

**INFORME
FINAL
ETAPA 2**

junio

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

Investigadores participantes

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

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

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

Personal contratado para el proyecto

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

Lic. Laura Villamil Echeverri (Técnico asistente)

M. C. Ana Lidia Sandoval Pérez (Técnico asistente)

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)

Foto de portada: Yair Merlín Uribe

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; Barcenás 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 eficientizar 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 eficientizar 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

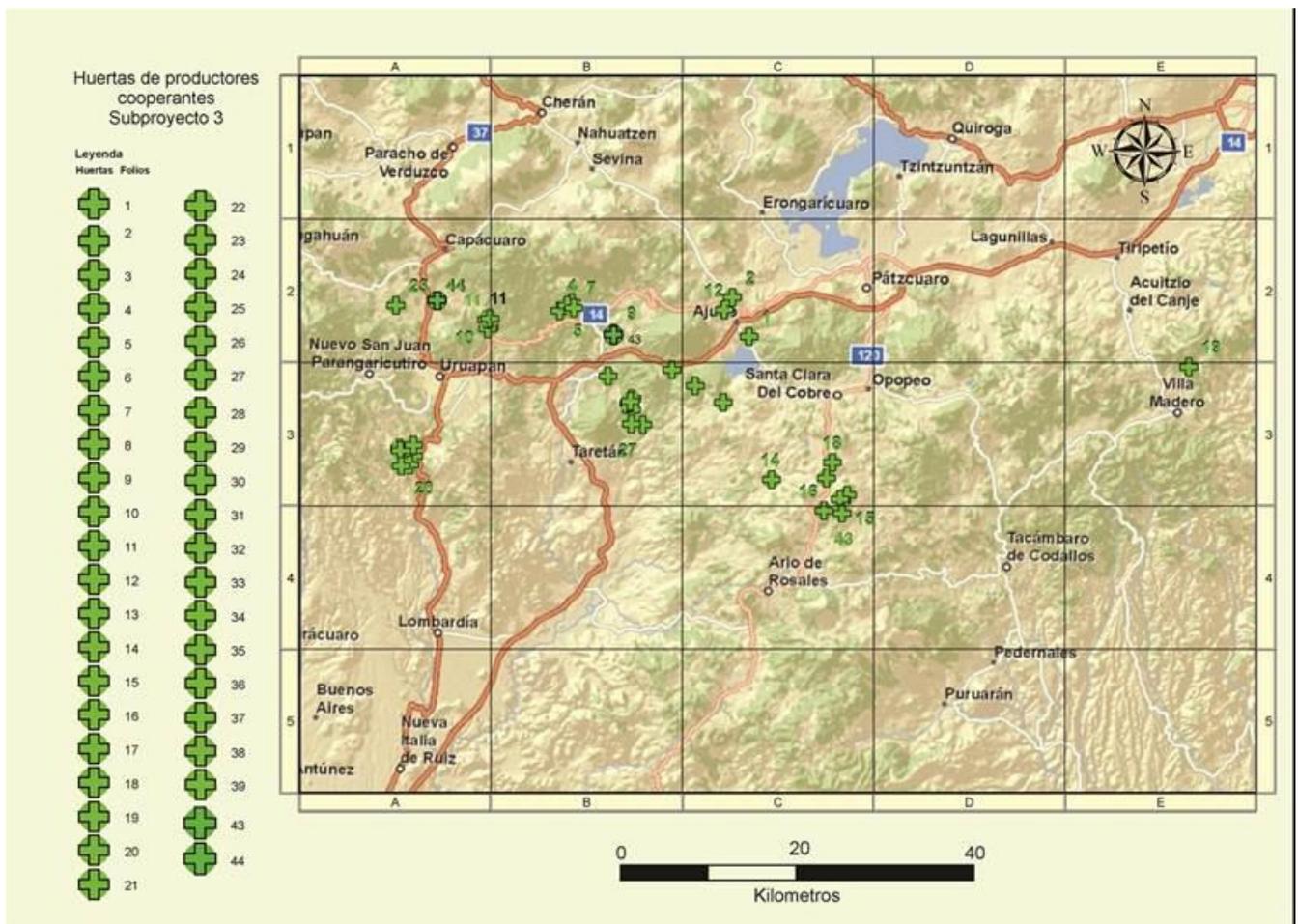


Tabla 1. Indicadores estudiados en la etapa uno

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

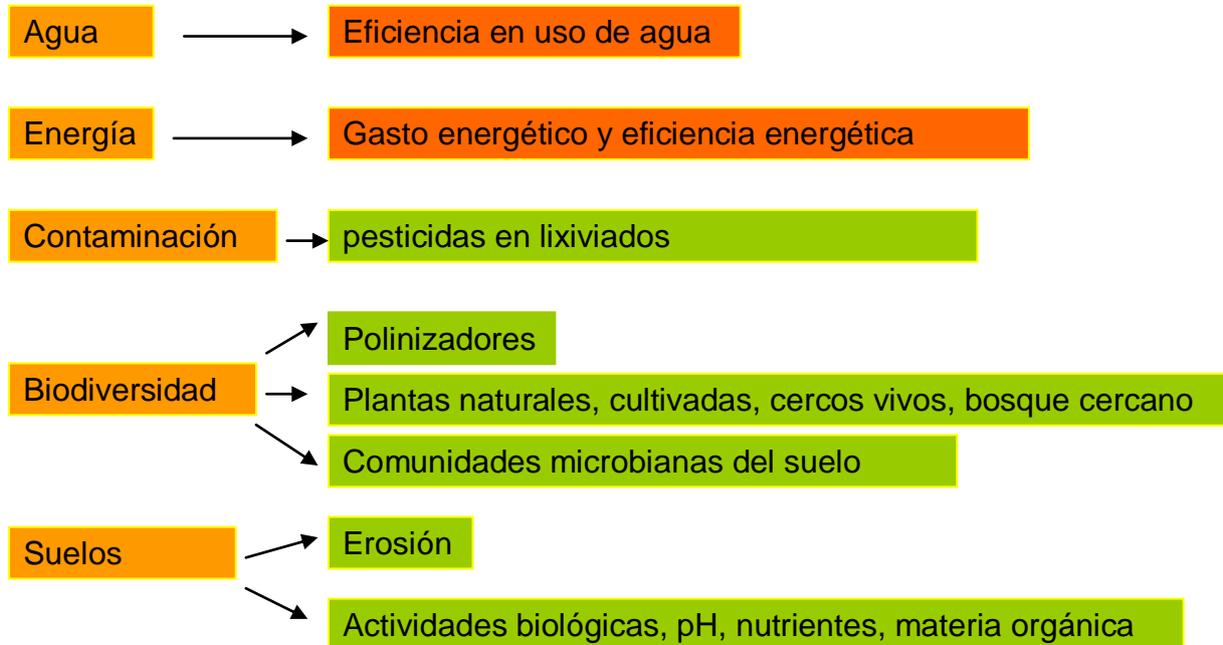
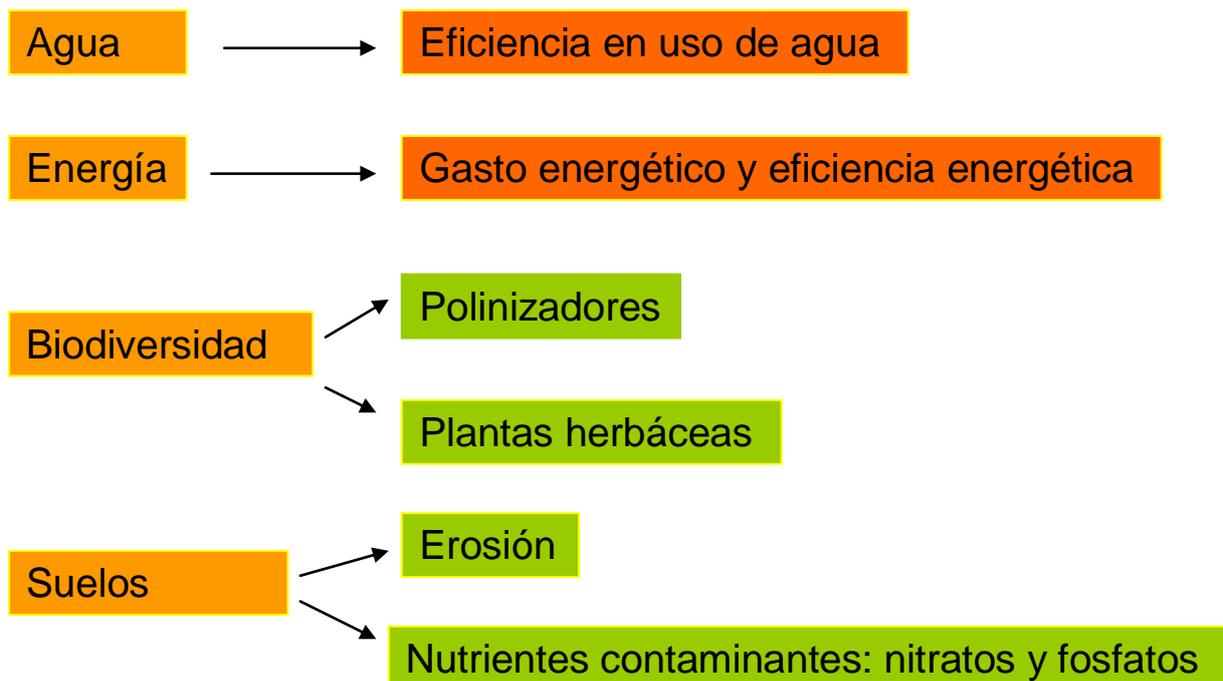


Tabla 2. Indicadores seleccionados para la etapa dos



ÁREA 1: Suelos

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. La erosión hídrica 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.

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 nutrimentos, aplicados a los cultivos generalmente en forma de granulados o abonos orgánicos. Si la escorrentía es muy fuerte, estos nutrimentos son lavados y vertidos a corrientes superficiales como ríos o son lixiviados al subsuelo, lo cual puede constituir una fuente de contaminación del agua.

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 implementadas para disminuir la erosión. Los objetivos fueron:

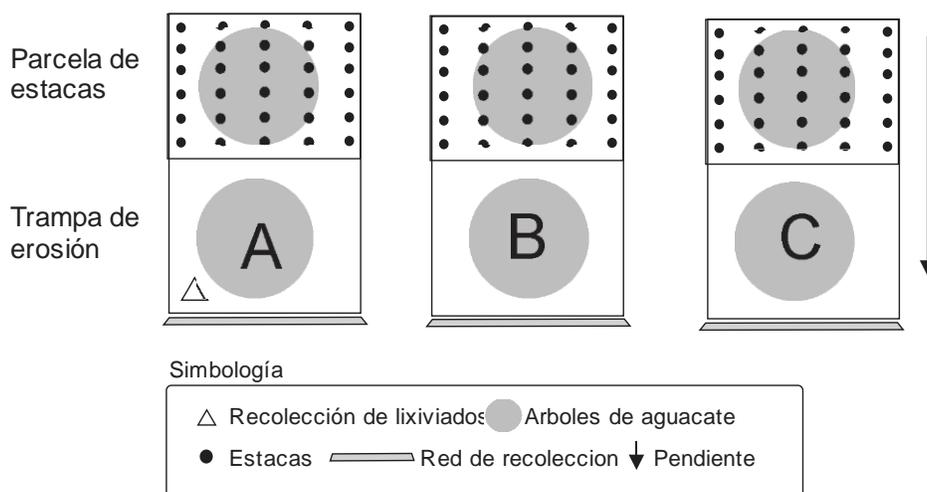
- 1) cuantificar la erosión en huertas de aguacate ubicadas entre los 1500 y 2400 msnm.
- 2) cuantificar la erosión asociada a huertas de aguacate con tratamientos alternativos con y sin chaponeo de herbáceas y con y sin poda del follaje
- 3) determinar si existe una relación entre los atributos tipo 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 $2 \times 2 \text{ m}$, con un total de 30 estacas en un área de 80 m^2 . 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 con

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 registró durante el mes de agosto con $150.55 \text{ cm}/80 \text{ m}^2$ y la mínima en octubre con $100.8 \text{ cm}/80 \text{ m}^2$.

La parcela que más erosión presentó ($60 \text{ cm}/80 \text{ m}^2$) fue la de una huerta convencional de 20 años con aplicación de herbicidas como control de herbáceas y la que menos presentó ($0.2 \text{ cm}/80 \text{ m}^2$) fue la de una huerta convencional de 37 años de edad con chaponeos cada 4 meses como control de herbáceas (fig. 3). Las huertas maduras presentaron la mayor erosión promedio (fig. 4), 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 4 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.

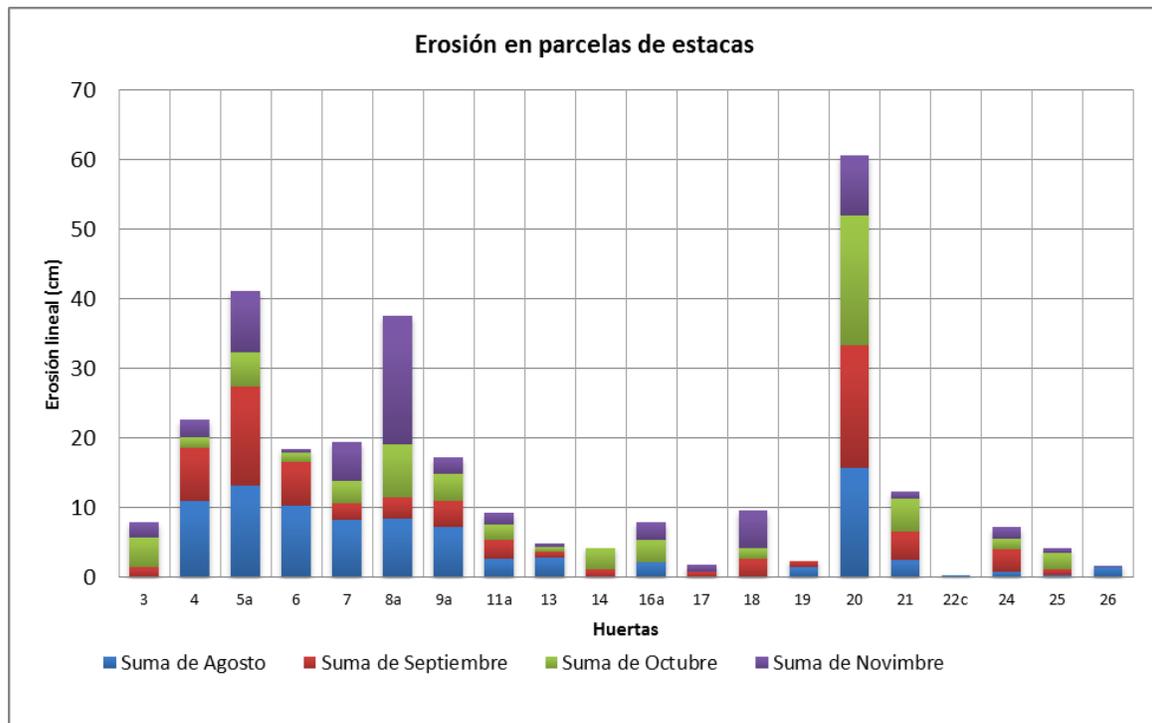


Figura 3. Erosión mensual acumulada medida en estacas (cm) de agosto a noviembre del 2011. Los números se refieren a un identificador asignado a las huertas. Los números 6 y 26 se refieren a bosques de pino de la zona que se usaron como referencia.

