus coccineus L. | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | Phaseolus micranthus Hook. & Arn | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | Phaseolus vulgaris L. Benth | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | Stizolobium pruriens (L.) Medik. | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fabaceae | Trifolium mexicanum Hemsl. | Fijadora N y a. polinizadores |
| Dicotiledónea | Fabaceae | Trifolium repens L. | Fijadora N y a. polinizadores |
| Dicotiledónea | Fabaceae | Zornia reticulata I. E. Smith | Fijadora N |
| Dicotiledónea | Fagaceae | Quercus sp. | |
| Dicotiledónea | Geraniaceae | Erodium moschatum (L.) L'Hér. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Geraniaceae | Geranium seemannii Peyr. | |
| Dicotiledónea | Hydrophyllaceae | Phacelia platycarpa (Cav.) Spreng. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Hypericaceae | Hypericum sp. | |
| Dicotiledónea | Iridaceae | Sisyrinchium toluicense Peyr. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Labiatae | Lepechinia caulescens (Ort.) Epling. | |
| Dicotiledónea | Lamiaceae | Salvia tiliifolia Vahl | |
| Dicotiledónea | Lamiaceae | Morfotipo Stachys | |
| Dicotiledónea | Lamiaceae | Salvia mexicana L. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Lamiaceae | Salvia riparia Kunth | |
| Dicotiledónea | Lythraceae | Cuphea aequipetala Cav. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Lythraceae | Cuphea jorullensis Kunth | |
| Dicotiledónea | Lythraceae | Cuphea toluicana Peyr. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Malvaceae | Anoda cristata (L.) Schltdl. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Malvaceae | Anoda sp. | |
| Dicotiledónea | Malvaceae | Malva parviflora L. | |
| Dicotiledónea | Malvaceae | Modiola caroliniana (L) G. Don | |
| Dicotiledónea | Malvaceae | Sida collina Schltdl. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Mimosaceae | Calliandra grandiflora Benth | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Onagraceae | Gaura coccinea Nutt. ex Pursh | |
| Dicotiledónea | Onagraceae | Lopezia racemosa Cav. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Onagraceae | Oenothera pubescens Willd. ex Spreng. | |
| Dicotiledónea | Onagraceae | Oenothera rosea L'Hér. ex Ait. | |
| Dicotiledónea | Oxalidaceae | Oxalis corniculata L. | |
| Dicotiledónea | Oxalidaceae | Oxalis divergens Benth. & Lindl. | |
| Dicotiledónea | Oxalidaceae | Oxalis latifolia Kunth | |

| | | | |
|-----------------|------------------|---|------------------|
| Dicotiledónea | Phytolaccaceae | Phytolacca icosandra L. | |
| Dicotiledónea | Plantaginaceae | Plantago australis Lam. | |
| Dicotiledónea | Plantaginaceae | Plantago lanceolata L. | |
| Dicotiledónea | Polygonaceae | Rumex obtusifolius L. | |
| Dicotiledónea | Primulaceae | Anagallis arvensis L. | |
| Dicotiledónea | Rosaceae | Alchemilla aphanoides L. f. | |
| Dicotiledónea | Rosaceae | Alchemilla procumbens Rose | |
| Dicotiledónea | Rosaceae | Alchemilla sp. | |
| Dicotiledónea | Rubiaceae | Borreria latifolia (Aubl.) K. Schum | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Rubiaceae | Borreria suaveolens G. Mey. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Rubiaceae | Bouvardia ternifolia (Cav.) Schltdl. | |
| Dicotiledónea | Rubiaceae | Crusea diversifolia (Kunth) W.A. Anderson | |
| Dicotiledónea | Rubiaceae | Crusea hispida (Mill.) B. L. Rob. | |
| Dicotiledónea | Rubiaceae | Crusea longiflora (Willd. ex Roem. & Schult.) | |
| Dicotiledónea | Rubiaceae | Mitracarpus hirtus (L.) DC. | |
| Dicotiledónea | Rubiaceae | Richardia scabra L. | |
| Dicotiledónea | Scrophulariaceae | Veronica persica Poir. | |
| Dicotiledónea | Solanaceae | Capsicum annuum L. | |
| Dicotiledónea | Solanaceae | Dichondra Repens J.R. Forst. & G. Forst. | |
| Dicotiledónea | Solanaceae | Jaltomata procumbens (Cav.) J. L. Gentry | |
| Dicotiledónea | Solanaceae | Lycopersicon esculentum P. Mill. | |
| Dicotiledónea | Solanaceae | Physalis sp. 1 | |
| Dicotiledónea | Solanaceae | Physalis sp. 2 | |
| Dicotiledónea | Solanaceae | Physalis volubilis Waterf. | |
| Dicotiledónea | Solanaceae | Solanum nigrescens Mart. & Gal. | A. polinizadores |
| Dicotiledónea | Sterculiaceae | Melochia pyramidata L. | |
| Dicotiledónea | Verbenaceae | Verbena bipinnatifida Nutt. | |
| Dicotiledónea | Verbenaceae | Verbena carolina L. | |
| Dicotiledónea | Vitaceae | Urtica sp. | |
| Monocotiledónea | Alliaceae | Allium glandulosum Link & Otto | |
| Monocotiledónea | Commelinaceae | Commelina coelestis Willd. | A. polinizadores |
| Monocotiledónea | Commelinaceae | Tinantia erecta (Jacq.) Schltdl. | |
| Monocotiledónea | Commelinaceae | Tripogandra purpurascens (Schauer) Handlos | A. polinizadores |
| Monocotiledónea | Cyperaceae | Cyperus odoratus L. | |
| Monocotiledónea | Cyperaceae | Cyperus seslerioides Kunth | |
| Monocotiledónea | Liliaceae | Echeandia flavescens Cruden | |
| Monocotiledónea | Liliaceae | Echeandia mexicana Cruden | A. polinizadores |
| Monocotiledónea | Liliaceae | Hypoxis mexicana J. A. Schultes & J. H. S. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Panicum commutatum Schult. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Avena fatua L. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Bothriochloa laguroides (DC.) Herter | |

| | | | |
|-----------------|------------------|--|------------------|
| Monocotiledónea | Poaceae | Bouteloua triaena (Trin. ex Spreng.) Scribn. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Brachiaria plantaginea (Link) A. S. Hitchc. | A. polinizadores |
| Monocotiledónea | Poaceae | Briza minor L. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Bromus catharticus Rupr. ex E. Fourn. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Cenchrus echinatus L. | A. polinizadores |
| Monocotiledónea | Poaceae | Cynodon nlemfuensis (L.) Gaertn. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Cyperus esculentus L. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Cyperus hermaphroditus (Jacq.) Standl. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Digitaria bicornis (Lam.) Roem. & Schultes | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Echinochloa colona (L.) Link | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Eragrostis mexicana (Hornem.) Link | A. polinizadores |
| Monocotiledónea | Poaceae | Ixophorus unisetus (J. Presl) Schldtl. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Lolium multiflorum Lam. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Muhlenbergia macroura (Kunth) Hitchc. | A. polinizadores |
| Monocotiledónea | Poaceae | Oplismenus aff. Burmannii | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Oplismenus burmannii (Retz.) P.Beauv | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Panicum commutatum Schult. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Paspalum pubiflorum Rupr. ex. E. Fourn. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Paspalum squamulatum E. Fourn | A. polinizadores |
| Monocotiledónea | Poaceae | Pennisetum sp. 1 | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Rhynchelytrum repens (Willd.) C. E. Hubb. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Setaria geniculata P. Beauv. | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Setaria parviflora (Poir.) Kerguélen | |
| Monocotiledónea | Poaceae | Trisetum deyeuxioides (Kunth) | A. polinizadores |
| Pteridofita | Dennstaedtiaceae | Pteridium aquilinum (L.) Kuhn | |

En la tabla 2 se observa la riqueza y las características ecológicas que ofrecen las herbáceas en las huertas de aguacate. La riqueza estuvo entre las 30 y 72 especies por huerta. Anteriormente se estableció la poca relación entre la zona altitudinal o la edad respecto a la diversidad, lo que se observó fue que el manejo específico de cada huerta determina la riqueza y composición florística. El promedio de la riqueza fue de 48.9 especies, del cual el 70% de las huertas estuvieron por encima de este y el 30% por debajo. El manejo genérico convencional y orgánico mostró diferencias, el primero presentó una riqueza de 35 especies por debajo del promedio para todas las huertas y el segundo de 56 especies (figura 1).

La riqueza de las herbáceas dicotiledóneas fue mayor que la de las monocotiledóneas con promedios de 38.4 y 11.4 especies, respectivamente. La proporción de las herbáceas dicotiledóneas y monocotiledóneas en ambos manejos fue similar, en el convencional el 79.2% fueron dicotiledóneas y en el orgánico el 73% (figura 2.)

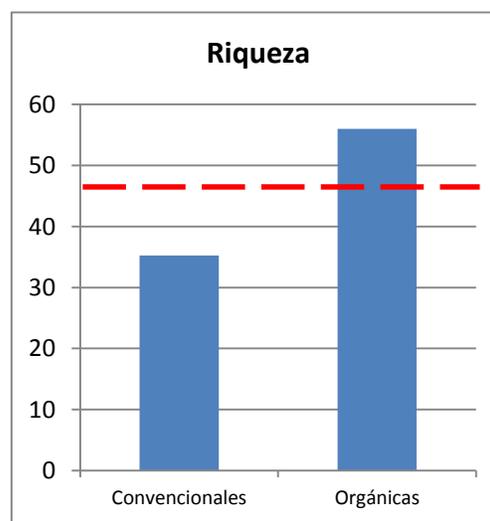
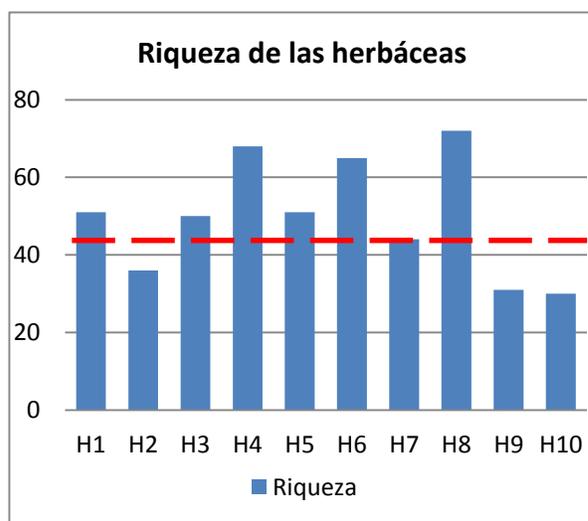
El cociente dicotiledóneas/monocotiledóneas mostró diferencias importantes entre las huertas aunque todas tuvieron mayor proporción de dicotiledóneas respecto a las

monocotiledóneas (figura 2). El promedio del cociente fue de 3.5, del cual el 30% de las huertas estuvieron por encima de este, el 20% igual al promedio y el 60% por debajo. El manejo genérico convencional y orgánico mostró diferencias, el primero presentó un cociente de 2.7 por debajo del promedio para todas las huertas y el segundo de 4.0 (figura 3).

Las características ecológicas de las herbáceas por manejo es diferente. En la riqueza de las fijadoras de nitrógeno el manejo convencional exhibió 3.7 especies en promedio por huerta, a diferencia de las orgánicas con 7.1 especies, ubicándose el primer manejo por debajo del promedio. En la riqueza de herbáceas que atraen a polinizadores las huertas convencionales obtuvieron en promedio 7.5 especies, mientras que las orgánicas tuvieron 13.8, ubicándose de igual forma por encima del promedio (figura 4).

Tabla 2. Diversidad y características de las herbáceas encontradas en las huertas de aguacateras.

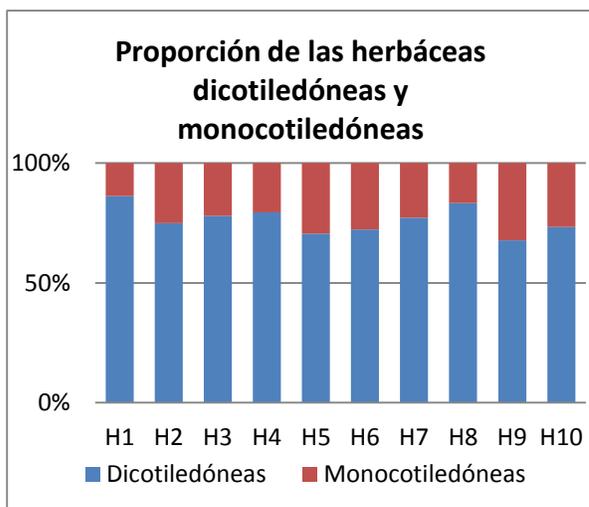
| Huerta | Tipo | | Riqueza | | Cociente | Características Ecológicas | |
|--------|----------|--------|---------|---------|----------|----------------------------|--------------|
| | Dicotil. | Monoc. | Familia | Especie | | Fijadoras N | Atray. Poli. |
| H1 | 44 | 7 | 21 | 51 | 6.3 | 5 | 21 |
| H2 | 27 | 9 | 19 | 36 | 3 | 3 | 14 |
| H3 | 39 | 11 | 24 | 50 | 3.5 | 4 | 9 |
| H4 | 54 | 14 | 26 | 68 | 3.9 | 7 | 13 |
| H5 | 36 | 15 | 19 | 51 | 2.4 | 6 | 7 |
| H6 | 47 | 18 | 26 | 65 | 2.6 | 11 | 6 |
| H7 | 34 | 10 | 18 | 44 | 3.4 | 9 | 11 |
| H8 | 60 | 12 | 28 | 72 | 5 | 8 | 18 |
| H9 | 21 | 10 | 14 | 31 | 2.1 | 4 | 10 |
| H10 | 22 | 8 | 17 | 30 | 2.8 | 1 | 4 |



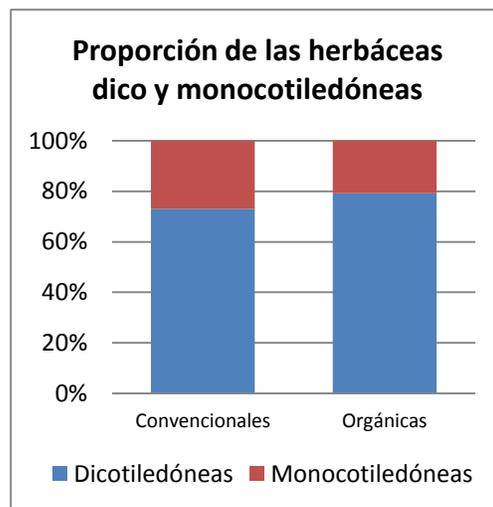
(a)

(b)

Figura 1. Riqueza de herbáceas en las 10 huertas muestreadas (a), riqueza en huertas convencionales y orgánicas (b). La línea roja indica el promedio total de 48.9 especies.

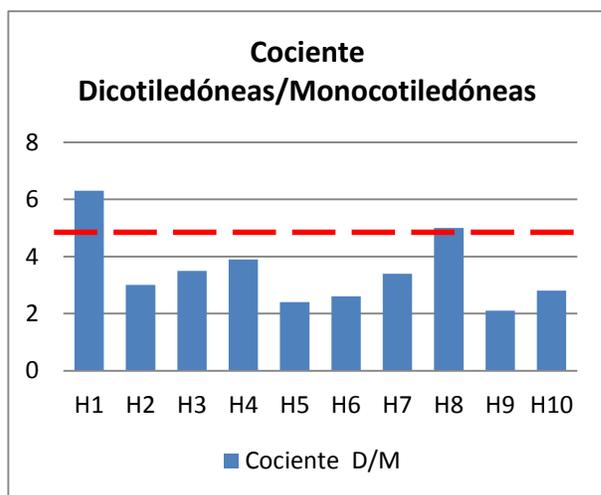


(a)

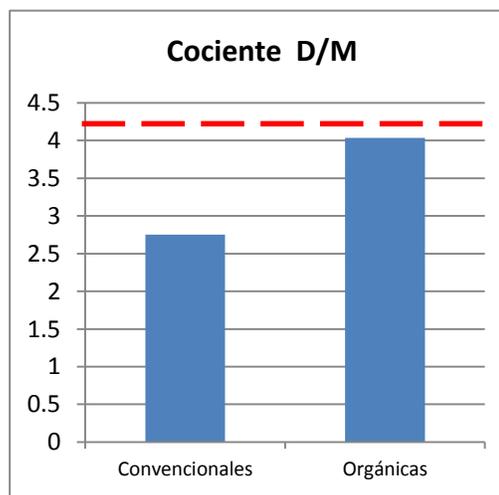


(b)

Figura 2. Proporción de las herbáceas dicotiledóneas y monocotiledóneas (a), proporción de las herbáceas dicotiledóneas y monocotiledóneas de acuerdo al manejo genérico (b). El promedio para la especies dicotiledóneas fue de 38.4 especies y para las monocotiledóneas de 11.4 especies.



(a)



(b)

Figura 3. Cociente dicotiledóneas/monocotiledóneas de las huertas. La línea roja indica el promedio total de 3.5.

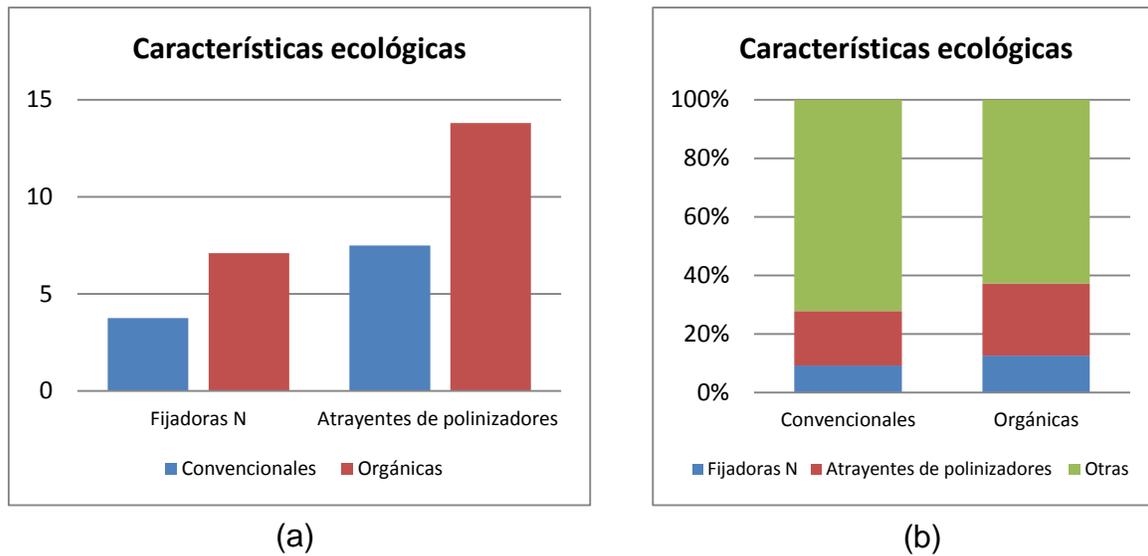


Figura 4. Características ecológicas de las herbáceas de acuerdo a la función (a), y de acuerdo al manejo (b). La línea roja indica el promedio total de 5.8 para la riqueza de fijadoras de N y 11.3 para la riqueza de las herbáceas atrayentes de polinizadores.

En terminos generales, el manejo orgánico favoreció a una mayor diversidad de herbáceas que las huertas con manejo convencional, aunque se debe aclarar, que el manejo específico de las huertas determina la biodiversidad existente. Por ejemplo, si se hace seguimiento a las huertas de forma particular, la huerta identificada como H1 obtuvo el mayor cociente peor no tuvo la mayor riqueza, por su lado, en la huerta H6 se observó una de las riquezas más altas pero, de los cocientes más bajos. Prácticas de manejo adecuadas pueden conllevar al mantenimiento e incluso al incremento de la biodiversidad en los agroecosistemas.

Subcomponente 2: Diversidad de los visitantes florales del aguacatero y de las hierbas asociadas.

El aguacate es una especie frutícola cuyas flores a pesar de tener los dos estados sexuales (femenino y masculino) en cada flor, exhiben una separación temporal de sexos, lo que quiere decir, que en un momento del día abren en estado femenino y en otro momento abren en masculino. Esta característica hace necesaria la presencia de vectores de polen, que lo transporten desde las flores masculinas y lo depositen en las femeninas, papel que realizan a cabalidad muchos insectos. Entre los insectos acarreadores de polen se encuentran abejas, avispas y moscas muchas de estas silvestres, aunque por la introducción de colmenas a los huertos la abeja europea (*Apis mellifera* L.) se ha convertido en la principal especie polinizadora. Por su parte, las plantas herbáceas asociadas a este cultivo proporcionan recursos alimenticios a los insectos, y en la época de ausencia de la flor del aguacate pueden proporcionar el alimento necesario para el sostenimiento de esta comunidad.