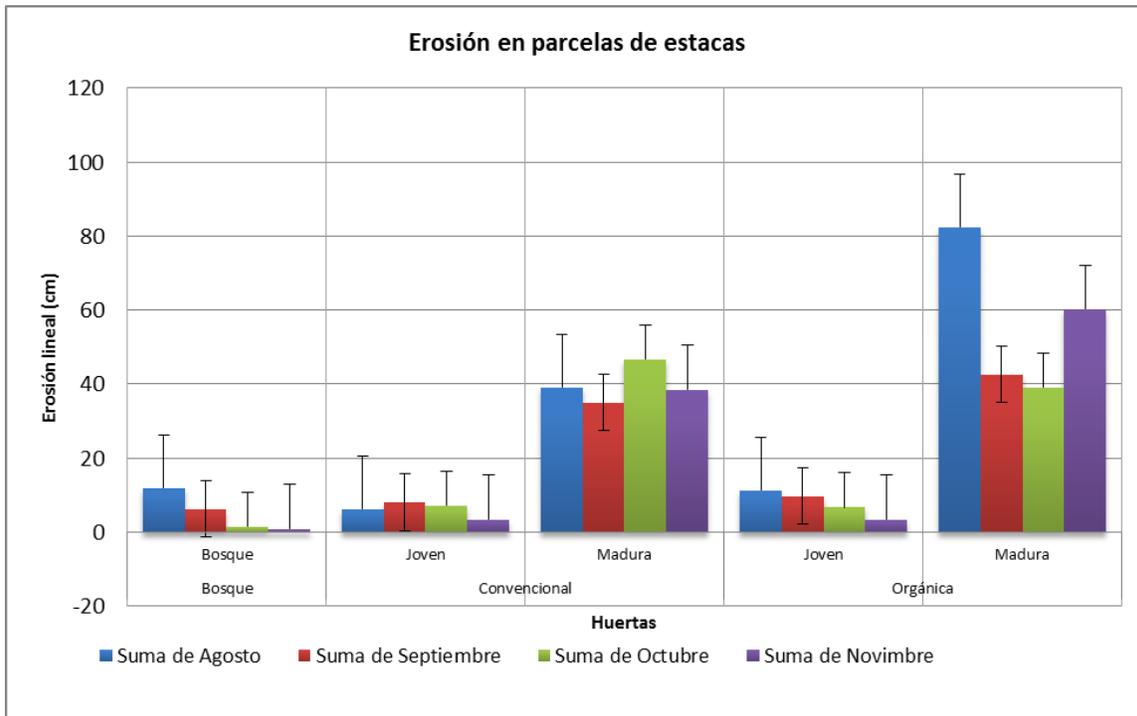


Figura 4. Erosión en parcela de estacas sin tratamiento. Huertas ordenadas por la case de edad (1-5 años: joven; 10 años en adelante: maduras) y tipo de Manejo. Bosque se refiere a parcelas de estacas instaladas en bosques de pino representativos de la zona.

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 5 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. 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 pérdida de suelo a lo largo del periodo.

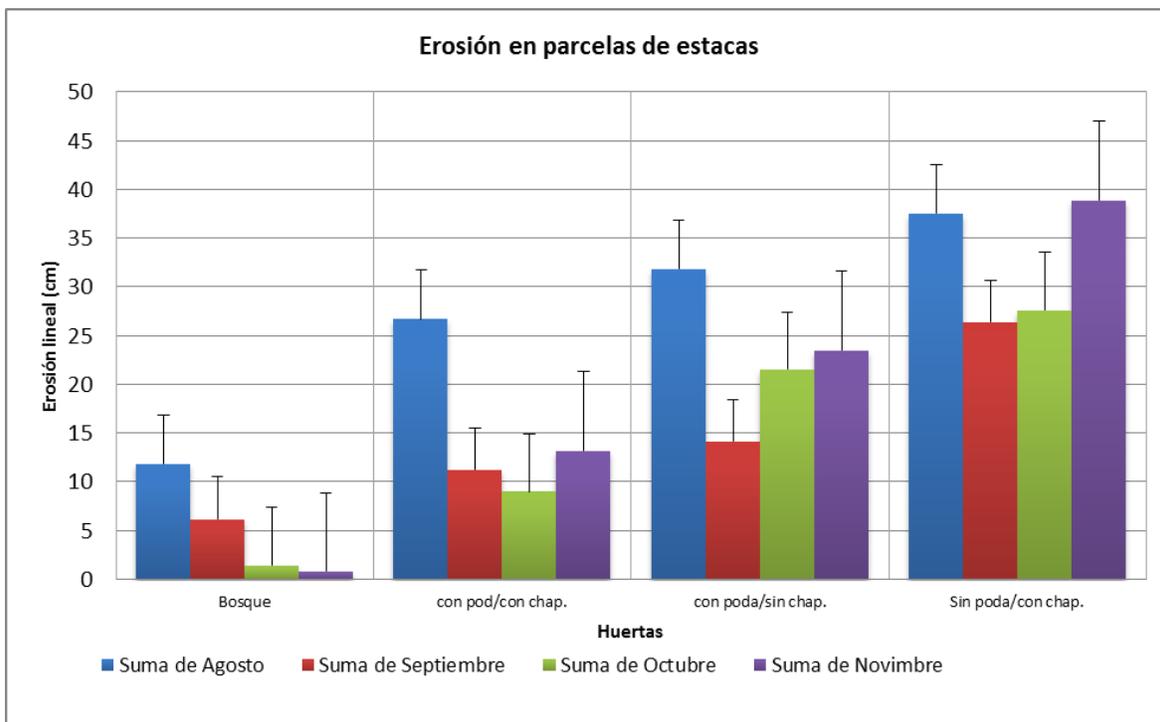


Figura 5. La pérdida de suelo en las estacas fue superior en las parcelas con tratamiento sin poda y con chaponeo. El tratamiento en el que se perdió la menor cantidad de suelo fue el de con poda y con chaponeos cada 4 meses. En el mes de agosto se registró la mayor pérdida en la mayoría de los tratamientos.

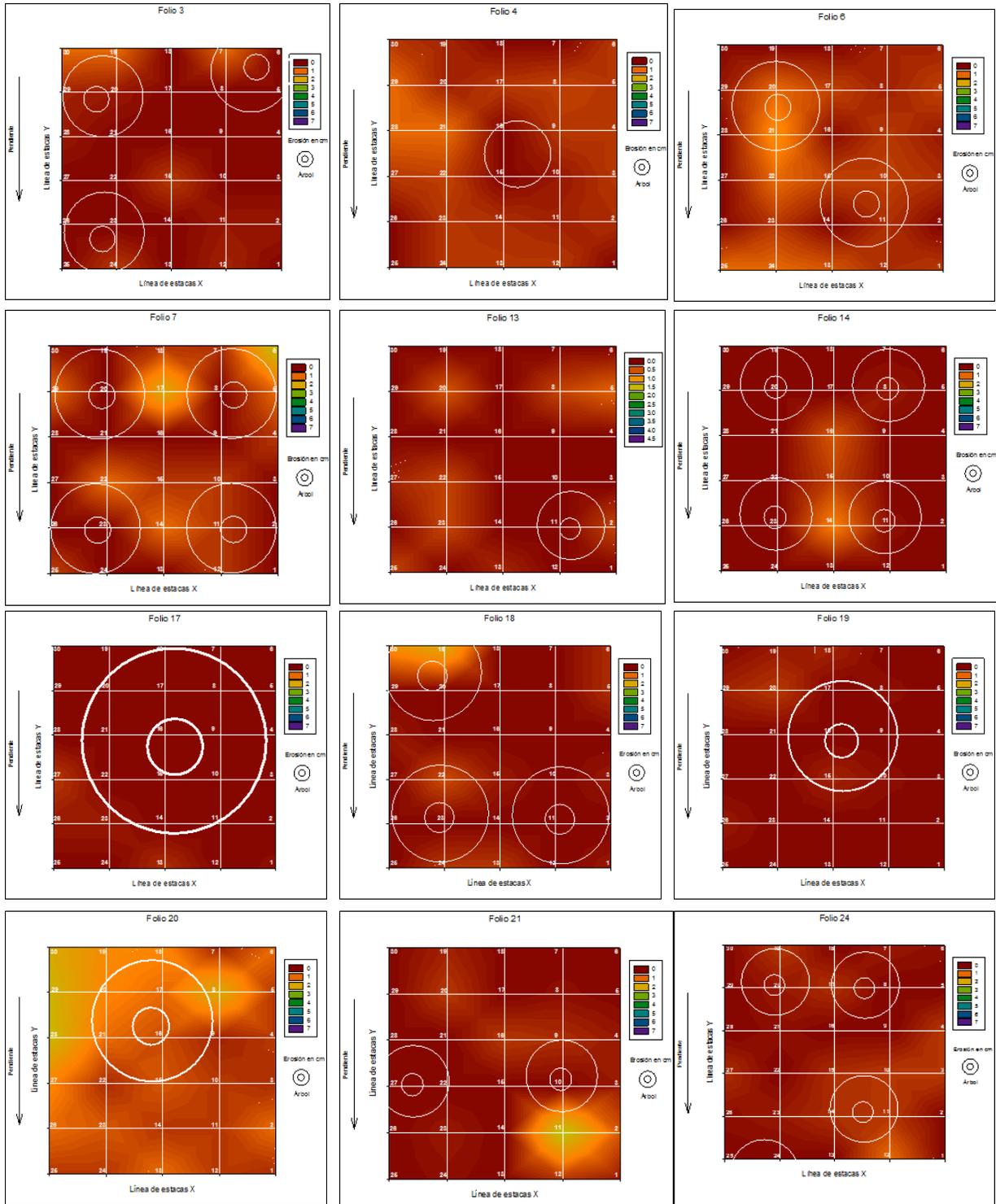
Patrón espacial de pérdida de suelo en estacas

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 6). La evaluación con estacas aunque es cuantitativa no tiene mucha certidumbre en cuantificación de pérdidas totales por las grandes 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.

También se puede apreciar que en los tratamientos establecidos de manejo de la cobertura vegetal la mayor pérdida de suelo se encuentra en el testigo sin poda y con chaponeo (A), seguida del tratamiento B que lleva poda pero sigue con chaponeo de las hierbas, y el de menor pérdida es el (C) en el que se podan los árboles pero no se chaponean las hierbas.

Figura 6. Gráficas de contorno. Patrón espacial de erosión en parcelas de estacas (ver leyenda de color). Color marrón sin erosión; color verde- azul mayor erosión. Los folios 6 y 26 son parcelas testigo instaladas en bosques.



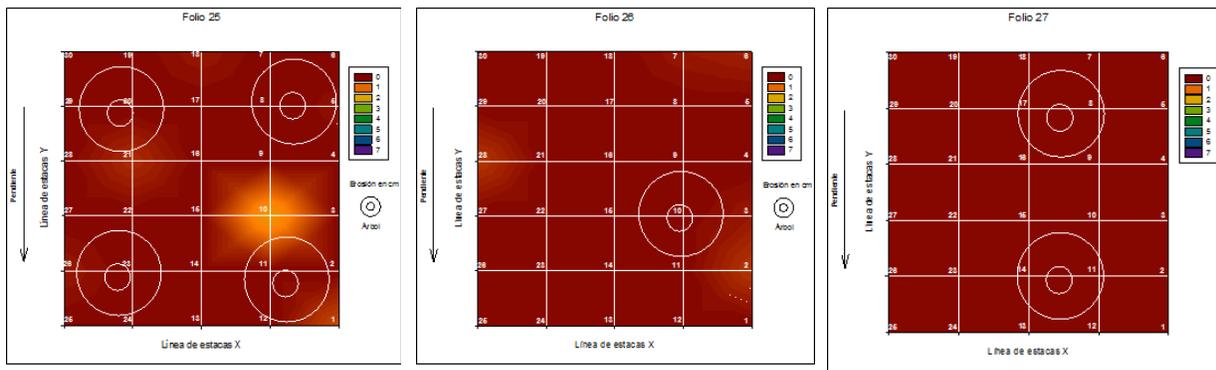
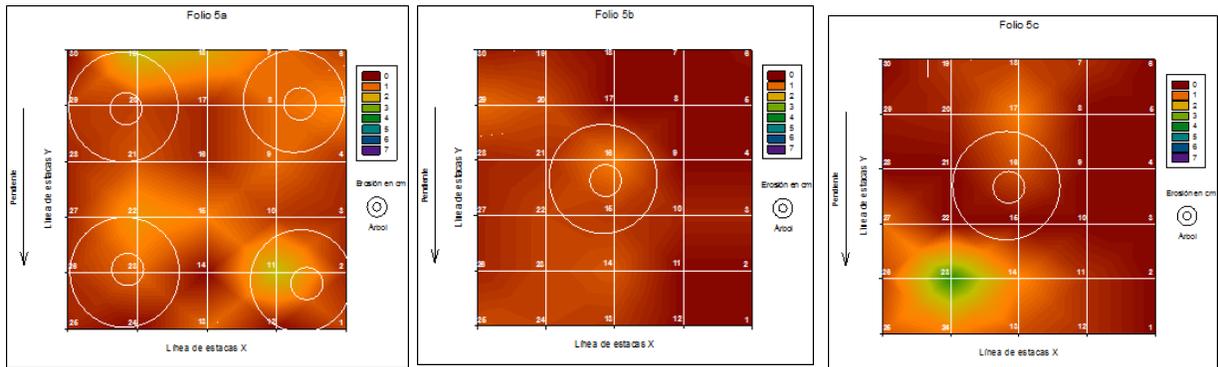
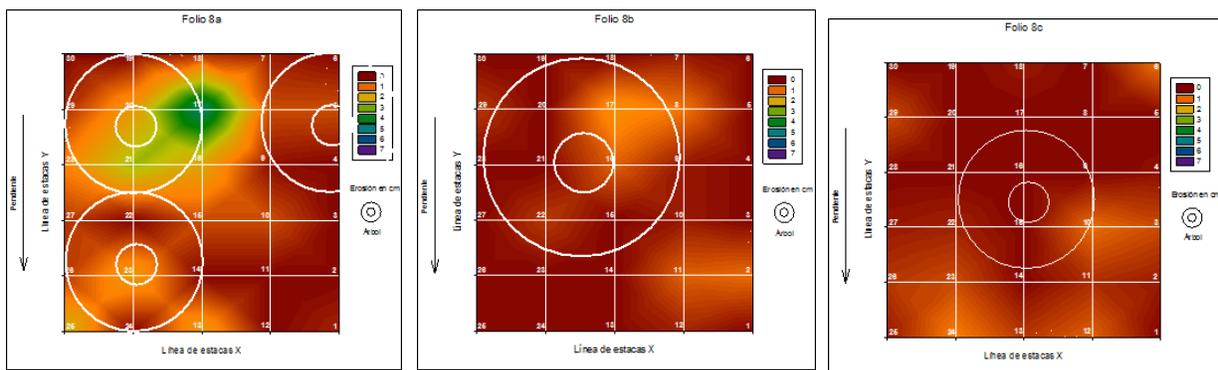


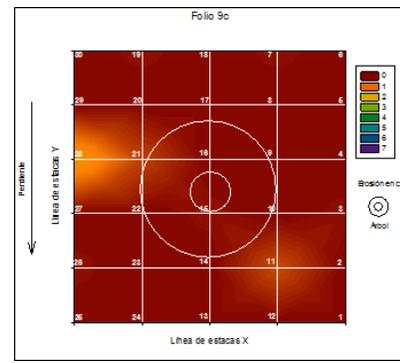
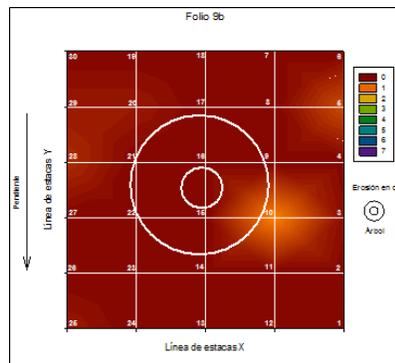
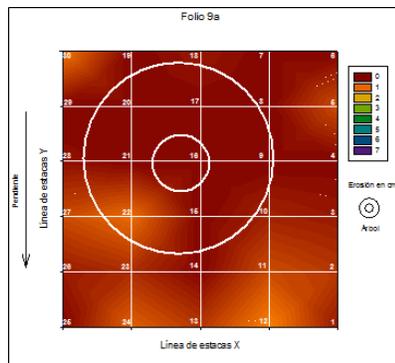
Figura 7. Gráficas de contorno de las huertas con implementación de tratamientos. Patrón espacial de erosión en parcelas de estacas (ver leyenda de color). Color marrón sin erosión; color amarillo-verde- azul mayor erosión. El tratamiento A (izq) es el testigo sin poda y con chaponeo, el B (medio) con chaponeo y con poda y el C (der) sin chaponeo y con poda.