Durante el año en el que se efectuó el estudio se cubrieron dos periodos de floración del aguacate, los cuales correspondieron a la floración “normal” comprendida entre los años 2010-2011 y 2011-2012. Los muestreos se llevaron a cabo en los meses de febrero y enero, respectivamente. Se obtuvo una estimación del número de aguacates por m² de follaje, en tres momentos: a un mes, a tres meses y a siete meses del muestreo de insectos. Adicionalmente, se realizó el aislamiento por medio de malla antiáfidos a 12 árboles en 4 huertas, y así, por medio de la comparación con árboles cercanos considerar el efecto de los insectos como polinizadores del aguacatero, también se estableció la relación entre diversidad de insectos y los frutos producidos en 10 árboles de cada huerta muestreada. Por otro lado, se ejecutó un muestreo de visitantes florales de herbáceas en los meses de septiembre-octubre de 2012, época en la cual aún no hay flor de aguacate, esto permitió observar a la fauna insectil que las huertas sostienen de acuerdo a la comunidad de herbáceas presente. En ambos casos, los ejemplares fueron fotografiados y recolectados para su posterior identificación taxonómica. Se realizaron las redes de interacciones entre las herbáceas y los insectos visitantes florales por medio del programa Ucinet 6, versión 232 (Borgatti, et al., 2002).

La diversidad de los visitantes florales consistió en la obtención de la riqueza (número de especies) y la abundancia (número de individuos por especie) de los insectos observados en las flores del aguacate en 10 huertas. Se agruparon las huertas según el manejo con el fin de observar patrones de mantenimiento de diversidad de los insectos y se relacionó la diversidad encontrada con el número de frutos en los árboles.

En las tablas 3 y 4 se enlistan las especies o morfotipos encontrados en las flores de aguacate de los dos muestreos que conciernen a este proyecto, en la tabla 5, se enlistan las especies o morfotipos de insectos encontrados en las flores de las herbáceas. La riqueza de los visitantes florales del aguacate estuvo compuesta por 63 especies de insectos (figura 5), organizados en 5 grupos funcionales (figura 6), entre los que sobresalen el grupo de las moscas con el 52% de las especies, seguido por el de las avispas con el 26% y en los últimos lugares el de las abejas, chinches y escarabajos con el 13, 6 y 3% respectivamente. La riqueza descrita anteriormente fue obtenida en tres muestreos y se observa diferencia entre las especies recolectadas en cada uno (figura 5), en el primer muestreo se obtuvieron 40 especies, en el segundo muestreo se observaron 22 especies y en el tercero incremento nuevamente a 36 especies, esta diferencia puede deberse a la oferta floral que presentaba el

aguacatero en el momento de cada muestreo. Por su lado, en las herbáceas se encontraron 81 especies, que constituyeron 5 grupos funcionales entre los cuales el de las moscas, avispas y abejas presentaron proporciones similares 36, 32 y 25% (figura 6), observándose una comunidad más uniforme.

Los agroecosistemas pueden brindar recursos a las poblaciones silvestres, permitiendo que estas se mantengan a lo largo del año, principalmente cuando se trata de agroecosistemas diversos, considerando que existe fluctuación temporal en la riqueza y composición de la comunidad de insectos debido al cambio de la comunidad de las plantas y de los recursos en general durante periodos (Gómez, 2002; Memmott, 2004). A pesar que la riqueza de insectos encontrados en las flores del aguacate fue 28.6% menor a la riqueza de insectos de las hierbas, posiblemente debido por las y condiciones ambientales como temperatura y humedad, la presencia de hierbas en época de no floración del aguacate permite que la comunidad de polinizadores potenciales de esta especie se mantenga aun cuando no hay flor.

El manejo de los sistemas productivos agrícolas determina la diversidad biológica encontrada en estos. En este proyecto se identificaron dos manejos generales de las huertas de aguacate: el convencional y el orgánico, que podrían incidir en la diversidad de los visitantes florales, aunque no se encontró diferencias entre la riqueza observada en ambos manejos ($P = 0.075$). En promedio la riqueza para las huertas convencionales fue de 5.5 especies y para las orgánicas de 6.7 especies, estando esta última por encima del promedio del total, se observan cambios en la riqueza en los tres muestreos (figura 7). Es importante resaltar, que para el último muestreo donde la riqueza de insectos en los dos manejos se acerca a 7 especies, la introducción de colmenas y/o incremento de estas se había hecho en 7 de las huertas muestreadas (3 convencionales y 4 orgánicas) a diferencia de las 4 huertas de los dos muestreos anteriores (3 convencionales y 1 orgánica). Por otro lado, la riqueza de los visitantes florales de las hierbas en los manejos convencional y orgánico si fue significativamente diferente ($P = 0.008$).

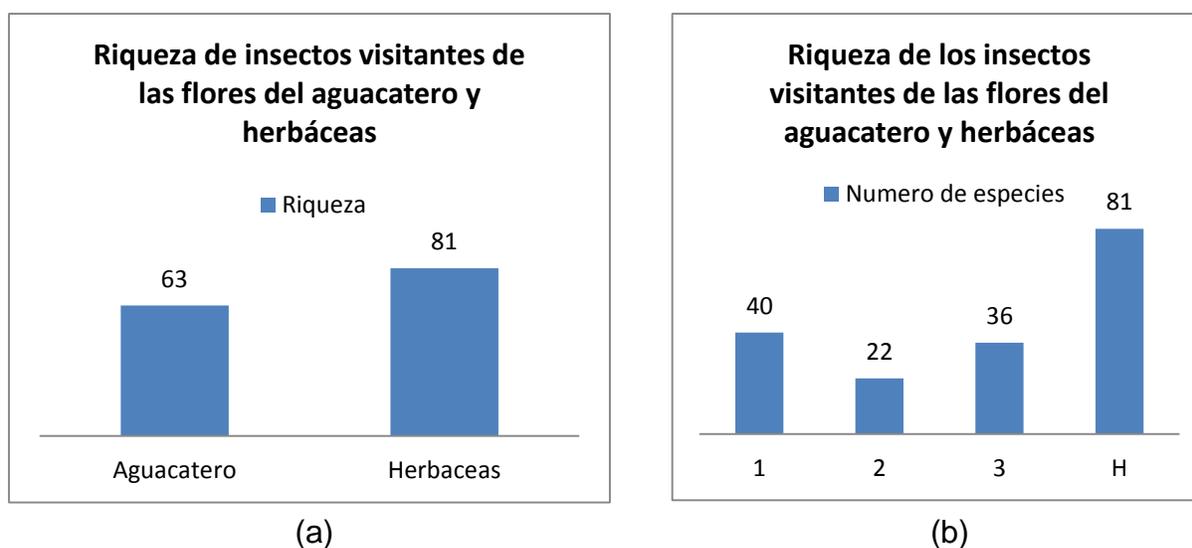


Figura 5. Riqueza de los insectos visitantes de las flores del aguacatero y las herbáceas asociadas al cultivo, (a) riqueza total y (b) Riqueza obtenida en cada muestreo del estudio.

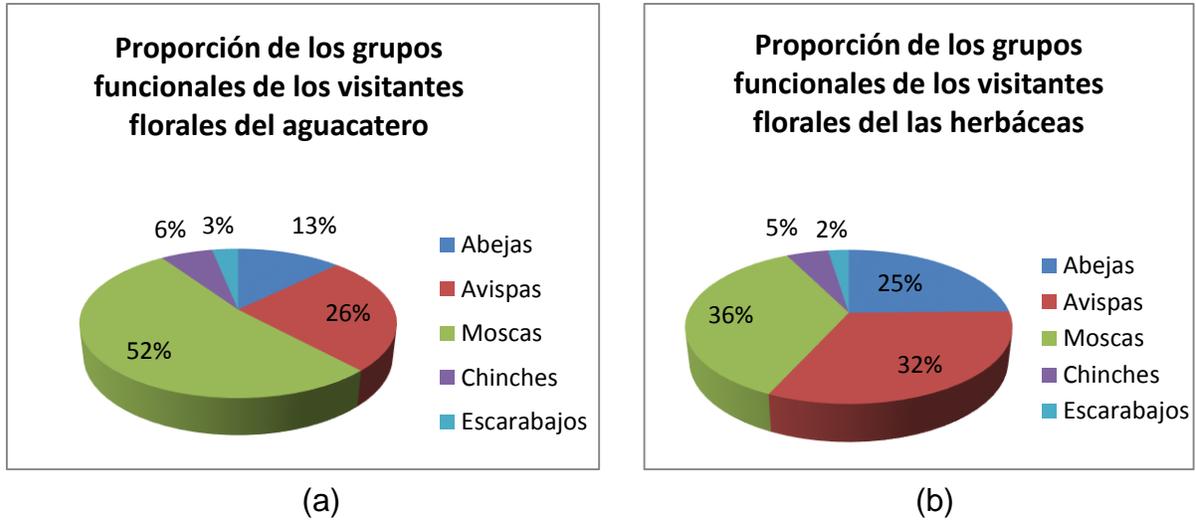


Figura 6. Proporción de los grupos funcionales de los visitantes florales de los visitantes florales: (a) del aguacatero y (b) de las herbáceas.

Aunque no fue posible relacionar la semejanza en la riqueza de los insectos encontrados en el aguacatero respecto al manejo y a la presencia de colmenas introducidas o el aumento de estas, si se pudo observar que el manejo orgánico, libre de pesticidas de síntesis química tiene mayor número de especies de insectos visitantes de las flores de las herbáceas.

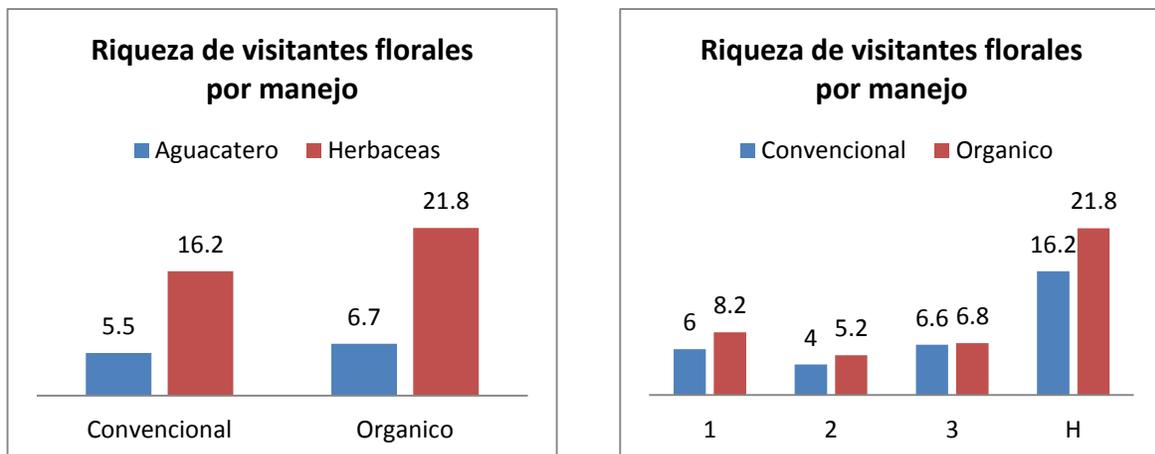
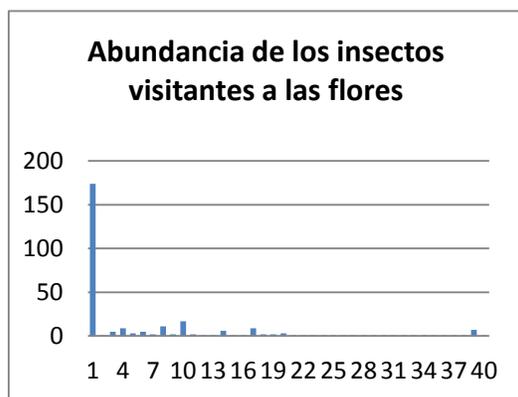


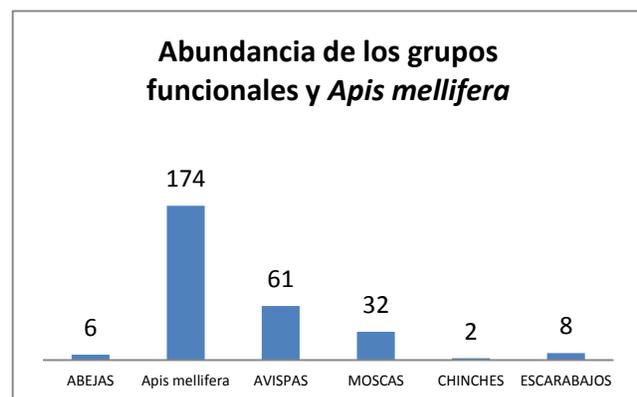
Figura 7. Riqueza de visitantes florales por manejo: convencional y orgánico, (a) riqueza total, (b) riqueza por muestreo. La línea roja indica el promedio total de riqueza de 5.7.

La función ecológica de los polinizadores potenciales está dada por el número de visitas a las flores, el acarreo de polen y por la abundancia que la especie presente en un momento dado. Para este estudio se consideró la abundancia de cada especie de insectos encontrados en las plantas de aguacate y en las hierbas, la cual se observa en la figura 8. La abeja europea (*Apis mellifera*) es un especie ampliamente distribuida y utilizada como polinizador, y fue la especie que mayor abundancia presentó al compararse con la abundancia de las demás especies, e incluso, cuando se le comparó con la abundancia de cada grupo funcional. Esto quiere decir que, el número de individuos recolectados de abeja europea superó a la suma de todos los individuos de todas las especies pertenecientes al grupo funcional.

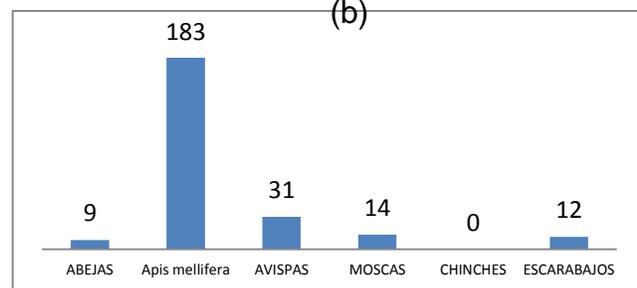
La introducción de abeja europea ha cambiado la proporción de la diversidad de los polinizadores potenciales en las huertas aguacateras incluso en ausencia de las colmenas. Esto es evidente en el muestreo de visitantes florales de las herbáceas donde esta especie sigue siendo predominante, aunque la proporción entre las abundancias es un poco más equitativa que cuando está solo la flor del aguacate. De igual forma es apreciable, al generar una regresión de Pearson ($P = 0.315$) la inexistente relación entre abundancia de la especie y presencia de colmenas en la huerta. Lo que quiere decir, que la abeja europea hace parte de la diversidad silvestre de la región, ya que en huertas donde no hay colmenas se encontraron también altos valores de abundancia (figura 9).



(a)



(b)



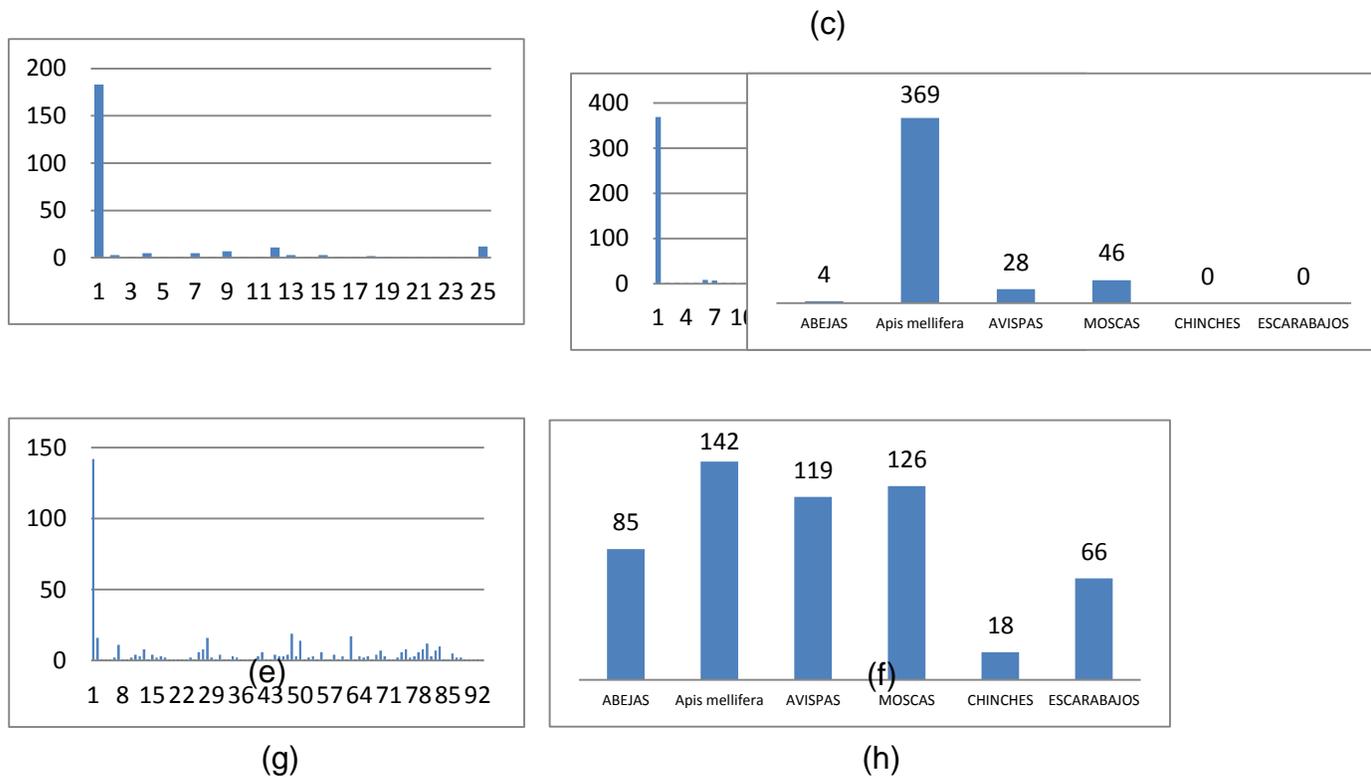


Figura 8. Abundancia de los insectos visitantes de las flores del aguacatero en los tres muestreos (a-f) y de las herbáceas (g y h). La abundancia se comparó entre las especies encontradas (a, c, e y g) y con los grupos funcionales (b, d, f y h). La abundancia de *Apis mellifera* sobresale a las demás especies, incluso cuando se compara con la abundancia total de cada grupo funcional.

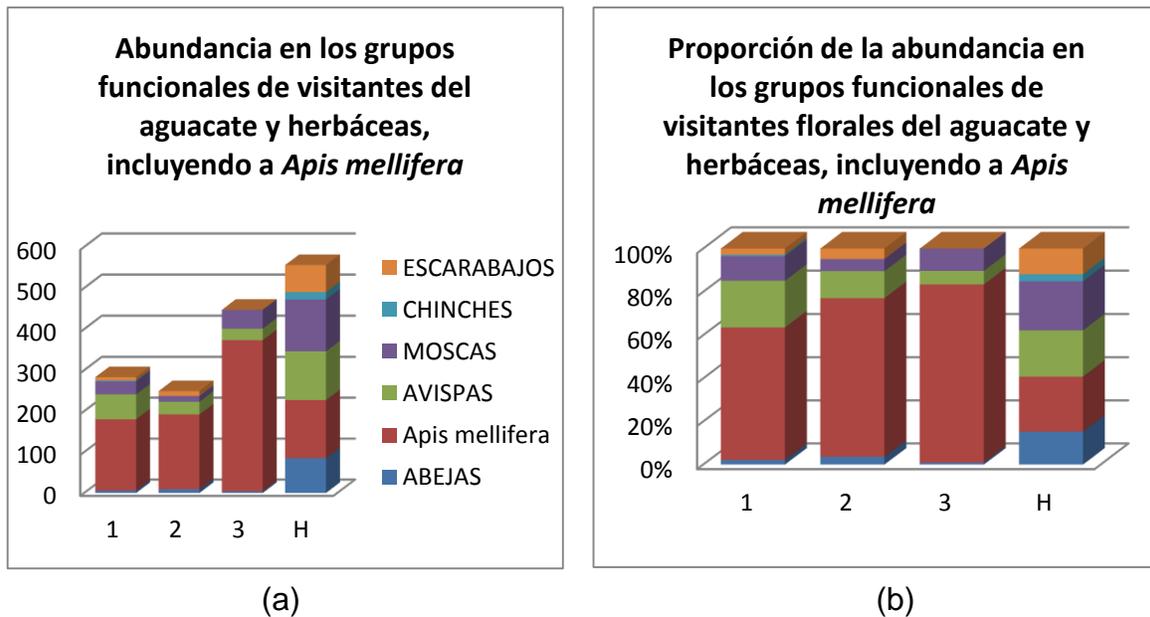


Figura 9. Abundancia de cada grupo funcional y de *Apis mellifera* insectos en las flores del aguacatero y herbáceas respecto a la abundancia total (a), proporción de la abundancia en los grupos funcionales de visitantes florales del aguacate y herbáceas incluyendo *Apis mellifera*.