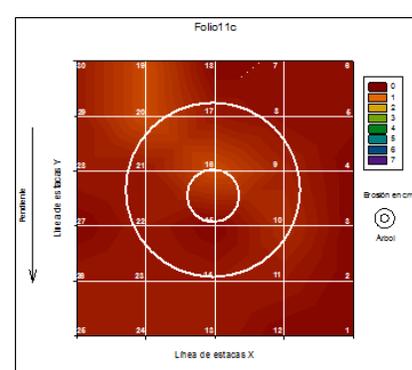
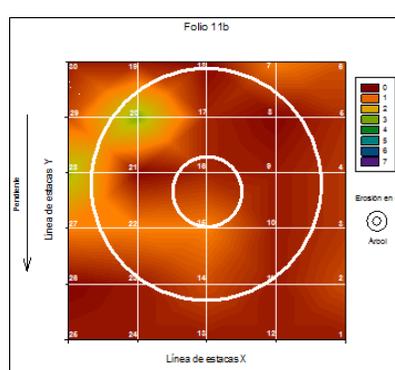
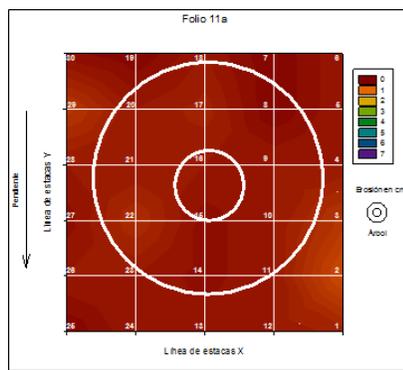
Huerta 5 .



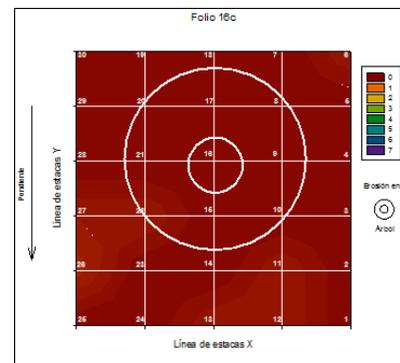
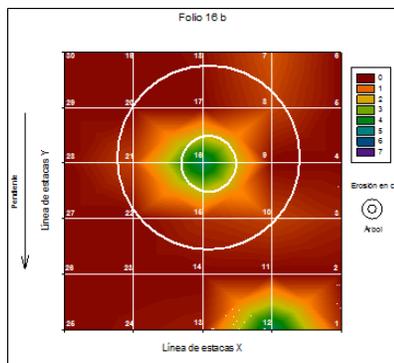
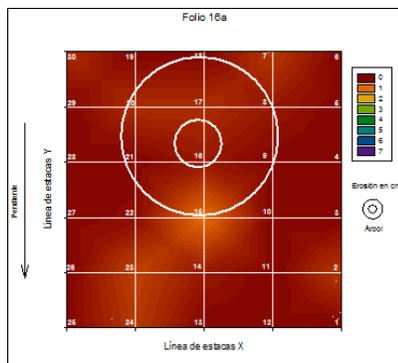
Huerta 8 .



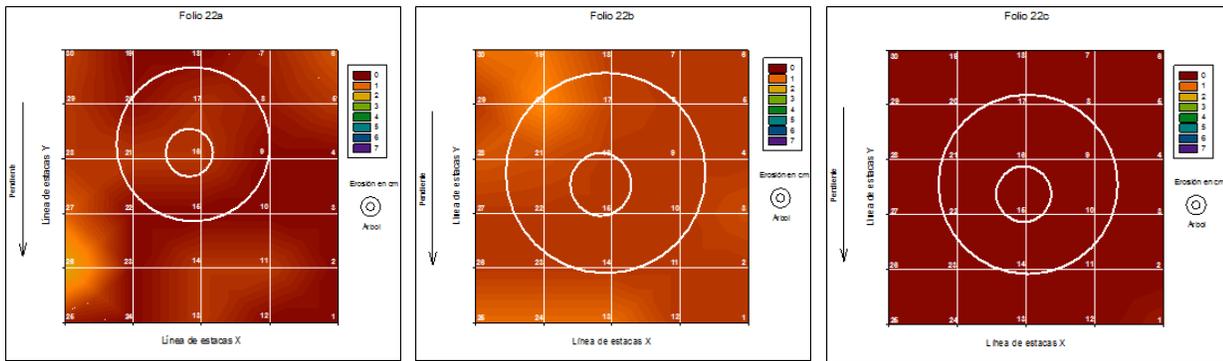
Huerta 9.



Huerta 11.



Huerta 16.



Huerta 22.

Índice de movimiento del suelo

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 construyó la figura 8, la cual muestra que el aporte de suelo a la parcela de estacas, fue mayor que la pérdida, 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 tuzas. 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 pérdida de suelo fue mayor que el aporte y viceversa. Para el caso de las huertas monitoreadas solo dos huertas presentaron mayor pérdida que aportes.

En general se nota un patrón de incremento del nivel posiblemente asociado a la incorporación de abonos y tierra extraída por las tuzas y se puede concluir que en las huertas hay movimiento de suelo constante, lo cual lo hace más susceptible de ser lavado por las lluvias.

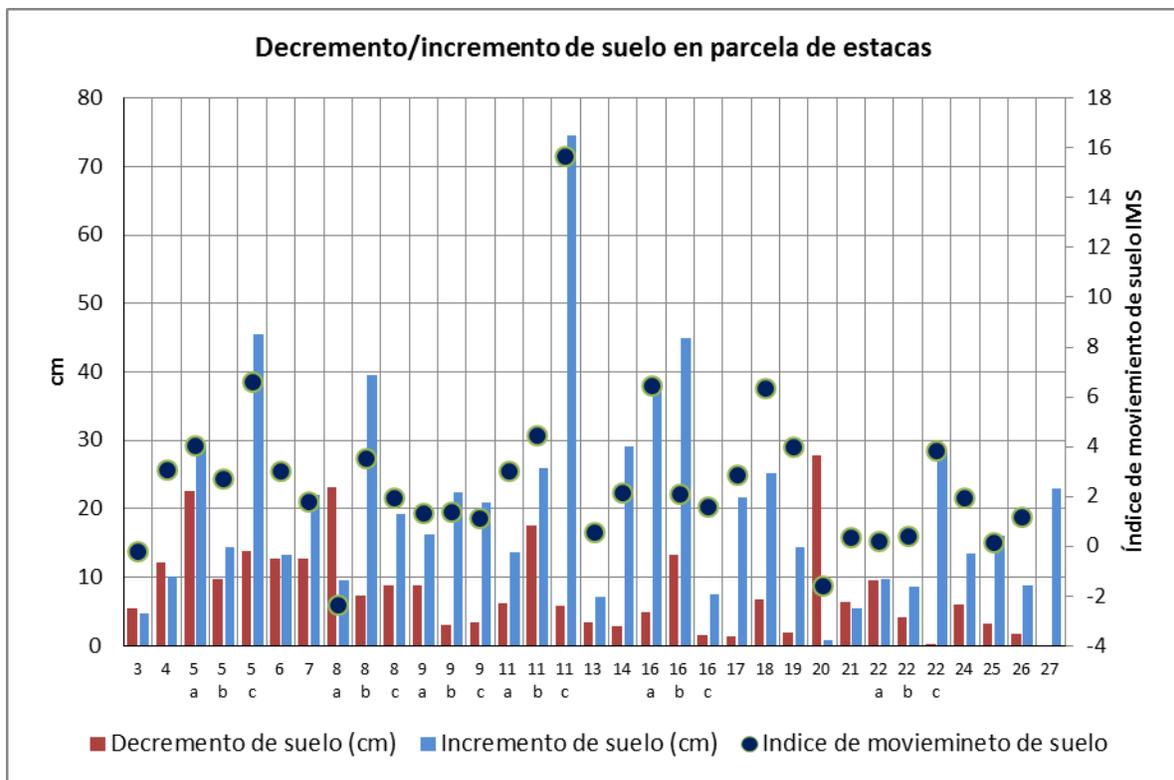


Figura 8. Dinámica del nivel del suelo registrado en estacas. El índice de movimiento del suelo muestra que solo en 4 parcelas los decrementos de suelo fueron superiores a los incrementos.

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. 9 a 14).

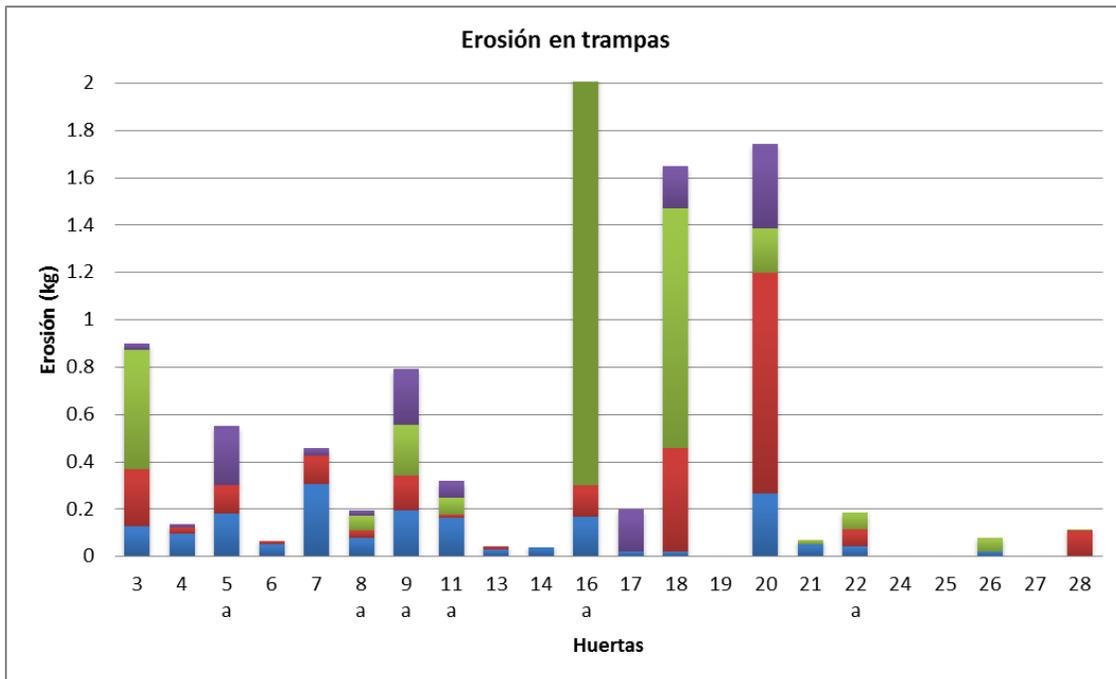


Figura 9. Erosión medida en trampas (kg). Los números se refieren a un identificador asignado a las huertas. Los no. 6 y 26 se refieren a bosques de pino de la zona. La huerta No. 16 con tratamiento de sin poda de follaje y con chaponeo fue la que mayor pérdida de suelo registró 214 kg/80m².

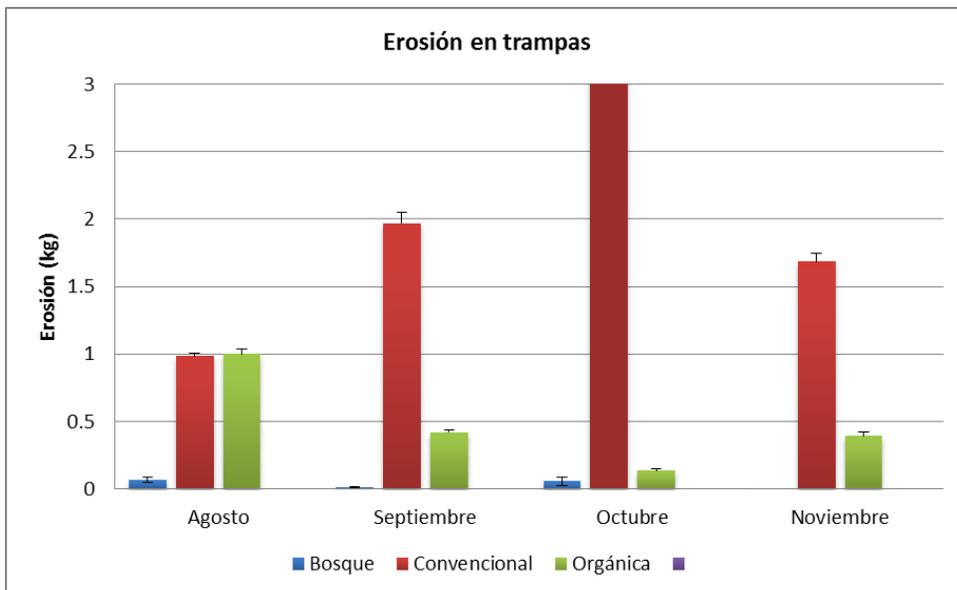


Figura 10. Erosión en trampas según el manejo, en comparación con los bosques testigo (kg/80m²). En las huertas se registró, igual que en el año anterior, mayor erosión en las huertas y claramente la erosión en las huertas convencionales en promedio es mayor que en las orgánicas. En una de las huertas hubo un registro extraordinario en el mes de octubre que generó una pérdida de más de 100 kg en un solo mes por lo cual se corta la barra para permitir distinguir las diferencias entre los otros tratamientos.

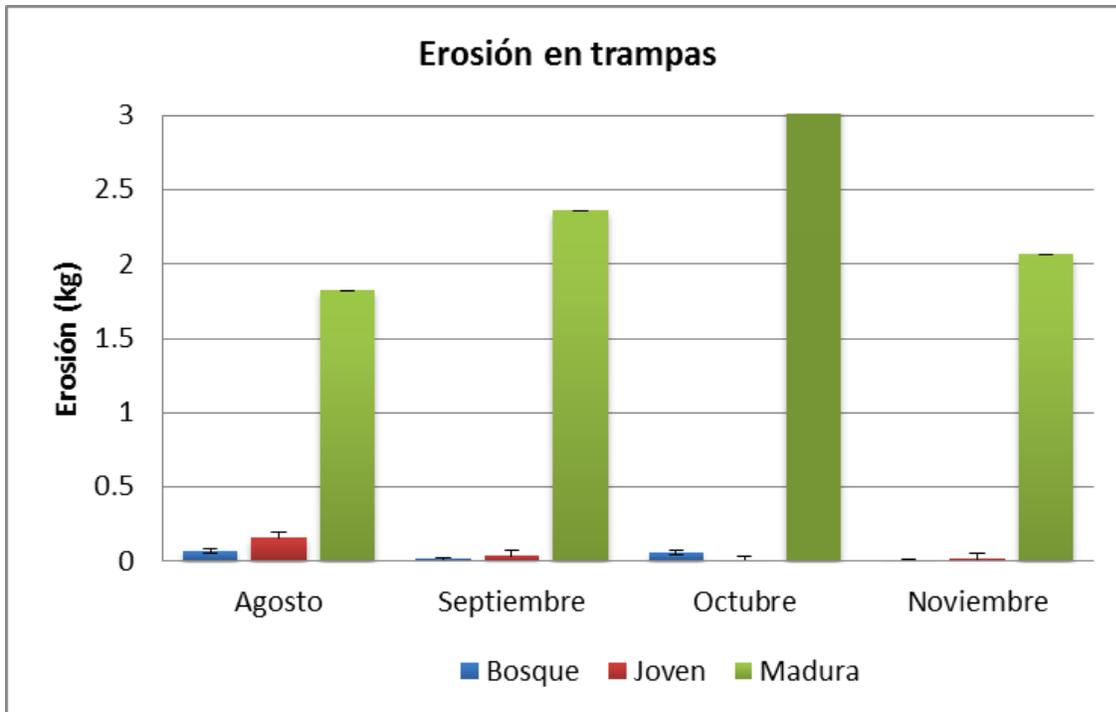


Figura 11. Erosión en trampas de huertas jóvenes y maduras, en comparación con los bosques testigo (kg/80m²). En las huertas con edad superior a 10 años fue en las que se registró mayor erosión, de éstas las huertas convencionales superaron a las orgánicas. En una huerta madura convencional hubo un registro extraordinario en el mes de octubre que generó una pérdida de más de 100 kg en un solo mes por lo cual se corta la barra para permitir distinguir las diferencias entre los otros tratamientos. Sin embargo para el resto de los meses se mantiene la tendencia.