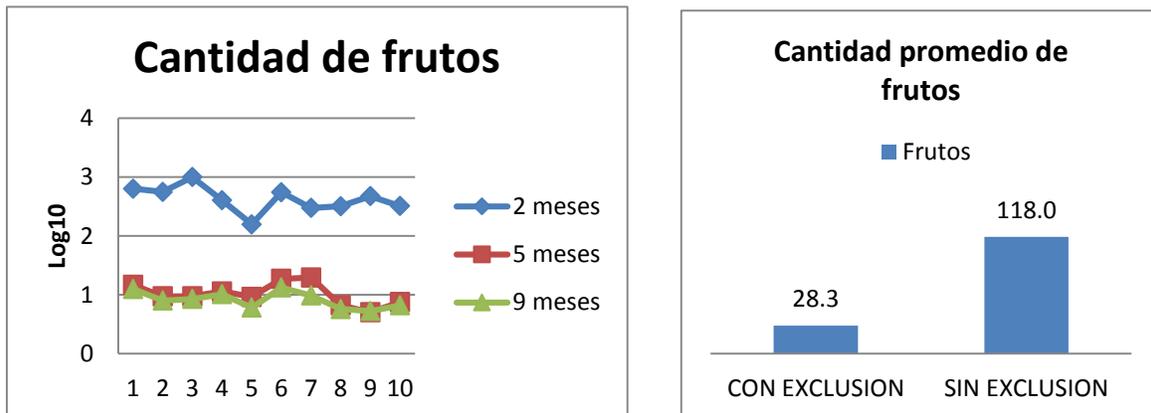


Figura 10. Cantidad de frutos encontrados a los 2, 5 y 9 meses del muestreo de diversidad de visitantes florales (a) y la cantidad de frutos obtenidos a partir de árboles de aguacate con exclusión y sin exclusión (b).

El aguacate es polinizado principalmente por insectos (Roubik, 1995; Ish-Am, 1995; Can, et al., 2005; Cabezas y Cuevas, 2007) aunque hay trabajos que sugieren que el viento puede contribuir a la polinización del aguacate en aquellas zonas donde las fases femenina y masculina de la flor abren al mismo tiempo aunque la máxima probabilidad de ocurrencia encontrada hasta el momento es del 35% (Davenport, et al., 1994). En la figura 11a se observa la cantidad de frutos producidos en las 10 huertas muestreadas a los 2, 5 y 9 meses del muestreo de insectos. Puede apreciarse la pérdida de frutos que tiene el aguacatero. Se encontró diferencia ($P = 0.001$) entre la presencia de insectos polinizadores y cantidad de frutos (figura 10 b), con una disminución de la cantidad de frutos del 76%, pero no se identificó una relación entre la riqueza de visitantes florales y la cantidad de frutos (figura 11) Lo anterior indica que efectivamente el aguacate requiere de insectos para la fructificación.

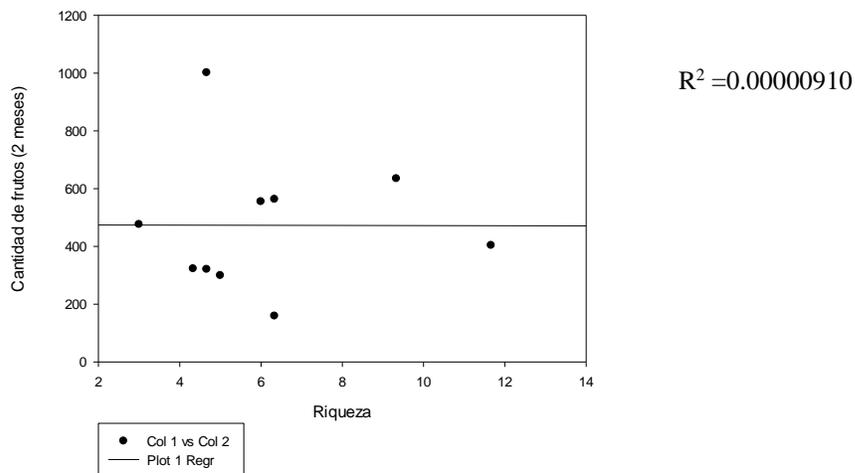


Figura 11. Regresión lineal entre la riqueza de insectos visitantes a las flores de aguacate y la cantidad de frutos encontrados a los 2 meses del muestreo de insectos.

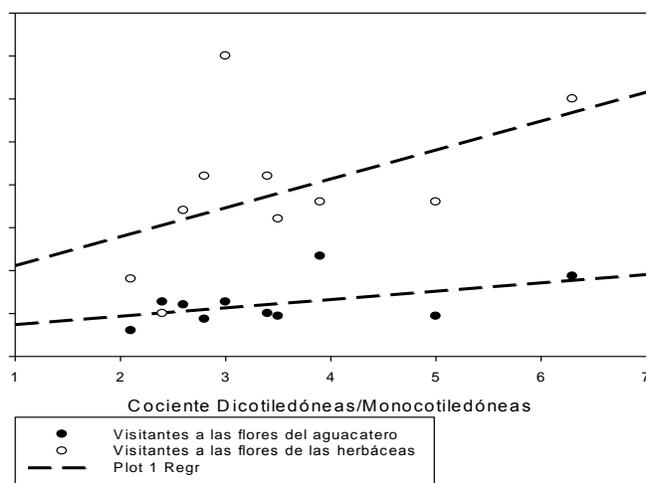


Figura 12. Regresión lineal entre el cociente de Dicotiledóneas/Monocotiledóneas y la riqueza de visitantes de las flores del aguacatero y visitantes de las flores de las herbáceas. Cada punto representa los valores medidos en una huerta.

Las diferencias observadas en el cociente de plantas dicotiledóneas y monocotiledóneas pueden tener gran repercusión en la comunidad de polinizadores, ya que las especies de monocotiledóneas (especialmente del tipo de los pastos que fueron muy comunes en las huertas) son menos atractivas para los visitantes de las flores. Las dicotiledóneas suelen tener flores más atractivas y con polen y néctar, por eso se exploró la relación entre el cociente dicotiledóneas/monocotiledóneas y la riqueza de los insectos visitantes de las flores del aguacatero y de las herbáceas. Se encontró una relación positiva del cociente ($R^2 = 0.23$, $R^2 = 0.24$, respectivamente). Esto apoya el argumento de que no solo es importante mantener una riqueza alta de especies en las huertas, sino también un buen balance de especies que atraiga a los insectos benéficos.

Tabla 3. Lista de grupos funcionales, ordenes, familias, géneros y especies encontrados visitando las flores de aguacate en las 10 huertas muestreadas en el periodo de floración de 2010-2011.

| GRUPO | ORDEN | FAMILIA | GENERO | ESPECIE | |
|------------|-------------|------------|----------------|-----------------------|---------------------------------|
| ABEJAS | Hymenoptera | Apidae | Apis | <i>Apis mellifera</i> | |
| | | Halictidae | Lasioglossum | <i>Lasioglossum</i> | |
| | | | | Morfotipo 1.2 | |
| | | | | Morfotipo 2.2 | |
| AVISPAS | | Vespidae | Vespula | | <i>Vespula escuamosa</i> |
| | | | Polybia | | <i>Polybia diguetana</i> |
| | | | Brachigastra | | <i>Brachigastra mellifera</i> |
| | | | Parachartergus | | <i>Parachartergus mexicanus</i> |
| | | | | Morfotipo 1.2 | |
| | | | | Morfotipo 2.2 | |
| | | | Morfotipo 3.2 | | |
| | | | Morfotipo 4.2 | | |
| MOSCAS | Diptera | | | Morfotipo 1.2 | |
| | | | | Morfotipo 2.2 | |
| | | | | Morfotipo 3.2 | |
| | | | | Morfotipo 4.2 | |
| | | | | Morfotipo 5.2 | |
| | | | | Morfotipo 6.2 | |
| | | | | Morfotipo 7.2 | |
| | | | | Morfotipo 8.2 | |
| | | | | Morfotipo 9.2 | |
| ESCARABAJO | | | | Morfotipo 1.2 | |

Tabla 4. Lista de grupos funcionales, ordenes, familias, géneros y especies encontrados visitando las flores de aguacate en las 10 huertas muestreadas en el periodo de floración de 2011-2012.

| GRUPO | ORDEN | FAMILIA | GENERO | ESPECIE | |
|---------|-------------|----------------|--------|--------------------------|----------------|
| ABEJAS | Hymenoptera | | ABEJAS | <i>Apis mellifera</i> | |
| | | | | <i>Lassioglossum</i> sp. | |
| | | | | Morfotipo 1.3 | |
| | | | | Morfotipo 2.3 | |
| | | | | Morfotipo 3.3 | |
| AVISPAS | | | | | Morfotipo 1.3 |
| | | | | | Morfotipo 2.3 |
| | | | | | Morfotipo 3.3 |
| | | | | | Morfotipo 4.3 |
| | | | | | Morfotipo 5.3 |
| | | | | | Morfotipo 6.3 |
| | | | | | Morfotipo 7.3 |
| | | | | | Morfotipo 8.3 |
| | | | | | Morfotipo 9.3 |
| | | | | | Morfotipo 10.3 |
| MOSCAS | Diptera | | | Morfotipo 1.3 | |
| | | | | Morfotipo 2.3 | |
| | | | | Morfotipo 3.3 | |
| | | | | Morfotipo 1.3 | |
| | | | | Morfotipo 2.3 | |
| | | | | Morfotipo 3.3 | |
| | | | | Morfotipo 4.3 | |
| | | | | Morfotipo 5.3 | |
| | | | | Morfotipo 6.3 | |
| | | | | Morfotipo 7.3 | |
| | | | | Morfotipo 8.3 | |
| | | | | Morfotipo 9.3 | |
| | | | | Morfotipo 10.3 | |
| | | | | Morfotipo 11.3 | |
| | | | | Morfotipo 12.3 | |
| | | | | Morfotipo 13.3 | |
| | | | | Morfotipo 14.3 | |
| | | | | Morfotipo 15.3 | |
| | | Morfotipo 16.3 | | | |
| | | Morfotipo 17.3 | | | |
| | | Morfotipo 18.3 | | | |

Tabla 5. Lista de grupos funcionales, ordenes, familias, géneros y especies encontrados visitando las flores de herbáceas en las 10 huertas muestreadas en el periodo de floración de 2012.

| GRUPO | ORDEN | FAMILIA | GENERO | ESPECIE |
|-------|-------|---------|--------|---------|
|-------|-------|---------|--------|---------|

| | | | | |
|---------------|---------|----------------|--------------|---------------------------|
| ABEJAS | | Apidae | Apis | Apis mellifera |
| | | Halictidae | Lasioglossum | Lasioglossum sp. |
| | | | | Morfotipo 1.4 |
| | | | | Morfotipo 2.4 |
| | | | | Morfotipo 3.4 |
| | | | | Morfotipo 4.4 |
| | | | | Morfotipo 5.4 |
| | | | | Morfotipo 6.4 |
| | | | | Morfotipo 7.4 |
| | | | | Morfotipo 8.4 |
| | | | | Morfotipo 9.4 |
| | | | | Morfotipo 10.4 |
| | | | | Morfotipo 11.4 |
| | | | | Morfotipo 12.4 |
| | | | | Morfotipo 13.4 |
| | | | | Morfotipo 14.4 |
| | | | | Morfotipo 15.4 |
| | | AVISPAS | Hymenoptera | |
| | | | | Morfotipo 17.4 |
| | | | | Morfotipo 18.4 |
| | | | | Morfotipo 1.4 |
| | | | | Morfotipo 2.4 |
| | | | | Morfotipo 3.4 |
| | | | | Morfotipo 4.4 |
| | | | | Morfotipo 5.4 |
| | | | | Morfotipo 6.4 |
| | | | | Morfotipo 7.4 |
| | | | | Morfotipo 8.4 |
| | | | | Morfotipo 9.4 |
| | | | | Morfotipo 10.4 |
| | | | | Morfotipo 11.4 |
| | | | | Morfotipo 12.4 |
| | | | | Morfotipo 13.4 |
| | | | | Morfotipo 14.4 |
| | | | | Morfotipo 15.4 |
| | | Morfotipo 16.4 | | |
| | | Morfotipo 17.4 | | |
| | | Morfotipo 18.4 | | |
| | | Morfotipo 19.4 | | |
| | | Morfotipo 20.4 | | |
| | | Morfotipo 21.4 | | |
| | | Morfotipo 22.4 | | |
| | | Morfotipo 23.4 | | |
| | | Morfotipo 24.4 | | |
| | | Morfotipo 25.4 | | |
| | | Morfotipo 26.4 | | |
| MOSCAS | Diptera | Syrphidae | Toxomerus | <i>Toxomerus mutuus</i> |
| | | Dolichopodidae | - | Sp. 1 |
| | | Syrphidae | Allograpta | <i>Allograpta similis</i> |

| | | | | |
|--------------------|--|---------------|--------------|------------------------------|
| | | Syrphidae | - | Allograpta sp. 3 |
| | | Syrphidae | Allograpta | <i>Allograpta exotica</i> |
| | | Syrphidae | Allograpta | <i>Allograpta obliqua</i> |
| | | Syrphidae | Toxomerus | <i>Toxomerus marginatus</i> |
| | | Syrphidae | Toxomerus | <i>Toxomerus floralis</i> |
| | | Syrphidae | Toxomerus | <i>Toxomerus politus</i> |
| | | Syrphidae | Toxomerus | <i>Toxomerus dispar</i> |
| | | Syrphidae | Toxomerus | Toxomerus sp.2 |
| | | Syrphidae | Toxomerus | <i>Toxomerus pictus</i> |
| | | | | Morfotipo 1.4 |
| | | | | Morfotipo 2.4 |
| | | Syrphidae | Platycheirus | Sp. 1 |
| | | | | Morfotipo 3.4 |
| | | Tachinidae | - | Sp. 7 |
| | | Calliphoridae | - | Sp. 3 |
| | | Syrphidae | Palpada | <i>Palpada mexicana</i> |
| | | Syrphidae | Palpada | <i>Palpada furcata</i> |
| | | Syrphidae | Eupeodes | <i>Eupeodes americanus</i> |
| | | Muscidae | - | Sp. 6 |
| | | Syrphidae | Copestylum | <i>Copestylum marginatum</i> |
| | | Bibionidae | - | Sp. 1 |
| | | | | Morfotipo 1.4 |
| | | | | Morfotipo 2.4 |
| | | | | Morfotipo 3.4 |
| | | | | Morfotipo 4.4 |
| | | Syrphidae | Lejops | Lejops mexicanus |
| | | | | Morfotipo 1.4 |
| | | | | Morfotipo 2.4 |
| | | | | Morfotipo 3.4 |
| | | | | Morfotipo 4.4 |
| CHINCHES | | | | Morfotipo 1.4 |
| | | | | Morfotipo 2.4 |
| | | | | Morfotipo 3.4 |
| | | | | Morfotipo 4.4 |
| ESCARABAJOS | | | | Morfotipo 1.4 |
| | | | | Morfotipo 2.4 |
| | | | | Morfotipo 3.4 |
| | | | | Morfotipo 4.4 |
| | | | | Morfotipo 5.4 |
| | | | | Morfotipo 6.4 |

Existe una fuerte relación entre la biodiversidad de herbáceas y la de los visitantes florales, dada por el uso de recursos alimenticios como polen y néctar por parte de los animales que lo obtienen de las flores y la necesidad de reproducción de las plantas, que en muchas ocasiones requieren que los animales transporten el polen de las flores masculinas a las flores femeninas. Hoy en día se habla de una crisis en la biodiversidad de polinizadores en términos de riqueza y abundancia ocasionada por la pérdida y alteración del hábitat natural (Steffan-Dewenter et al. 2005) lo que puede conllevar a una disminución de las tasas de polinización y afectar negativamente la productividad no solo en los ecosistemas naturales sino también a los agroecosistemas (Klein et al. 2007; Chacoff, 2007).

En los agroecosistemas de acuerdo a la biodiversidad de herbáceas y al cultivo que se implemente se pueden establecer redes de interacciones entre plantas y polinizadores. En este trabajo se observó la red de polinizadores de las herbáceas y los insectos visitantes florales. Se detectaron 57 herbáceas que son visitadas por insectos, esto corresponde al 27.8% del total de la especies de herbáceas, y fueron visitadas por 81 especies de insectos.

Cada especie de herbáceas puede generar diferente tipo de interacción, unas especies presentar relación con muchos insectos, o viceversa. Como se aprecia en la figura 12, que corresponde a la red de interacciones entre las herbáceas y el grupo funcional de las abejas, compuesta por 33 especies de herbáceas y 26 especies de abejas. *Apis mellifera* fue la especie con mayor relaciones (25 especies de herbáceas), mientras que las demás especies de abejas establecen con pocas hierbas. Por otro lado, las especies herbáceas *Bidens odorata*, *Melampodium divaricatum* y *Sida collina* son las que más visitantes florales atraen 45, 21 y 24 especies de insectos, respectivamente. En la figura 13 se observa la red de interacciones entre las herbáceas y el grupo funcional de las avispas, compuesta por 21 especies de herbáceas y 42 especies de avispas. Esta red de interacción fue más simétrica, no se identifican especies que sobresalgan en el número de relaciones. En la figura 14 se muestra la red de interacciones entre las herbáceas y el grupo funcional de las moscas, compuesta por 25 especies de herbáceas y 27 especies de avispas, en esta red sobresale una especie de mosquita (aún no identificada taxonómicamente) con 23 relaciones y nuevamente se observa la herbácea *Bidens odorata* interactuando con 13 especies de mosca.

De esta forma, se puede advertirse que las relaciones que establecen las especies entre si son fundamentales para el sostenimiento la biodiversidad en los agroecosistemas.

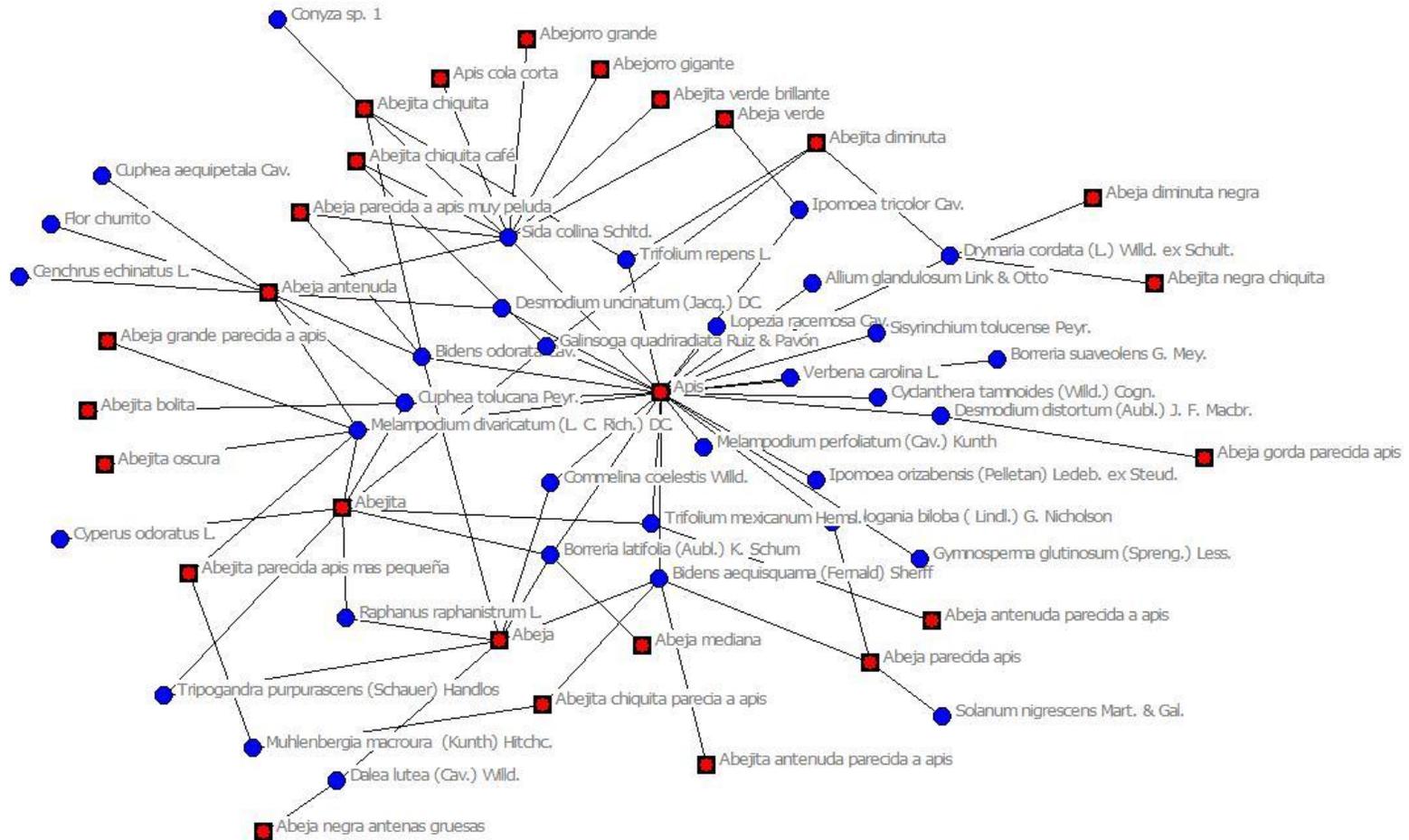


Figura 12. Red de interacciones entre herbáceas y visitantes florales del grupo funcional de las abejas.