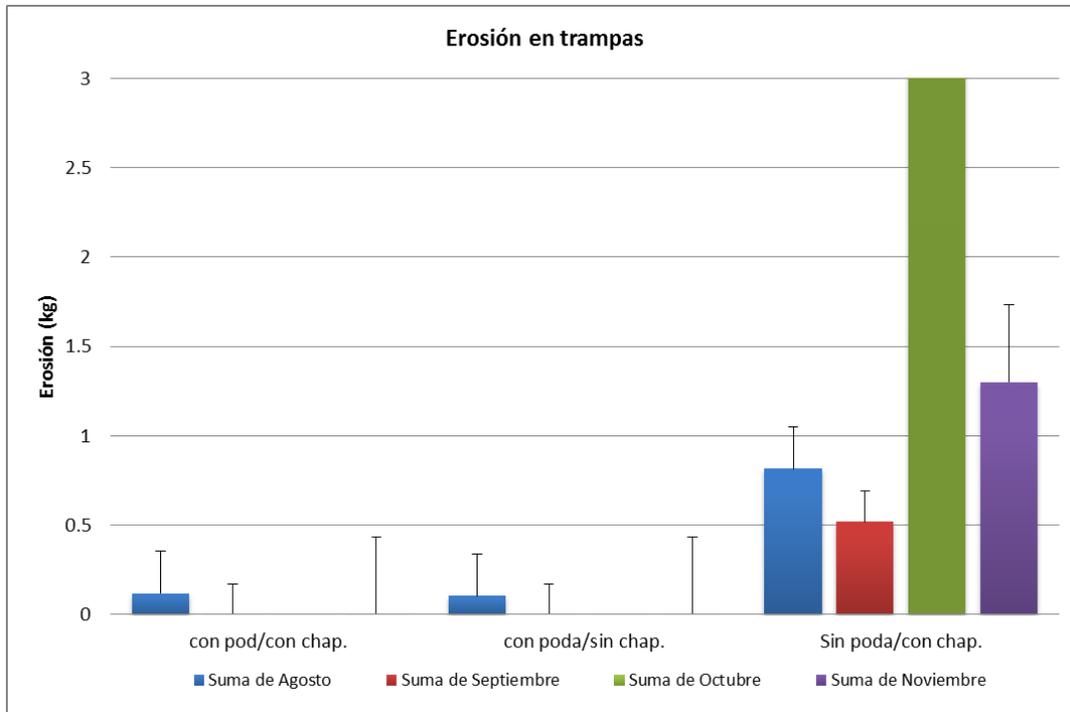


Figura 12. Material colectado en trampas de erosión (kg/80m²). La mayor erosión se registró en las huertas con tratamiento sin poda y con chaponeo, el cual corresponde a las huertas con follaje denso y cerrado, en éstas predominó el suelo cubierto por hojarasca y sin vegetación herbácea. En una de las huertas hubo un registro extraordinario en el mes de octubre que generó una pérdida de más de 100 kg en un solo mes por lo cual se corta la barra para permitir distinguir las diferencias entre los otros tratamientos. 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.

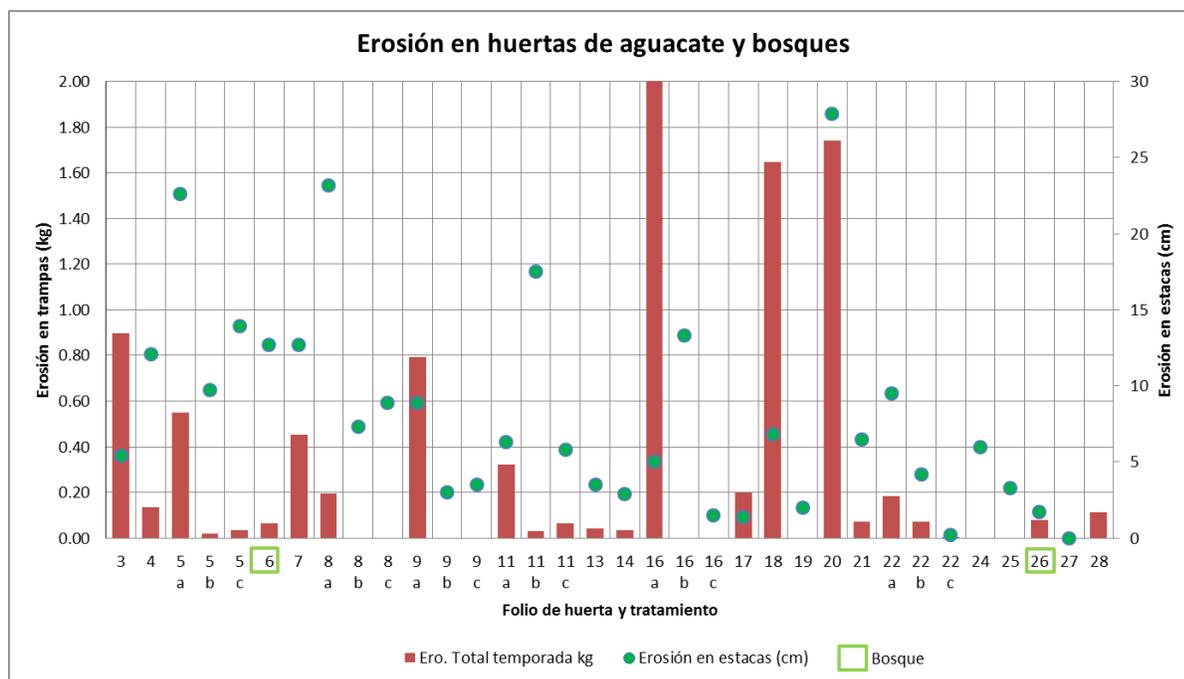
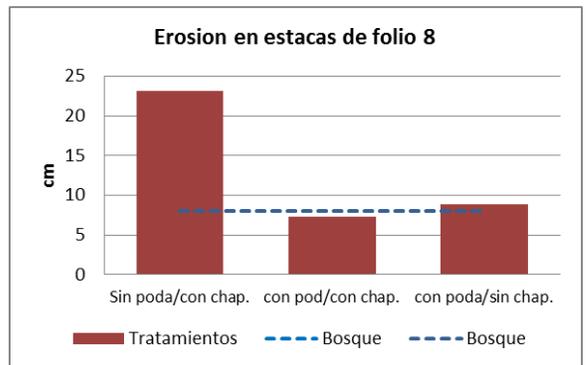
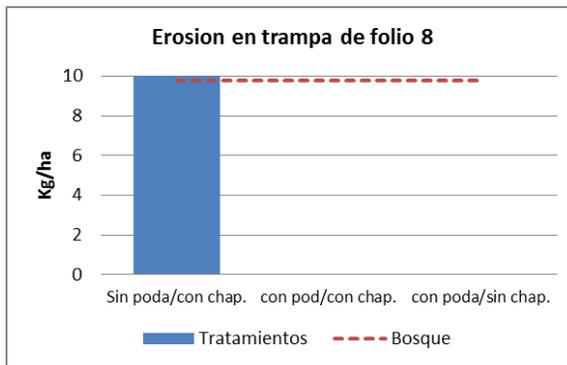
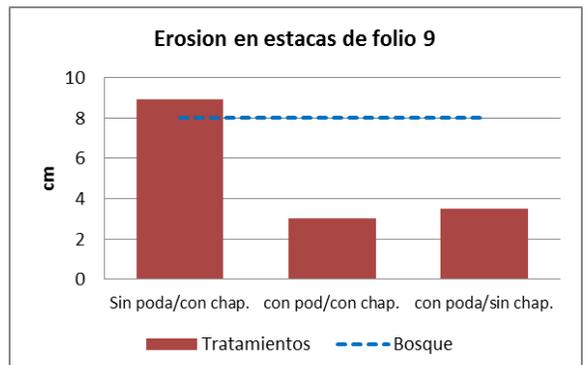
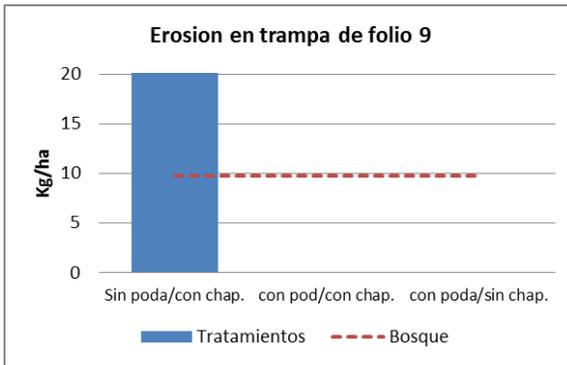
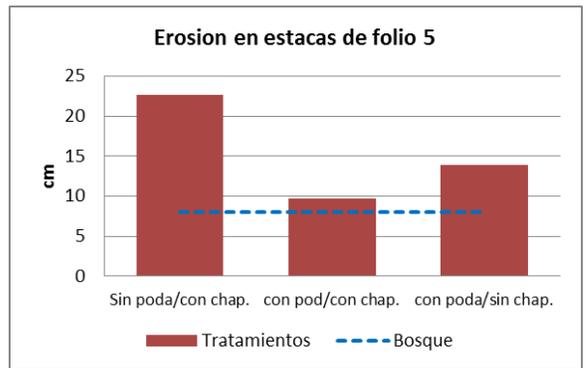
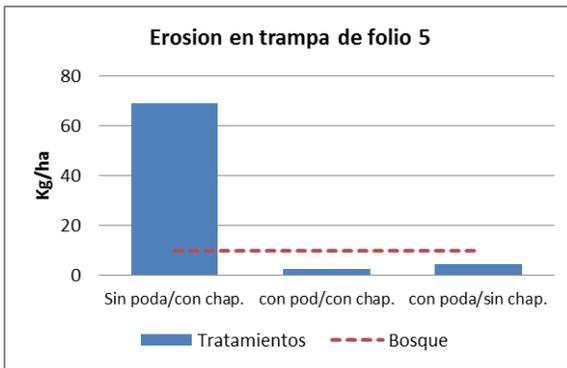
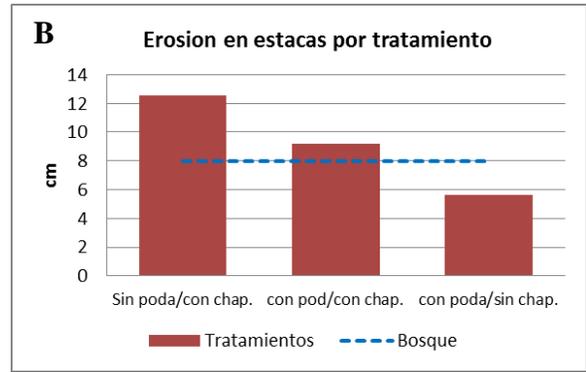
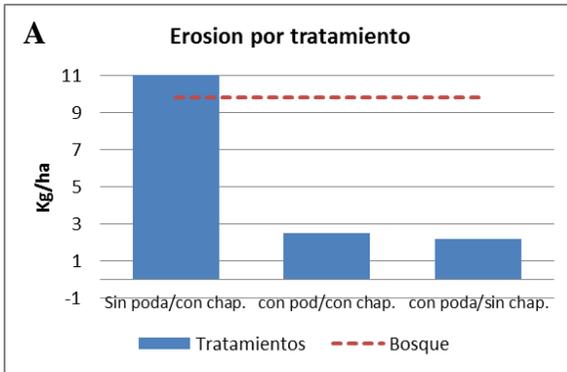


Figura 13. Erosión en trampas (barras) y en parcelas de estacas (puntos) durante el periodo Agosto - Noviembre. No se observa un patrón coincidente entre los datos registrados en trampas y estacas lo cual puede indicar que la erosión se presenta en diferentes procesos.



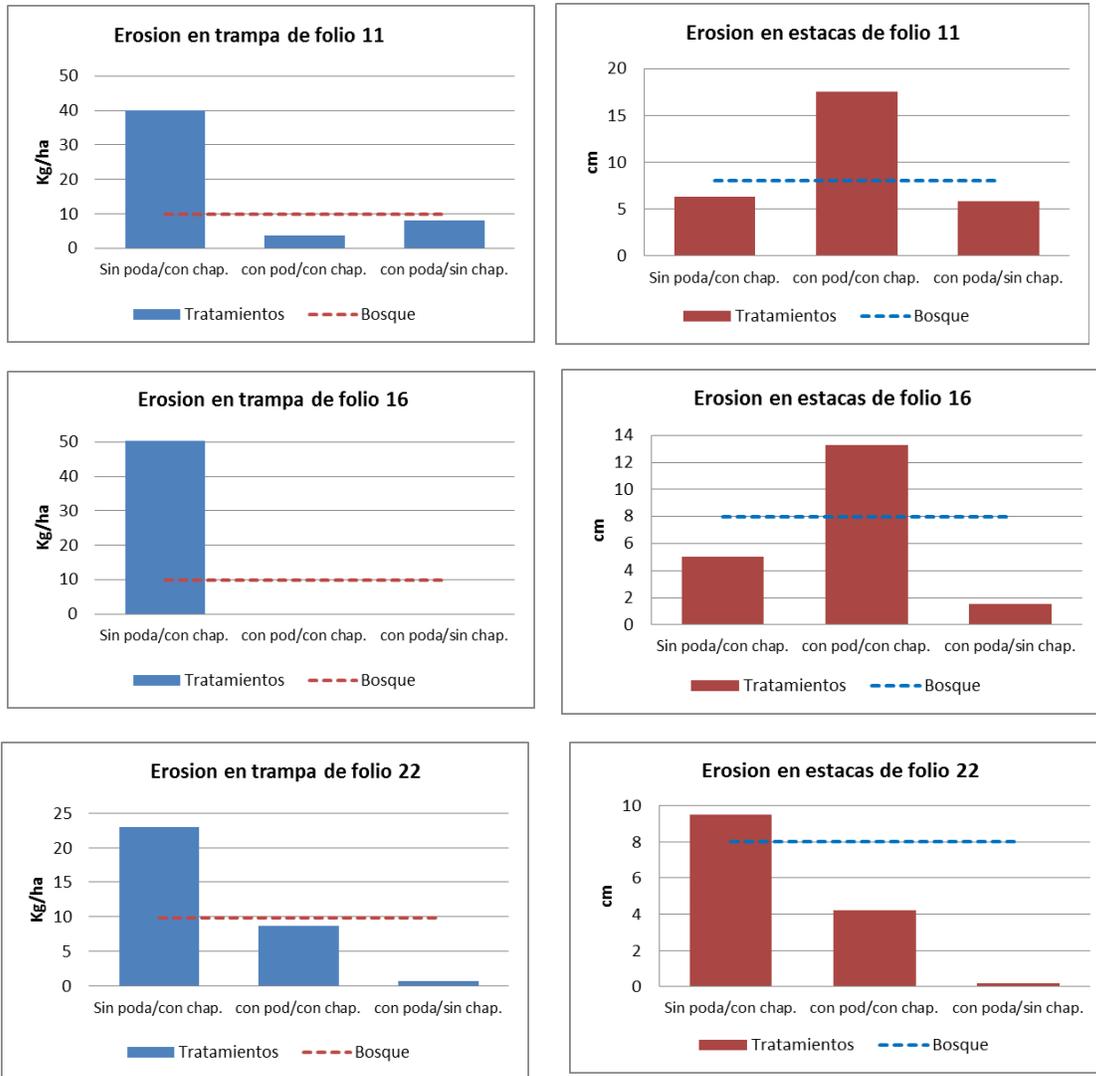


Figura 14. Erosión en trampas y parcelas de estacas por tratamientos de manejo de cobertura implementados en las huertas. Las graficas A y B, al inicio, resumen el comportamiento promedio de la erosión en tratamientos y las restantes muestran los datos de cada huerta donde se implementaron los tratamientos.

El patrón observado, tanto en el promedio como de manera individual para cada huerta, es que en el tratamiento sin poda se registró mayor erosión que en los que sí tienen poda del follaje. Sin embargo, los dos métodos difieren en la erosión registrada con los tratamientos de chaponeo.

El método que mide la masa de suelo perdida no distingue los tratamientos con y sin chaponeo, mientras que el de estacas muestra mayor pérdida en el tratamiento que incluye chaponeo que en el que no lleva chaponeo. Esto sugiere que, aunque no se registre una pérdida en peso importante, existe una pérdida laminar mayor cuando se chaponea que seguramente va minando poco a poco la superficie de las huertas.

Como se mencionó anteriormente, el método de masa es mejor para representar pérdidas grandes en el área y el de estacas para entender la forma en la que se está generando la erosión.

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. 15). 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. 16). 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. 17). 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. 18). El porcentaje 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. 19) y el pasto vivo se registró principalmente en octubre y febrero (Fig. 20).

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 21 y 22 se muestra en resumen la dominancia de las coberturas por tipo de tratamiento y su relación con la erosión en peso y en centímetros. En ambos casos es evidente que 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. La erosión medida en los tratamientos 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.

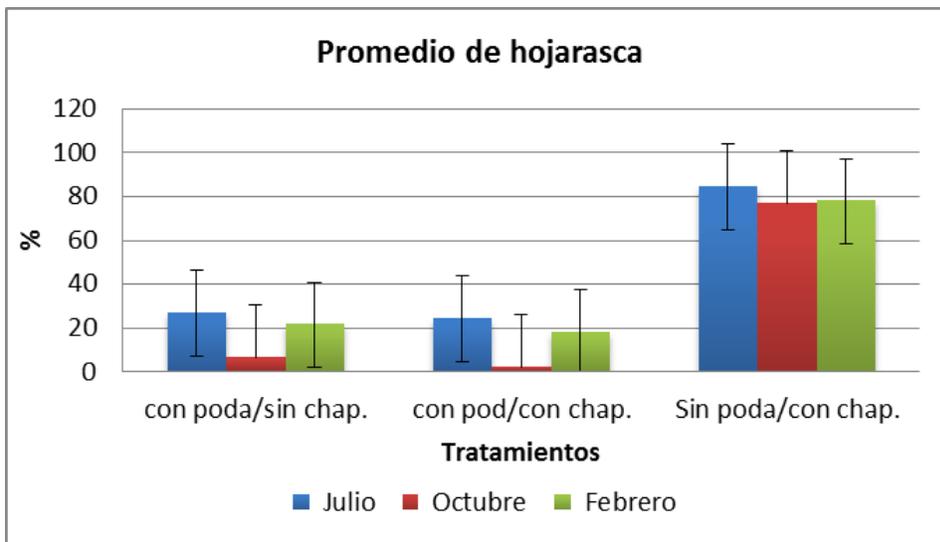


Figura 15. Porcentaje de hojarasca en el suelo en las trampas de erosión. El tratamiento sin poda de follaje fue el que mantuvo la cobertura de hojarasca.

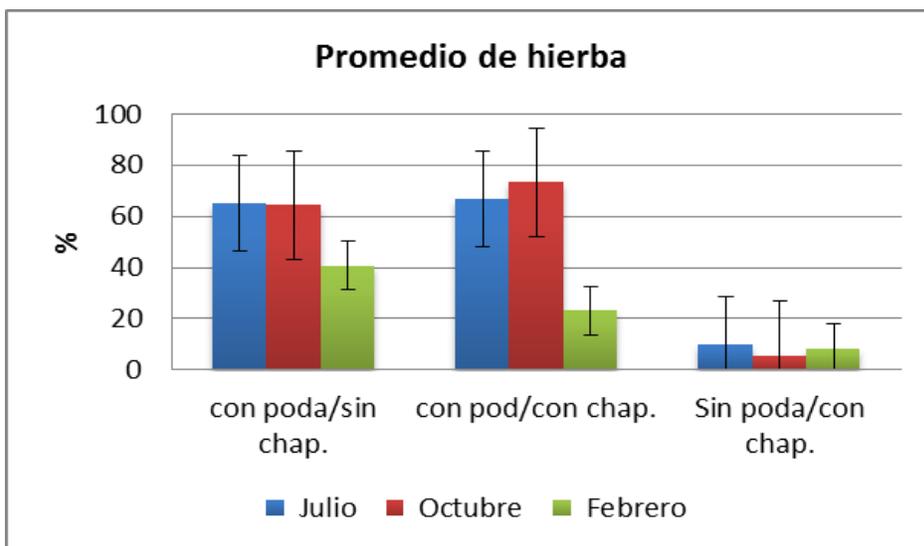


Figura 16. Porcentaje de suelo cubierto por hierbas. En las huertas con poda se registró el máximo porcentaje de cobertura.

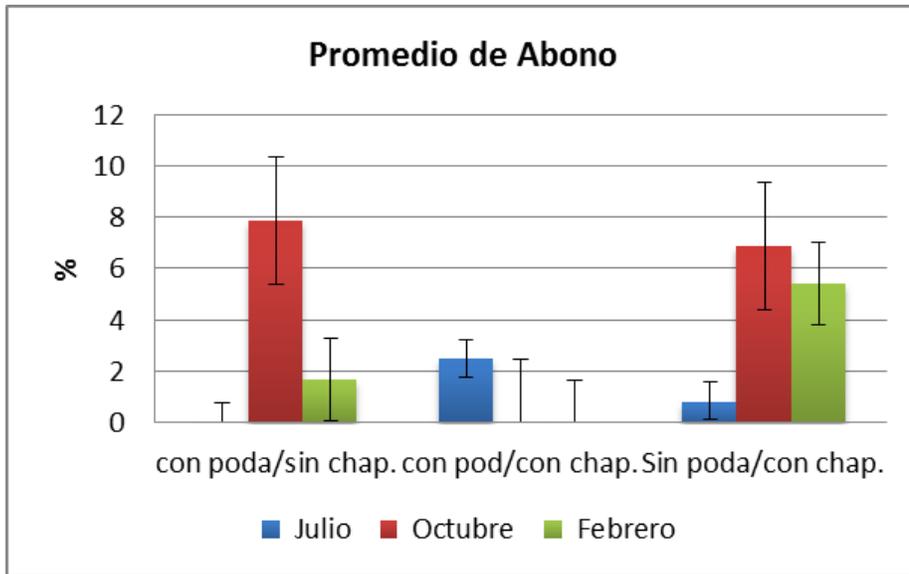


Figura 17. Porcentaje de abono cubriendo el suelo. El abono suele ser aplicado en el área de goteo superponiéndose a la hojarasca y las herbáceas.

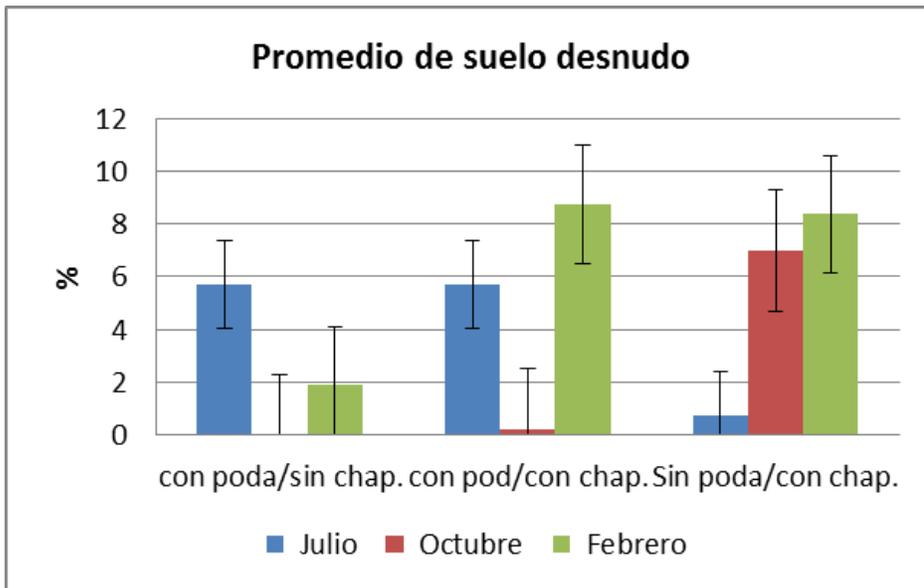


Figura 18. El suelo sin ninguna cobertura presentó su nivel más alto durante los meses de julio y febrero.

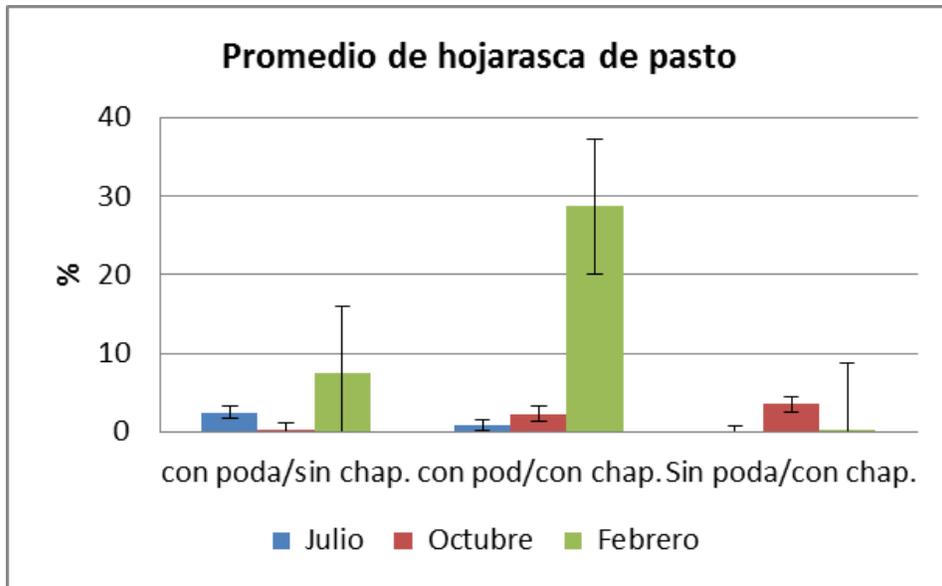


Figura 19. El pasto seco presentó su máxima cobertura durante el mes de febrero.

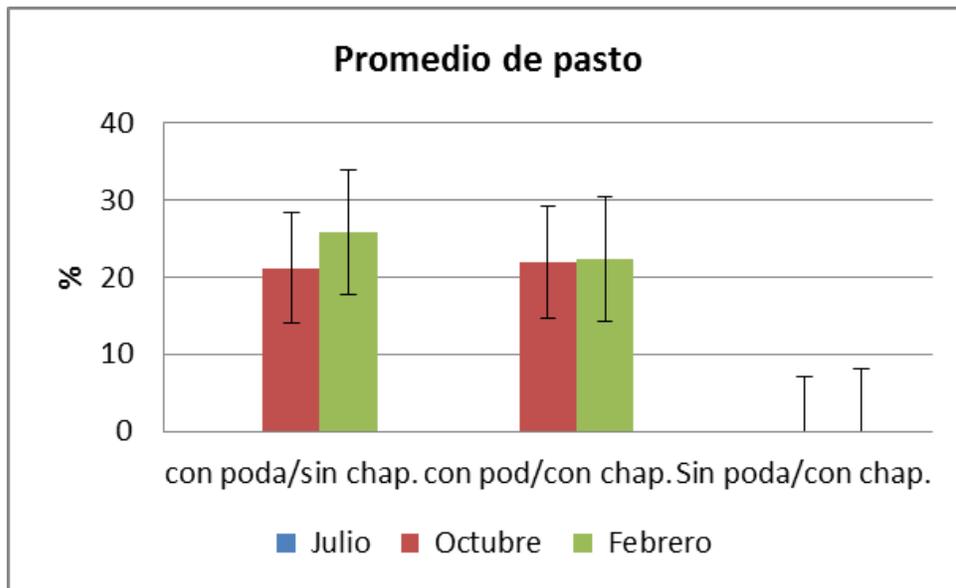


Figura 20. El pasto fue una cobertura relativamente abundante durante los meses de octubre y febrero.

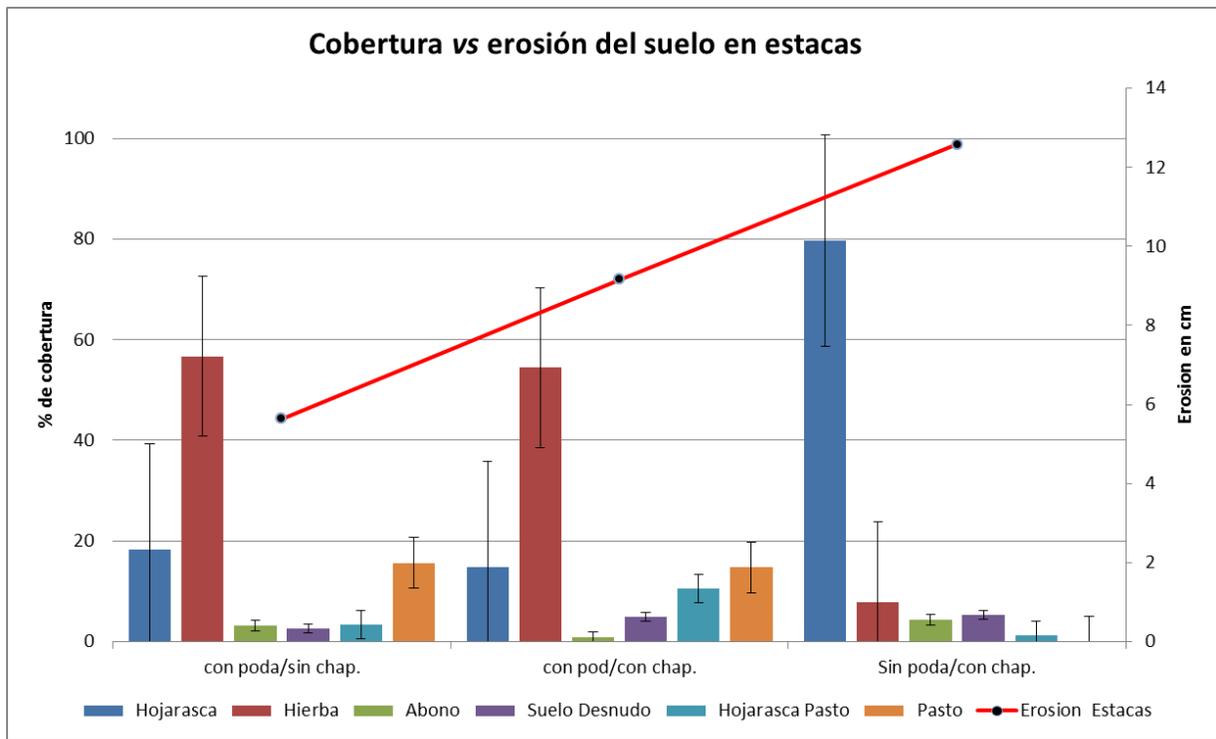


Figura 21. Relación del tipo de cobertura del suelo y la erosión en cm registrada en 12 parcelas de estacas de erosión. En los tratamientos con poda, donde predominaron las hierbas se registró el menor promedio de erosión. Por el contrario en el tratamiento sin poda/con chaponeo, donde predominó la hojarasca, se registró la máxima erosión de los grupos.