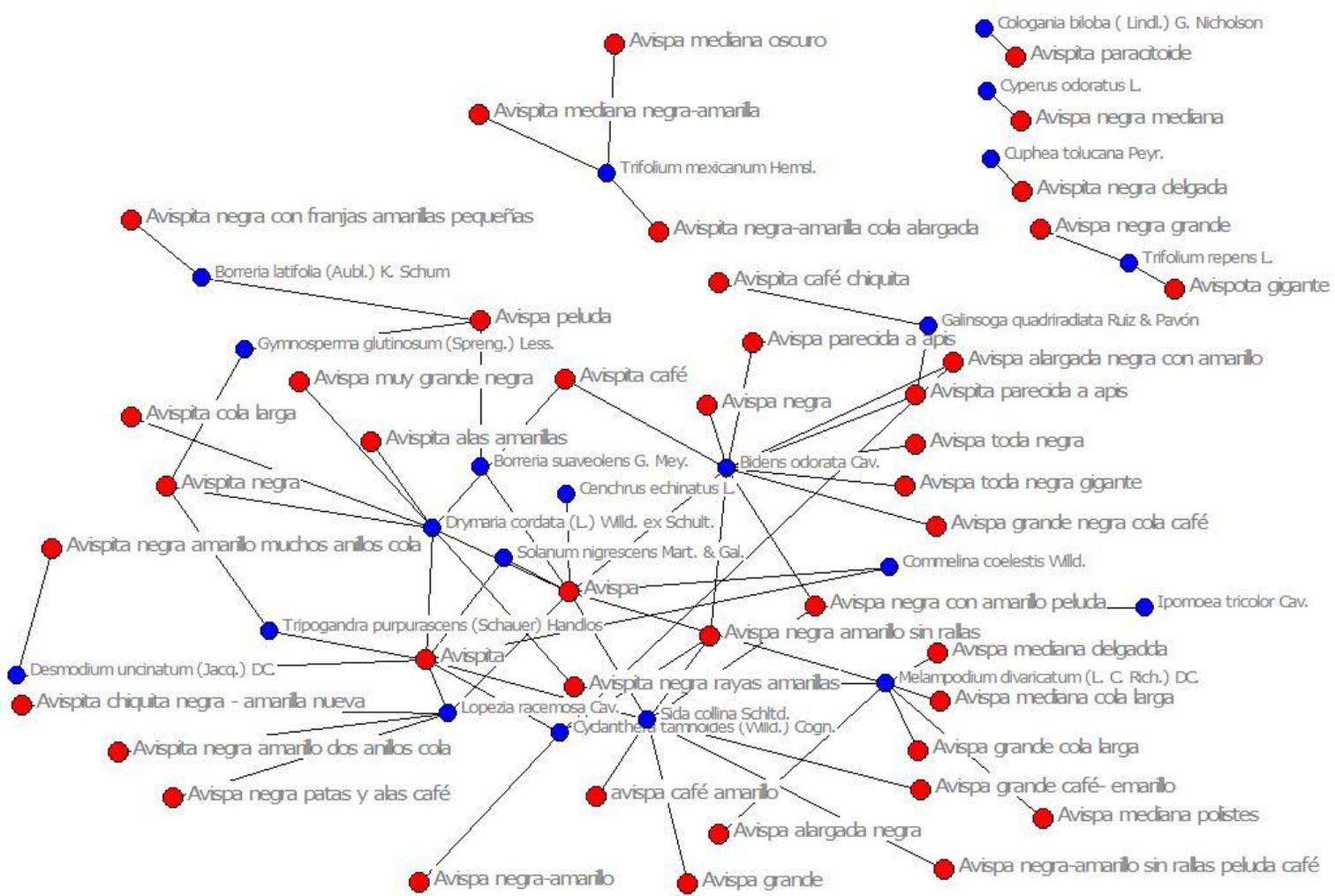


Figura 13. Red de interacciones entre herbáceas y visitantes florales del grupo funcional de las avispas.

Bibliografía

Altieri, M., Nicholls, C. I. (2000) 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 1ª Edición. México. 250 p.

Borgatti, S.P., Everett, M.G. and Freeman, L.C. 2002. Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis. Harvard, MA: Analytic Technologies.

Cabezas, C., Cuevas, J. (2007) Vectores de polinización del aguacate en sur este español. Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate). Viña Del Mar, Chile.

Can, C., Quezada, J. J., Xiu, P., Moo, H., Valdovinos, G. R., Medina, S (2005) Pollinators of criollo avocados (*Persea americana*) and the behavior of associated bees in subtropical México. Journal of Apicultural Research, 44, 3–8.

Chacoff, N. P., Morales, C. L. 2007. Impacto de las alteraciones antrópicas sobre la polinización y la interacción planta-polinizador. Ecología Austral, 17, 3-6.

Davenport, T. L., Parnitzki, P., Fricke, S., Hughes, M. S. (1994) Evidence and Significance of Self-pollination of Avocados in Florida. Journal of the American Society for Horticultural Science, 119, 1200-1207.

Gómez, J. M (2002) Generalización en las interacciones entre plantas y polinizadores. Revista chilena de historia natural 75.

Ish-Am, G. (2004). Avocado pollination basics, a short review. 2º Seminario Internacional de Paltos. Chile.

Klein, A. M., Vaissiere, B. F., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society B. Biological Sciences, 274, 303-313.

Memmott, J., Waser, N. M., Price, M. V. (2004) Tolerance of pollination networks to species extinctions. Proceedings of Royal Society 271, 2605-2661.

Roubik, D. W. (1995). Pollination of cultivated plants in the tropics. Food and agriculture organization of the United Nations, FAO. 195 p.

Sans, F. X. (2007) La diversidad de los agroecosistemas. Ecosistemas 16, 44-49.

Dewenter, E., Sgotts., I., Packer, L. 2005. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. Trends in Ecology and Evolution, 20, 651.

Resultados

11. Referencias

Abbona, E. A., Sarandón, S. J., Marasas M.E., Astier M., 2007. Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso, Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 119(3-4): 335-345.

Aizen, M. (2007) Enfoques en el estudio de la reproducción sexual de las plantas en ambientes alterados: limitaciones perspectivas. *Ecología Austral* **17**, 7-19.

Alcaraz, M. and J. I. Hormaza. 2009. Selection of potential pollinizers for [] Hass' avocado based on flowering time and male-female overlapping. *Scientia Horticulturae* **121**:267-271.

Andrews SS, Carroll CR. 2001. Designing a soil quality assessment tool for sustainable agroecosystem management. *Ecological Applications* **11**, 1573-1585.

Ashwort, L., Quesada, M., Casas, A., Aguilar, R., Oyama, K (2009) Pollinator dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, **142**, 1050–1057.

Astier M., González E.C., 2008. Formulación de indicadores socio-ambientales para evaluaciones de sistemas de manejo complejos.

Astier M. A., Y. Galván-Miyoshi y O. R., Masera.2008. Evaluación de Sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. SEAE, CIGA, CIEco, UNAM, GIRA, Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable y Mundiprensa, España. (ISBN 978-84-612-5641-9).

Avilán Rovira,L., Chirinos A.V., Figueroa M., 1978. Exportación de nutrientes por una cosecha de aguacate (*Persea americana* Mill). *Agronomía Tropical*. **28**(5): 449-461. http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at2805/arti/avilan_1.htm

Baillieux, P., and A. Scharpe (1994) 'Organic Farming', in Green Europe (European Commission, February 1994).

Barcenas Ortega, A.E., y S. Aguirre Paleo. 2005. *Pasado presente y futuro del aguacate en Michoacan, Mexico*. Morelia, Michoacan: Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo.

Barsimantov y Navia, 2008. Documento in extenso de la Conferencia “Land use and land tenure change in Mexico’s avocado production region: Can community forestry reduce incentives to deforest for high value crops? Governing Shared Resources: Connecting Local Experience to Global Challenges, the Twelfth Biennial Conference of the International Association for the Study of Commons” Cheltenham, England, 14-18 Julio, 2008. <http://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/handle/10535/2034>

Bhardwaj AK, Jasrotia P, Hamilton SK, Robertson GP. 2011. Ecological management of intensively cropped agro-ecosystems improves soil quality with sustained productivity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **140**, 419-429.

Blanche, R., Ludwig, J. A., Cunningham, S. A. (2006) Proximity to rainforest enhances pollination and fruit set in orchards. *Journal of Applied Ecology* **43**, 1182–1187.

Bravo Espinoza, M. 2009. Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán. Publicación Especial Nro 2. INIFAP, Campo Experimental Uruapan, 78 pp.

Bravo-Espinosa, M., Fregoso-Tirado, L.E., Medina-Orozco L.E., 2006. Parámetros de erosionabilidad del modelo Wepp para andosoles con uso pecuario en la cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán *Tec Pecu Mex* **44**(1):129-141.

Broadbent, F. 1981. Methodology for nitrogen transformation and balance in soil. *Plant and Soil* **58**:383-399.

Cabezas, C., Hueso, J.J., Cuevas, J (2003) Identificación y descripción de los estados fenológicos tipo del aguacate (*Persea Americana Mill.*). *Proceedings World Avocado Congress V*, 237-242.

Can, C., Quezada, J. J., Xiu, P., Moo, H., Valdovinos, G. R., Medina, S (2005) Pollinators of criollo avocados (*Persea americana*) and the behavior of associated bees in subtropical México. *Journal of Apicultural Research*, **44**, 3–8.