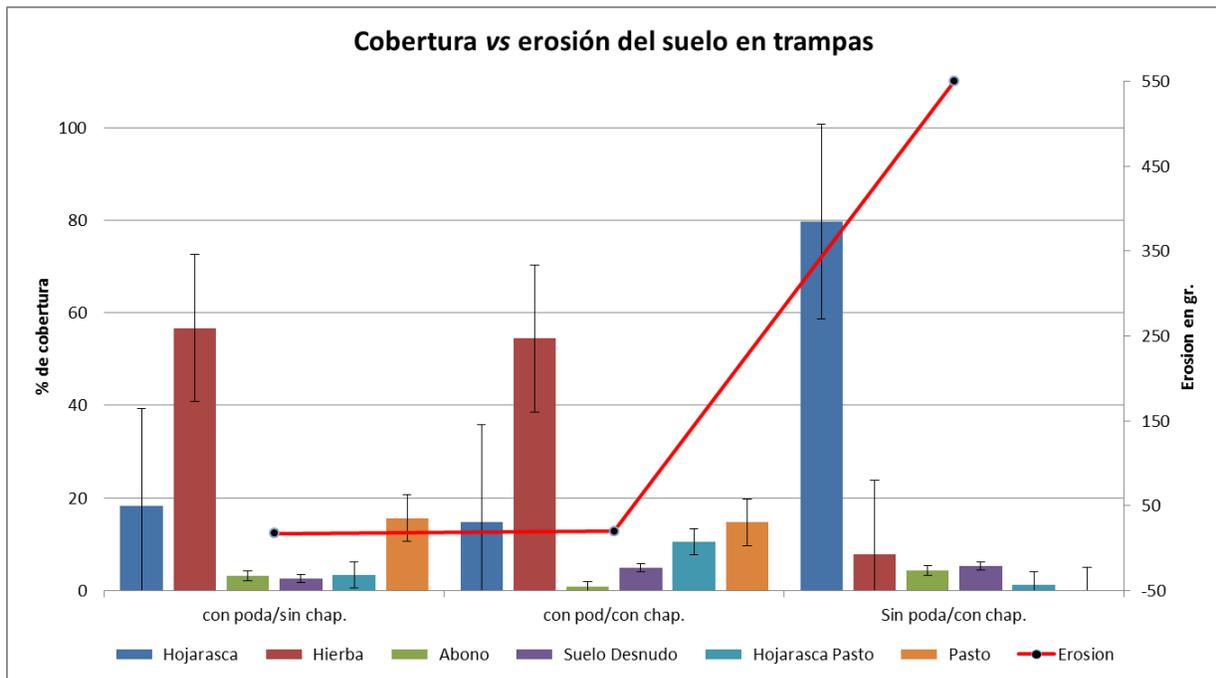


Figura 22. El patrón en las trampas de erosión fue muy similar al descrito para las parcelas de estacas. Esta relación se puede resumir como -a mayor cantidad de cobertura de herbáceas menor cantidad de suelo erosionado- y -a mayor cantidad de hojarasca en el suelo mayor cantidad de suelo erosionado.

Calidad del suelo.

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).

Se han documentado efectos negativos del cambio de uso de suelo, principalmente de bosques nativos a huertas aguacateras, en la cuenca del Cupatitzio en Michoacán (Bravo-Espinosa et al., 2012). Entre estos se encuentra un aumento en los nitratos del suelo que son altamente lixiviabiles y contaminantes de corrientes y mantos acuíferos, lo cual coincide con el diagnostico que se estableció en la primera etapa del proyecto, que además encontró altos niveles de fosfatos.

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

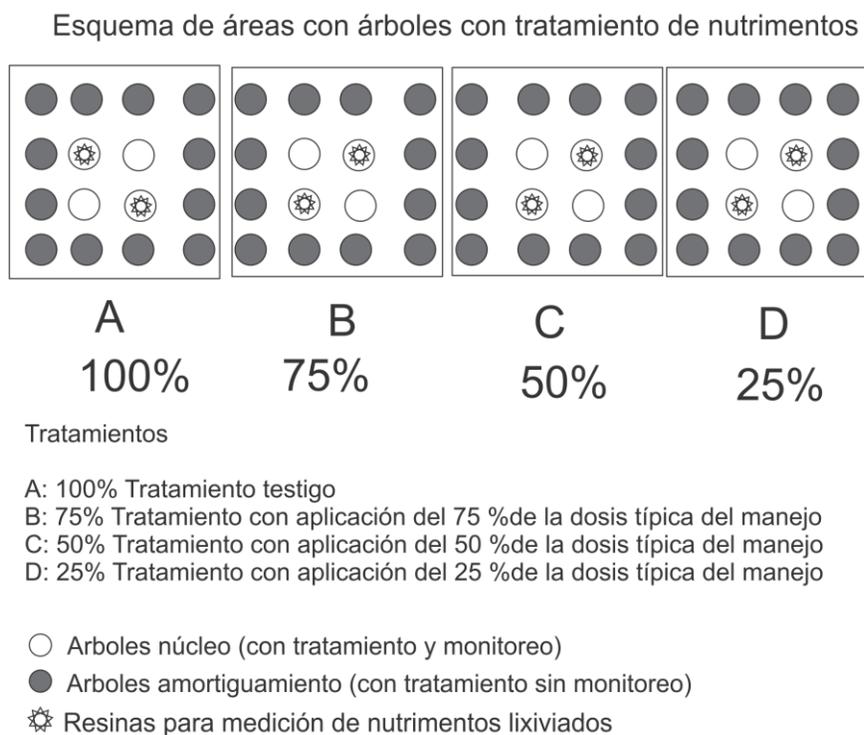
el temor a registrar pérdidas en rendimiento al reducir la fertilización, por lo que solamente se consiguieron 2 huertas orgánicas y 2 huertas convencionales.

En estas huertas se marcaron áreas contiguas cubriendo 16 árboles como se describe en la figura 23. 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 nutrimentos 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 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 23 se muestran los árboles núcleo muestreados para concentraciones foliares y los dos árboles donde se enterraron la resinas para medir la disponibilidad de nutrimentos.



Huertas con monitoreo de fertilización

Folio	Huerta	Localidad	Municipio
5	La esmeralda	San Andres Coru	Ziracuaretiro
9	Xerencua	San Ángel	Tinganbato
16	La Limonera	Camébaro	Ario de R.
7	Piedra China	San Adres Coru	Ziracuaretiro

Figura 23. 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 24 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 25 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 26 A y B).

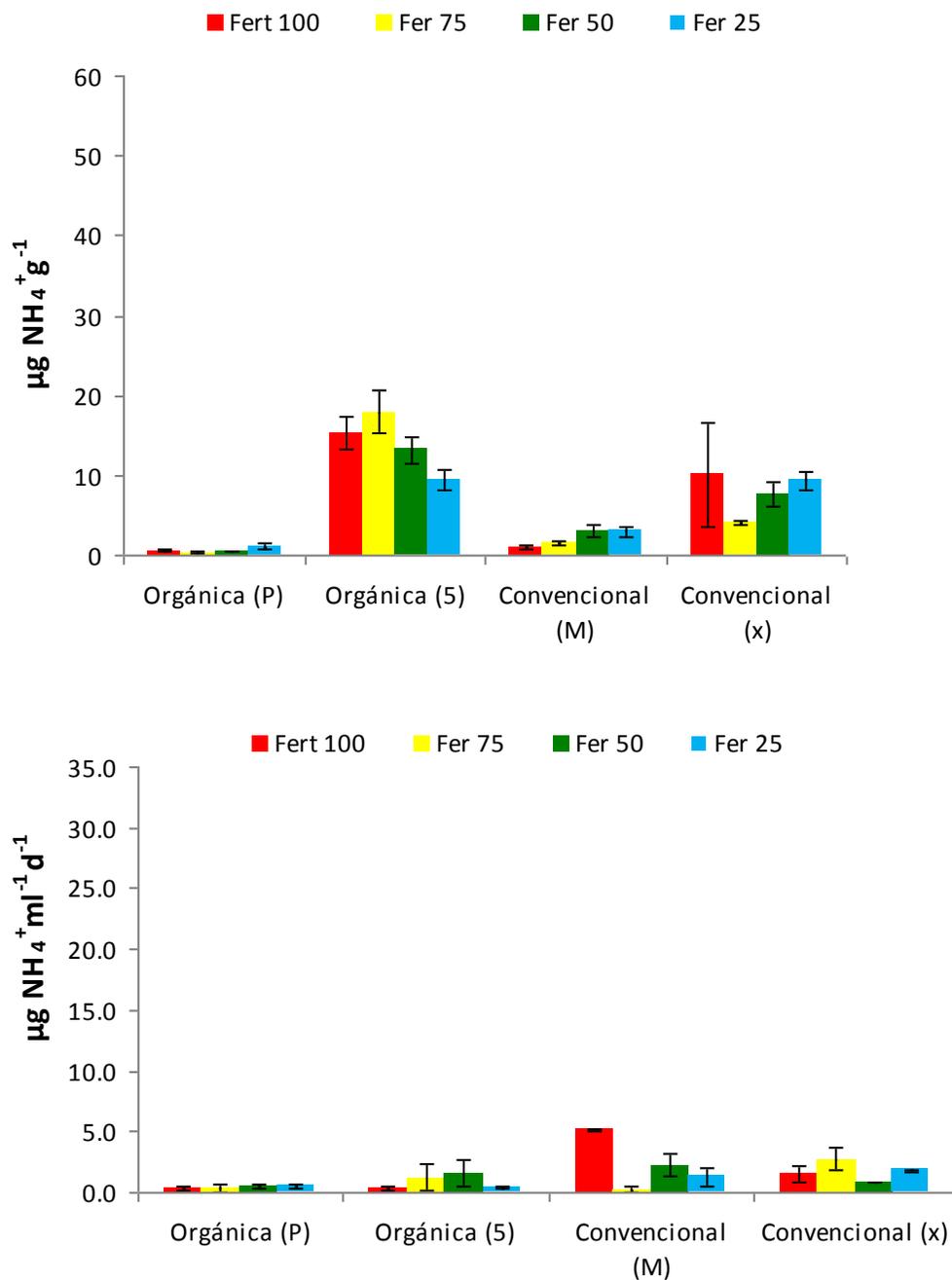


Figura 24. Concentraciones de amonio medidas en suelo mediante una extracción directa (A) y mediante una evaluación dinámica de un mes con resinas (B), al inicio de los tratamientos.

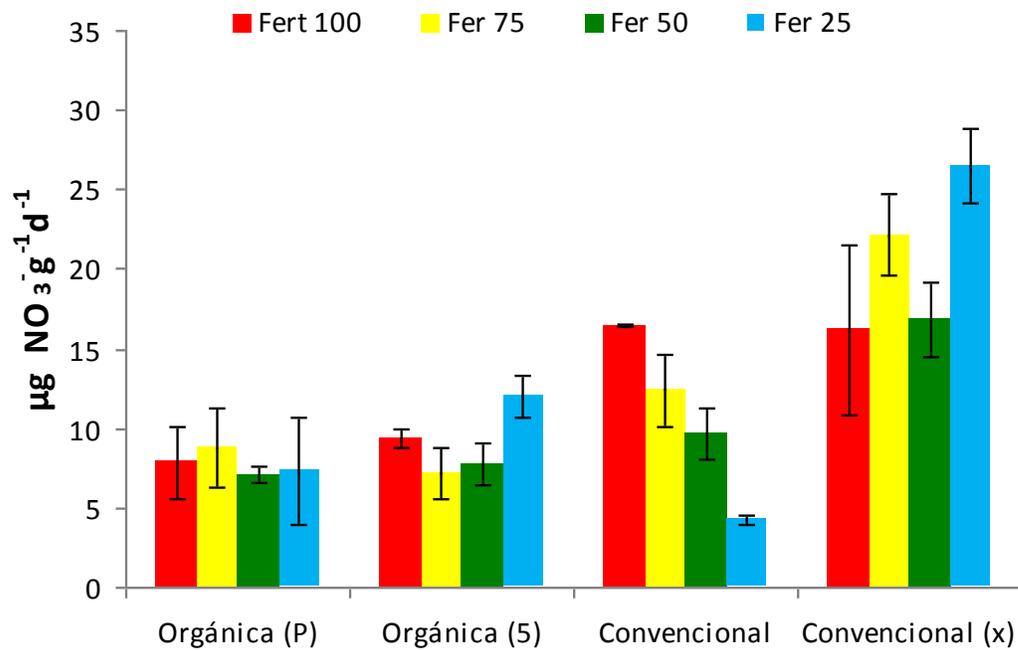
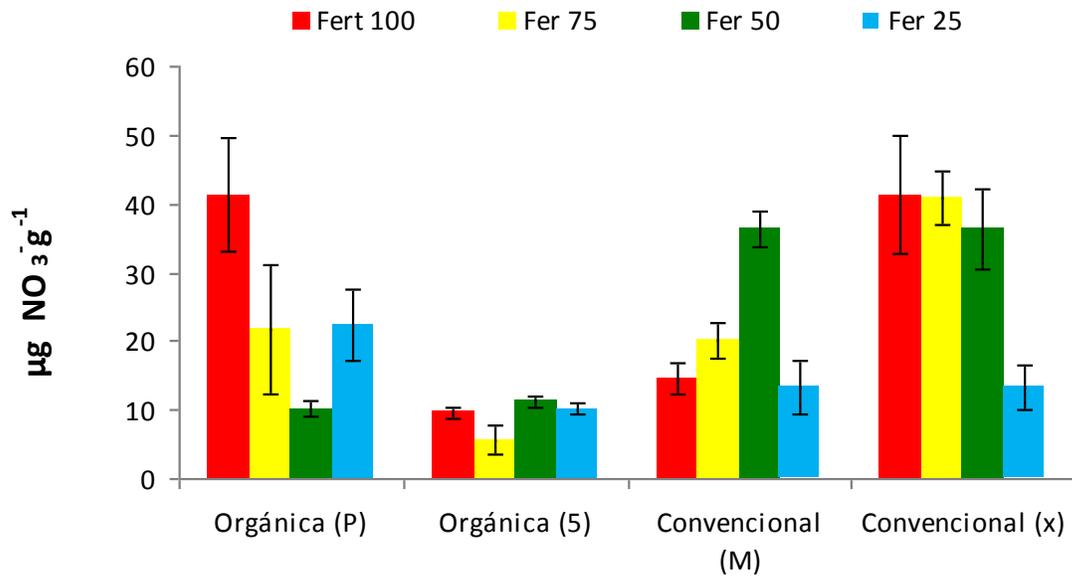


Fig. 25. Concentraciones de nitrato medidas en suelo mediante una extracción directa (A) y mediante una evaluación dinámica de un mes con resinas (B), al inicio de los tratamientos.

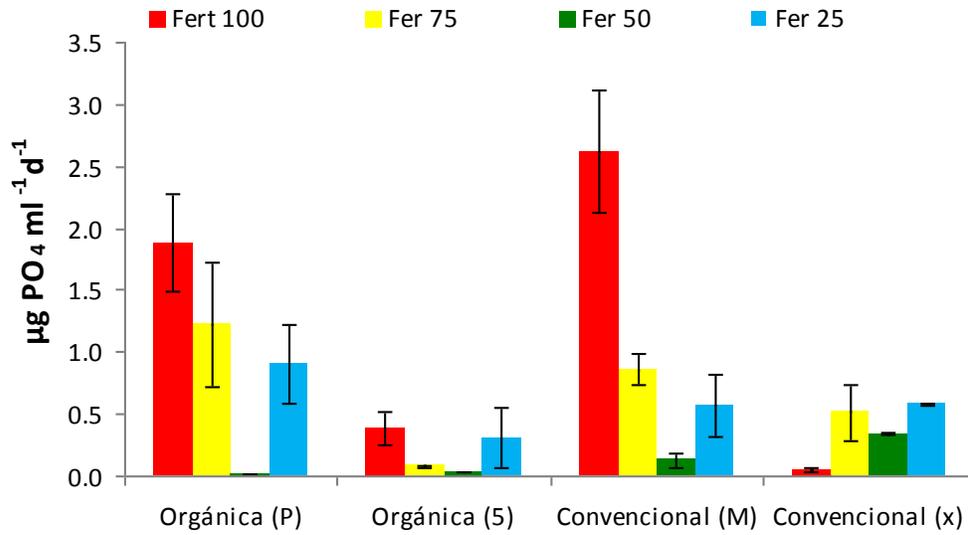
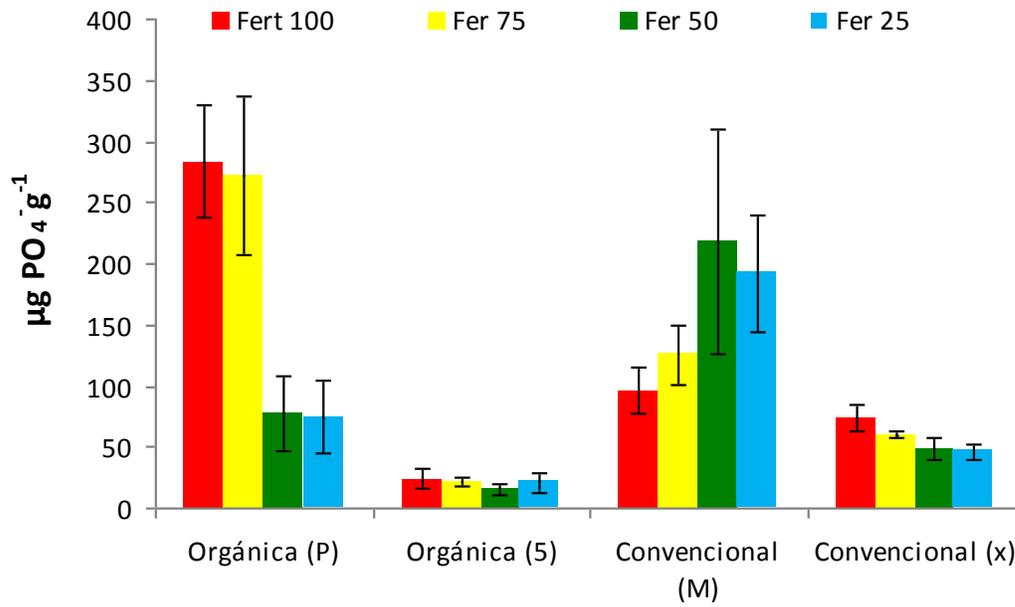
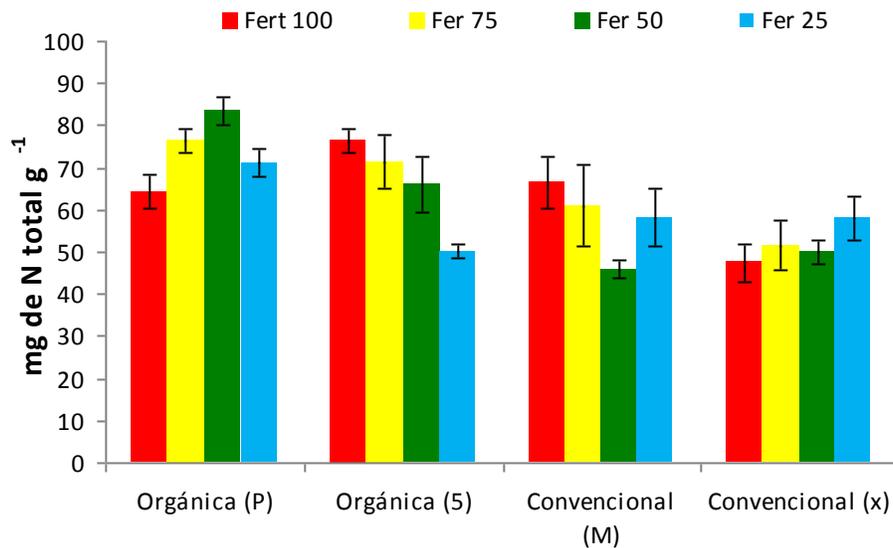


Fig. 26. Concentraciones de fosfato medidas en suelo mediante una extracción directa (A) y mediante una evaluación dinámica de un mes con resinas (B), al inicio de los tratamientos. Concentración de N y P inicial en las hojas de los árboles de las parcelas experimentales.

Los resultados muestran niveles de nitrógeno y fósforo (Fig. 27 A y B) en las hojas dentro del rango óptimo para obtener el mayor rendimiento. De manera general se observa ligeramente más N en las hojas de las huertas orgánicas que se seleccionaron, mientras que los niveles de P son muy parecidos.

(A)



(B)

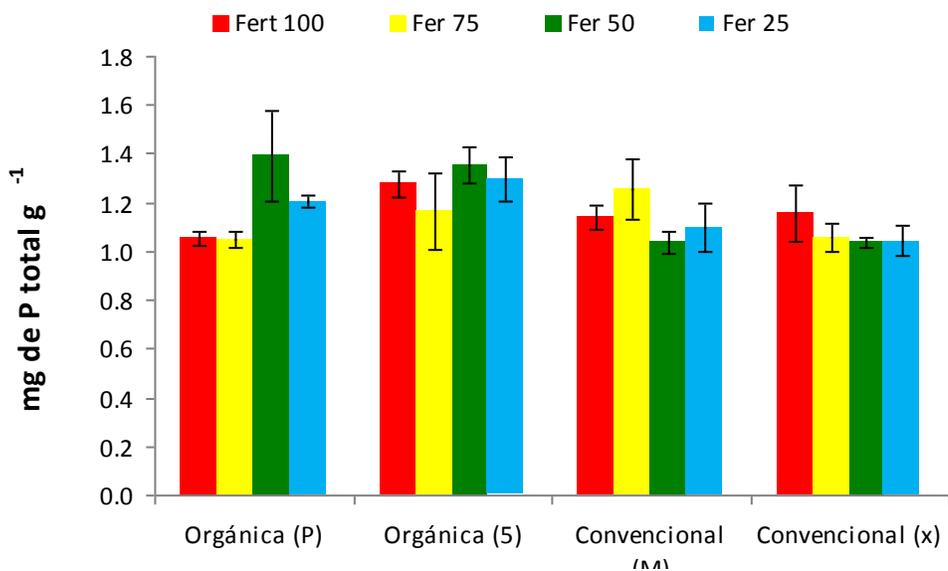


Fig. 27. Concentraciones de nitrógeno (A) y fósforo (B) medidas en las hojas muestreadas dentro de los tratamientos de fertilización.

En julio del 2012 se realizará el muestreo de hojas y la incubación de resinas de los tratamientos de reducción de fertilización para medir si ya bajaron los niveles de P en suelo y en hojas. Se dio un año de tiempo para permitir que los niveles de nutrientes bajaran lo suficiente para ser detectados.

ÁREA 2. BIODIVERSIDAD

Biodiversidad de plantas y de 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.

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 3 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.

Resultados

Tabla 3. 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. Delaroche	
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	Caesalpinaceae	Chamaecrista nictitans (L.) Moench	Fijadora N
Dicotiledónea	Caesalpinaceae	Chamaecrista rufa (Mart. & Gal.) Britt. & R.	Fijadora N
Dicotiledónea	Caesalpinaceae	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	Ipomoea tricolor Cav.	A. polinizadores
Dicotiledónea	Cucurbitaceae	Cayaponia sp.1	A. polinizadores
Dicotiledónea	Cucurbitaceae	Cyclanthera tamnoides (Willd.) Cogn.	A. polinizadores
Dicotiledónea	Cucurbitaceae	Momordica charantia L.	A. polinizadores
Dicotiledónea	Cucurbitaceae	Rytidostylis longisepala (Cogn.) C. Jeffrey	A. polinizadores
Dicotiledónea	Cucurbitaceae	Sicyos deppei G. Don	A. polinizadores
Dicotiledónea	Dennstaedtiaceae	Pteridium aquilinum (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	Acalypha mexicana Muell.-Arg.	
Dicotiledónea	Euphorbiaceae	Acalypha setosa A. Rich.	
Dicotiledónea	Euphorbiaceae	Euphorbia dentata Michx.	A. polinizadores
Dicotiledónea	Euphorbiaceae	Euphorbia hirta L.	
Dicotiledónea	Euphorbiaceae	Euphorbia nutans Lag.	A. polinizadores
Dicotiledónea	Euphorbiaceae	Euphorbia sp. 3	
Dicotiledónea	Euphorbiaceae	Ricinus communis L.	
Dicotiledónea	Euphorbiaceae	Euphorbia nutans Lag.	
Dicotiledónea	Fabaceae	Aeschynomene villosa Poir.	Fijadora N
Dicotiledónea	Fabaceae	Astragalus strigosus Kunth	Fijadora N
Dicotiledónea	Fabaceae	Cologania biloba (Lindl.) G. Nicholson	Fijadora N y a. polinizadores
Dicotiledónea	Fabaceae	Cologania sp. 2	Fijadora N

Dicotiledónea	Fabaceae	Cologania sp. 3	Fijadora N
Dicotiledónea	Fabaceae	Crotalaria aff. Polyphylla	Fijadora N
Dicotiledónea	Fabaceae	Crotalaria micans Link	Fijadora N
Dicotiledónea	Fabaceae	Crotalaria sagittalis L.	Fijadora N
Dicotiledónea	Fabaceae	Dalea foliolosa (Ait.) Barneby	Fijadora N
Dicotiledónea	Fabaceae	Dalea lutea (Cav.) Willd.	Fijadora N y a. polinizadores
Dicotiledónea	Fabaceae	Dalea reclinata (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. & Schldl.	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.) Schldl.	A. polinizadores
Dicotiledónea	Malvaceae	Anoda sp.	
Dicotiledónea	Malvaceae	Malva parviflora L.	
Dicotiledónea	Malvaceae	Modiola caroliniana (L) G. Don	

Dicotiledónea	Malvaceae	Sida collina Schlttd.	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.) Schlttdl.	
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 annum 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.) Schlttdl.	

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) Schltld.	
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 4 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 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 28).

Tabla 4. Diversidad y características de las herbáceas encontradas en las huertas deaguacateras.

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

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.

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 29).

El cociente dicotiledóneas/monocotiledóneas mostró diferencias importantes entre las huertas aunque todas tuvieron mayor proporción de dicotiledóneas respecto 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 30).

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 31).

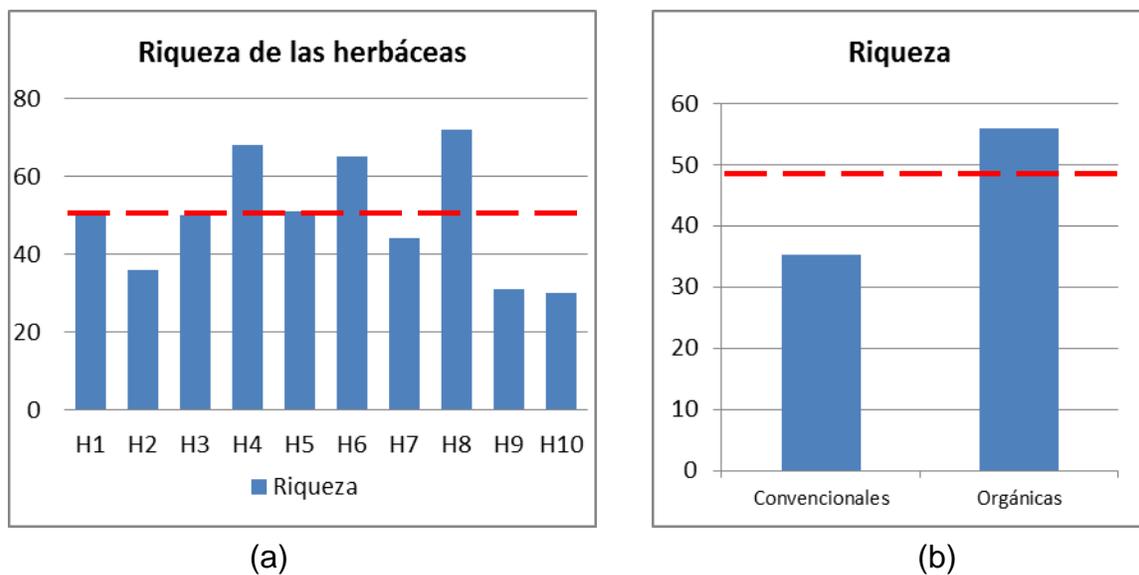
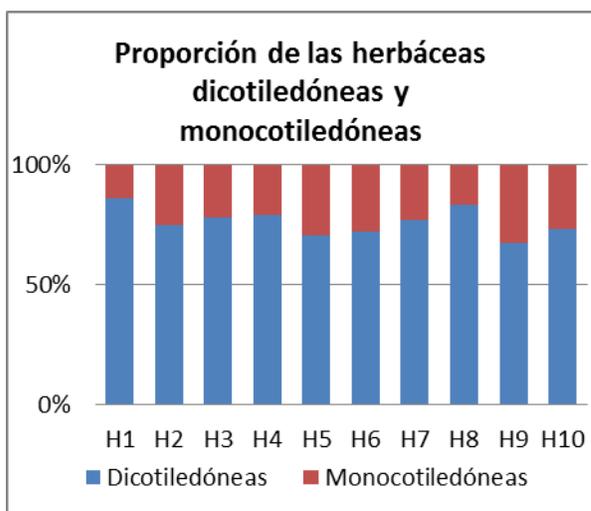
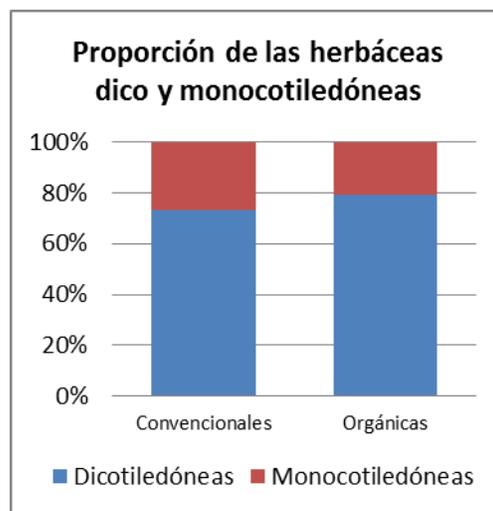


Figura 28. Riqueza de herbáceas en las 10 huertas muestreadas (a), riqueza en huertas convencionales y orgánicas (b). La línea roja indica el promedio total de 48.9 especies

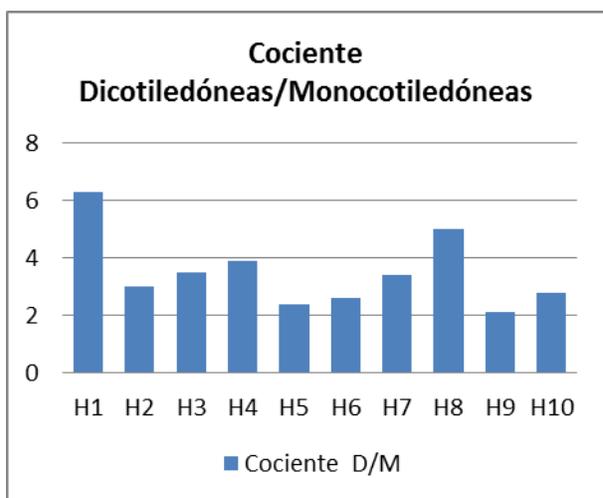


(a)

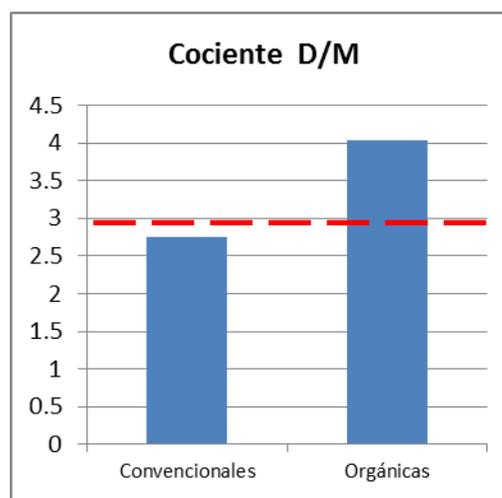


(b)

Figura 29. 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 30. Cociente dicotiledóneas/monocotiledóneas de las huertas. La línea roja indica el promedio total de 3.5.