Castañeda, A., Equihua, A., Valdés, J., Barrientos, A. F., Ish-Am, G., Gazit, S. (1999) Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* **5**, 129-136.

COMA. 2007. Ponencia presentada sobre el desarrollo frutícola sustentable. Conferencia presentada en el Seminario sobre Desarrollo Forestal y Frutícola Sustentable, Universidad Don Vasco, Uruapan, Mexico. (Citado en Barsimantov y Navia, 2007).

Cortes-Flores, JI, Yepez-Torres, JE, Etchevers-Barra, JD, Teliz-Ortiz, D (1993). Distribution and nutritional state of avocado cv. Fuerte treated against *Phytophthora cinnamoni* Rands. *Revista Mexicana de Fitopatología* **11**(1): 107-112.

Davenport, T. L. (2003). Evidence for wind-mediated, self and cross pollination of Hass avocado trees growing in Mediterranean environments. *Proceedings World Avocado Congress V*. 221-226.

Durán Zuazo, V.H., Aguilar Ruiz, J., Martí'nez Raya A., Franco Tarifa, D. Impact of erosion in the taluses of subtropical orchard terraces. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **107** (2005) 199–210.

Eardley, C. D., Mansell, M. W (1996) The natural occurrence of insect pollinators un an avocado orchard. *South African Avocado Growers Association Yearbook*, **19**, 36-38.

EPA (Environmental Protection Agency, USA). 1980. Ambient water quality criteria for control. US-EPA 440/5-80-066.

Gabriel, D., Tschardtke, T (2007) Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **118**, 43–48.

Gómez, J. M. (2002). Generalización en las interacciones entre plantas y polinizadores. *Revista Chilena de Historia Natural* **75**, 105-116.

Goulson, D. (2003) Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematic*, **34**, 1-26.

Gutiérrez-Contreras M, Lara-Chávez MBN, Guillén-Andrade H, Chávez-Bárceñas AT. 2010. Agroecología de la franja aguacatera en Michoacán, México. *Interciencia* **35**, 647-653.<http://www.tecnicapecuaria.org.mx/publicaciones/publicacion04.php?IdPublicacion=568>

Ish-Am, G. (1995). Quantitative approach to avocado pollination. *Proceedings of the World Avocado Congress III*, 46-51.

Ish-Am, G. (2004). Avocado pollination basics, a short review. 2º Seminario Internacional de Paltos. Chile.

Ish-Am, G., Eisikowitch, D. (1998). Low attractiveness of avocado (*Persea americana* Mill.) flowers to honeybees (*Apis mellifera* L.) limits fruit set in Israel. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* **73**, 195-204.

Ish-Am, G., Gazit, S., Castañeda V.A., 2008. Insectos polinizadores del aguacate en los estados de México y Michoacán.. Documento Interno del Department of Horticulture. Faculty of Agriculture. The Hebrew University of Jerusalem y la Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, S.C.

Janvier C, Villeneuve F, Alabouvette C, Edel-Hermann V, Mateille T, Steinberg C. 2007. Soil health through soil disease suppression: which strategy from descriptors to indicators?. *Soil Biology and Biochemistry* **39**, 1-23.

Karlen DL, Mausbach MJ, Doran JW, Cline RG, Harris RF, Schuman GE. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal* **61**, 4-10.

Kevan, p. G. (1999). Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **74**, 373-393.

Klein, A. M., Vaissiere, B., Cane, J. H., Dewenter, S., Cunningham, S. A., Kremen, C., Tschartke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society* **274**, 303-313.

Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S., Roulston, T., Dewnter, I. S., Vazquez, D. P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E., Greenleaf, S. S., Keitt, T., Klein, A., Regetz, J., Ricketts, T. (2007) Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, **10**, 299-314.

Kremen, C., Williams, N. M., Thorp, R. W. (2002) Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **99**, 16812-16816.

Kulda, P., Peterson, K., Poltimea, H., Luig, J. (2009) An application of DPSIR framework to identify issues of pollinator loss. *Ecological Economics* **69**, 32-42.

Lal R. 1998. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Critical reviews in Plant Sciences* **17**, 319-464.

Lal R. 2001. Soil degradation by erosion. *Land degradation & Development* **12**, 519-539.

Lampkin, N. H., C. Foster, S. Padel and P. Midmore (1999) The policy and regulatory environment for organic farming in Europe. *Organic farming: Economics and Policy*, Vols. 1 & 2. University of Hohenheim, Stuttgart.

Lopez T.E., 2009. The influence of traditional steep land agricultural practices on runoff and soil loss *Agriculture, Ecosystems and Environment* (March 2009), **130** (1-2): 23-30.

Lopez-Ridaura, S., Masera, O., Astier, M., 2002. Evaluating the Sustainability of Complex Socio-Environmental Systems. The Mesmis Framework. *Ecological Indicators* **2** (2002): 135-148.

Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Wiley-Blackwell.

Masera, O.R., M. Astier y S. López. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El Marco de evaluación MESMIS, *Mundiprensa-GIRA-UNAM*, México D.F. (2da. Impresión). (ISBN 968-7462-11-6).

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005) Responses to Ecosystem Change and to Their Impacts on Human Well-Being. En: *Ecosystems and human well-being*. Island Press 86 pp.

Menge, JA, Faber, B, Downer, J, Crohn, D (1999). Use of yard trimmings and compost on citrus and avocado. Compost demonstration project, Southern California. Integrated Waste Management Board: Sacramento, California. 36.

Merwin, IA, Stiles, WC, van Es, HM (1994). Orchard groundcover management impacts on soil physical properties. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119(2): 216-222.

Mitham, P (1999). Cover crops can reduce costs and improve soils. *Good Fruit Grower* May 1.

Návar J., Synnott, T.J., 2000. Surface runoff, soil erosion, and land use in northeastern Mexico. 2000. *TERRA*. 18 (3): 247-253.

Niggli, U, Weibel, FP, Potter, CA (1989). Weed control with organic mulches in apple orchards: effects on yield, fruit quality, and dynamics of nitrogen in soil solution. *Gartenbauwissenschaft* 54(5): 224-232.

Orozco R.Q., Astier M., 2007. Evaluación de sustentabilidad del Proyecto: Renovación de Plantaciones del Limón Mexicano y Tecnificación del Riego para el uso eficiente del agua Primer ciclo de evaluación Utilizando el marco MESMIS. Documento de Trabajo de GIRA # 39^a.

Pacini, C., Wossink, A. Giesen, G., Vazzana, C., Huirne, R. (2003) Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems a farm and field scale analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95, 273–288.

Robichaud Peter R. P.R., Brown R.E., 2002. Silt Fences: An Economical Technique For Measuring Hillslope Soil Erosion. Forest Services. Rocky Mountain Research Station. General Technical Report RMRS-GTR-94. August 2002. United States Department of Agriculture., USA. pp.9.

Roubik, D. W. (1995). Pollination of cultivated plants in the tropics. Food and agriculture organization of the United Nations, FAO. 195 p.

Sandoval-Pérez AL, Gavito ME, García-Oliva F, Jaramillo VJ. 2009. Carbon, nitrogen, phosphorus and enzymatic activities under different land uses in a tropical, dry ecosystem. *Soil Use and Management* 25, 419-426.

Sasser M (1990) Identification of bacteria by gas chromatography of cellular fatty acids. In: Klement Z., Rudolph K, Sands DC (eds) *Methods in Phytobacteriology* Akademiai Kiado. Budapest, pp.199-203.

Simon S, Bouvier JC, Debras JF, Sauphanor B. 2010. Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. *Agronomy and Sustainable Development* 30, 139-152.

Staples CA, Davies JW. 2002. An examination of the physical properties, fate, ecotoxicity and potential environmental risks for a series of polypropyleneglycol ethers. *Chemosphere* 49 (1), 61-73.

Stolze, M., Piorr, A., Dabbert, S. (2000) The Environmental Impacts of Organic Farming in Europe. University of Hohenheim/Department of Farm Economics. Hohenheim. 127 pp.

Stout, A. B. 1933 The pollination of avocados. University of Florida. Agricultural Experiment Station. Bulletin 257. 44 pp.

Stout, J., Morales, C. L. (2009) Ecological impacts of invasive alien species on bees. *Apidologie*, 40, 388-409.

Swezey, SL, Werner, MR, Buchanan, M, Allison, J (1998). Comparison of conventional and organic apple production systems during three years of conversion to organic management in coastal California. *American Journal of Alternative Agriculture* 13(4): 162-180.

Tabatabai, M.A. & Bremner, J.M. 1969. Use of *p*-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology and Biochemistry* 1, 301-307.

Tapia-Vargas LM, Larios-Guzmán A, Anguiano-Contreras J. 2009. Uso y manejo de agua y nutrición. En: Tecnología para la producción de aguacate en México. (Coria-Avalos, Ed.) INIFAP, Uruapan. Libro Técnico No. 8.

Tapia-Vargas LM, Larios-Guzmán A, Vidales I. 2009. El agua como recurso natural renovable y la cubierta vegetal en la zona aguacatera en Michoacán. Boletín El Aguacatero No. 28.

Téliz D.,2000. El aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundiprensa, México D.F. pp219.

Tilman, D. (1998). The greening of the green revolution. *Nature* 396, 211-212.

Tscharntke, T., Vidal, S. (2005) Farming systems and landscape context: effects on biodiversity and biocontrol Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der Fakultät für Agrarwissenschaften de Georg-August-Universität Göttingen vorgelegt von Indra Roschewitz geboren in Stadtoldendorf, Göttingen 152 pp.

Vanwalleghem T.,Laguna A., Giradles J.V.,-Jiménez-Hornero F.J., 2010.Applying a simple methodology to assess historical soil erosion in olive orchards *Geomorphology* 114(3):294-302.

Waser N. M., Chittka L., Price M.V., Williams N.M. & Ollerton J. (1996) Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology*, 77, 1043-1060.

Wischmeier WH, Smith DD. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA-ARS Agricultural handbook No. 537. Washington DC. 58 pp.

Wittmann, D., Martius, C., Holm-Muller, K. (2007). Bee pollinators and economic importance of pollination in crop production: case of Kakamega, western Kenya. Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität, Kenia. 152 pp.

Youlton C, Espejo P, Biggs J, Norambuena P, Cisternas M, Salgado E. 2010. Quantification and control of runoff and soil erosion on avocado orchards on ridges along steep-hillslopes. *Ciencia e Investigación Agraria* 37, 113-123.