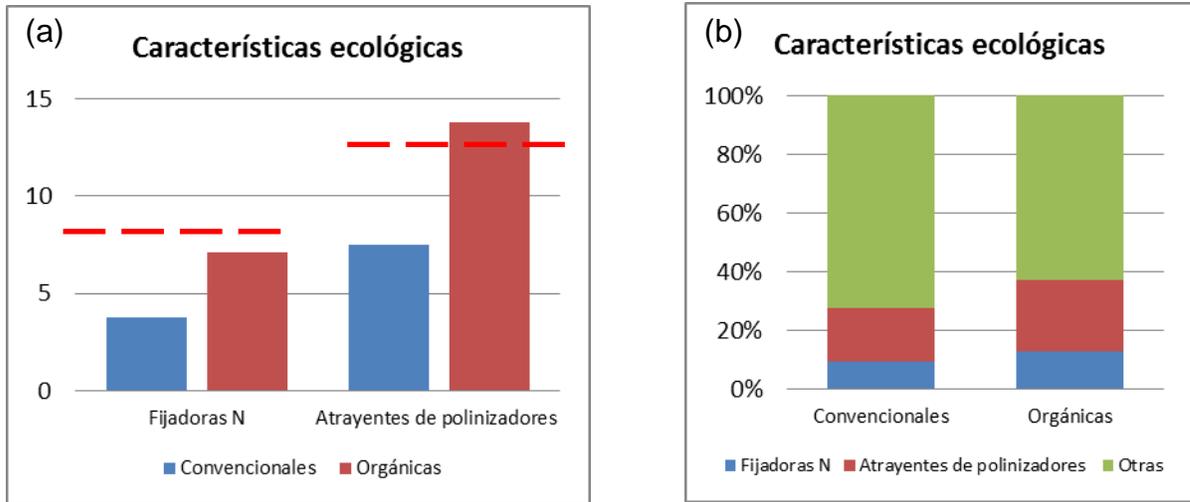


Figura 31. Características ecológicas de las herbáceas de acuerdo a la función (a), y de acuerdo al manejo (b). La línea roja indica el promedio total de 5.8 para la riqueza de fijadoras de N y 11.3 para la riqueza de las herbáceas atrayentes de polinizadores.

En términos 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 como se muestra en los tratamientos implementados en las huertas que se presentan en la siguiente sección.

Tratamientos de manejo de arvenses

El término arvense esta dado para las especies vegetales que son acompañantes espontáneas o adventicias de los cultivos en los sitios perturbados para las actividades agrícolas. Siendo importantes porque forman parte de las cadenas alimenticias, además de proteger el suelo de la erosión, aportan materia orgánica y favorecen la presencia de insectos benéficos entre otras funciones.

Sin embargo también se le debe dar importancia al “período crítico de competencia”, que es el tiempo en el cual deben ser controladas para evitar pérdidas en los rendimientos; es el momento óptimo para realizar el control que no es precisamente el periodo de mayor interferencia con el cultivo. Algunas arvenses pueden causar más daño que otras debido a la producción de sustancias alelopáticas que provocan el incremento de su dominancia pues afectan el desarrollo del cultivo o el de otras arvenses.

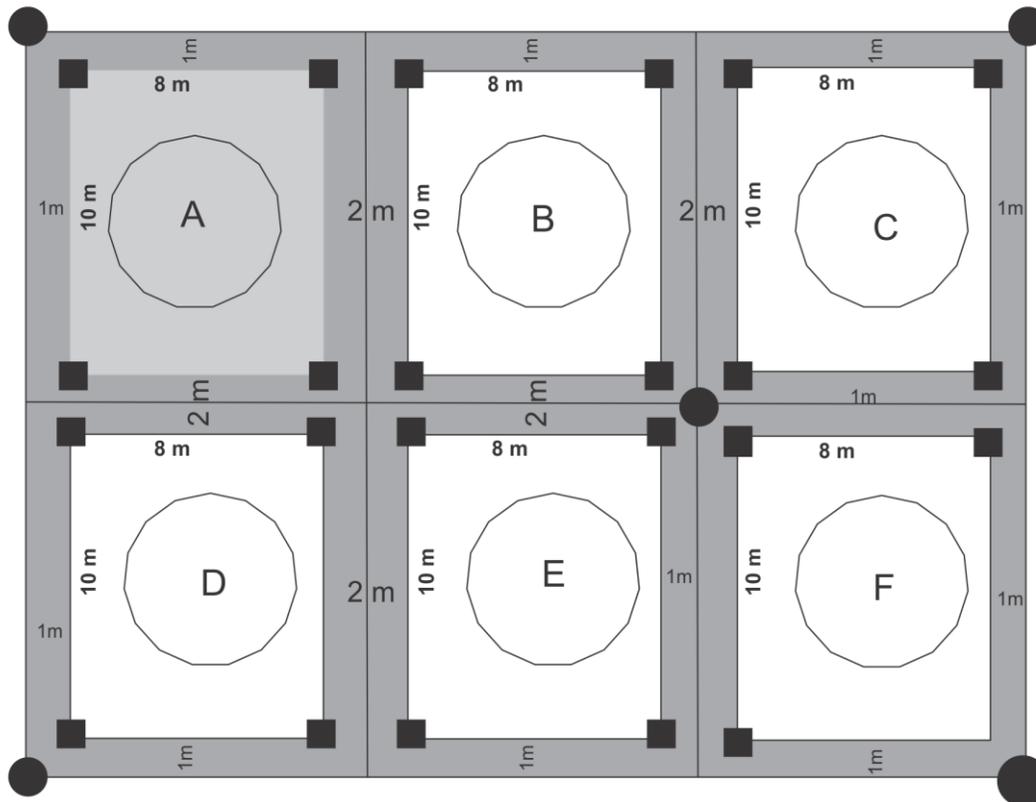
El monitoreo de estas especies puede contribuir de manera sustancial al manejo, conservación y protección de este tipo de flora. La estructura de la comunidad de arvenses esta determinada por las características fenotípicas de las diferentes especies (monocotiledóneas o dicotiledóneas), por su abundancia, por su distribución sobre el terreno, los tiempos en que su abundancia es mayor en el ciclo de cultivo, la producción de semillas, la latencia de las mismas, su viabilidad entre otras cosas.

En la etapa uno del proyecto se determinó que la mayoría de las huertas presentan una diversidad de hierbas alta, pero que en la mayoría se había dado un empobrecimiento de las especies dicotiledóneas y un enriquecimiento de monocotiledóneas en comparación con la diversidad que se mantiene en la vegetación natural. Esto demostró que aunque en números

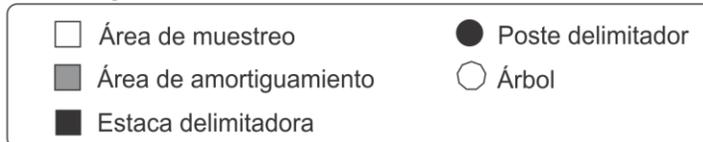
totales hay una diversidad alta, esta alteración en la composición de las especies puede derivar en la pérdida de algunos servicios importantes como la polinización, el control natural de plagas, la fertilidad natural del suelo y los usos potenciales que pueden hacer los propietarios de las hierbas (medicinales, alimenticios, etc.). Para determinar los factores que influyen en la abundancia de ciertos tipos plantas arvenses y promover un manejo dirigido a conservar una mayor diversidad útil para a su vez conservar el mayor número posible de servicios ecosistémicos, se implementaron tratamientos de manejo de las hierbas.

Un estudio fue dirigido hacia la comprensión de cuales son las prácticas que disminuyen la riqueza de especies dicotiledóneas y el otro fue encaminado a buscar formas de manejo que aumenten la proporción de dicotiledóneas. Para el primero se eligieron 3 huertas que tienen un índice dicotiledóneas/monocotiledóneas alto (Fig. 32) y para el segundo 3 huertas con un índice bajo (Fig. 33), de acuerdo a los resultados obtenidos del índice dicotiledónea/monocotiledónea en la etapa uno del proyecto.

Esquema de experimento manejo de herbáceas para huertas con cociente nomocotiledoneas/dicotiledoneas alto



Simbología



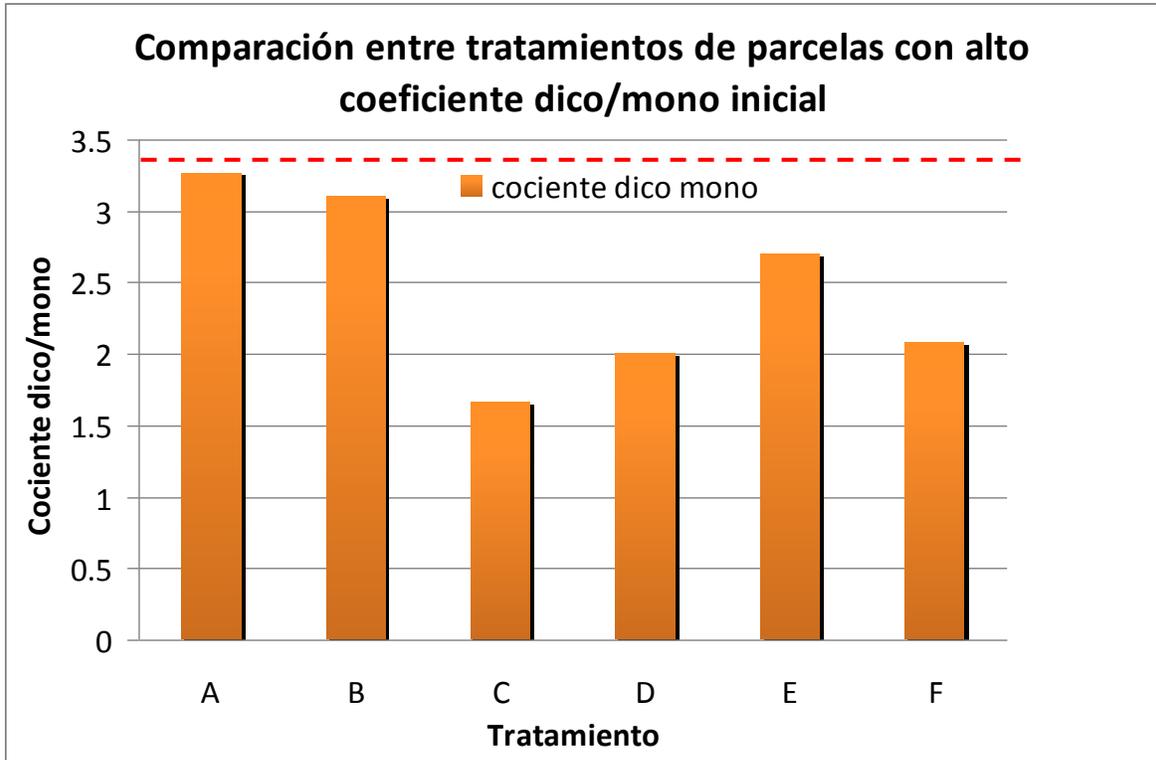
Tratamientos

- A: Sin chaponeo (No se chaponea durante el año de evaluación)
- B: Chaponeo a 10 cm baja intensidad (cada 6 meses)
- C: Chaponeo a 30 cm baja intensidad (cada 6 meses)
- D: TChaponeo a 10 cm Alta intensidad (cada 3 meses)
- E: Chaponeo a 30 cm Alta Intensidad (Cada 3 meses)
- F: Testigo (ípico de la huerta, aprox cada 3 meses)

Figura 32. Distribución de los tratamientos implementados en huertas con índice alto para determinar las prácticas que reducen la proporción de dicotiledóneas en las huertas.

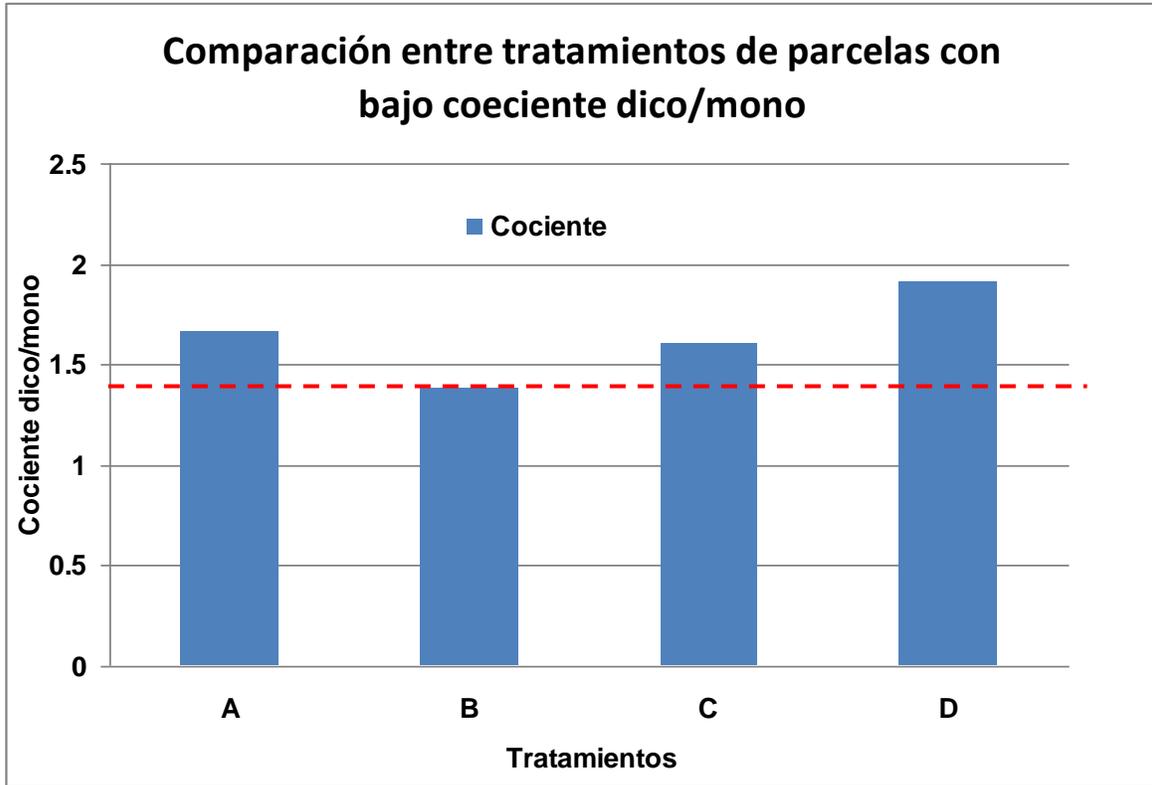
Para el diagnóstico de riqueza arvense, se realizó un monitoreo periódico de la cobertura y la riqueza de las hierbas en dos puntos fijos de 1 metro cuadrado marcados al azar dentro del tratamiento. El primero muestreo, al inicio, se realizó en julio del 2011 y se han realizado dos muestreos más de seguimiento en octubre 2011 y febrero 2012.

Algunos datos preliminares, por el corto tiempo transcurrido desde que se implementaron los tratamientos, ya muestran algunas modificaciones del cociente dico/mono. Los tratamientos encaminados a ubicar las causas de la pérdida de dicotiledóneas, mostraron reducciones importantes del cociente en los tratamientos con alta intensidad (cortes bimestrales) de chaponeo y los tratamientos sin chaponeo o con baja intensidad (cortes semestrales) muestran los cocientes más altos (Figura 34). En cambio, en las huertas con cociente bajo, aún se ven pocas diferencias, lo cual es evidencia de que una reducción en el cociente se puede generar rápidamente con un mal manejo pero una recuperación es más lenta y difícil de conseguir cuando el cociente ya se ha disminuído considerablemente (Figura 35). No obstante, es evidente que estos son datos preliminares y que en los meses siguientes se apreciarán mejor las diferencias y se podrán hacer sugerencias más concretas para manejar las hierbas en las huertas.



Tratamiento	Altura del corte (cm)	Intensidad (cada cuanto se hace)
A	30	baja intensidad (2 veces al año)
B	10	baja intensidad (2 veces al año)
C	30	alta intensidad (cada 2 meses)
D	10	alta intensidad (cada 2 meses)
E	Sin chaponeo	
F	Testigo. Manejo como normalmente se hace en toda la huerta	

Figura 34. Cociente de especies dicotiledóneas versus monocotiledóneas en los tratamientos de manejo implementados en huertas que tenían cociente alto, a ocho meses del inicio.



Tratamiento	Altura del corte (cm)	Intensidad (cada cuanto se hace)
A	10	Dos veces al año
B	10	Cada 2 meses
C	Sin chaponeo	
D	Testigo. Manejo como normalmente se hace en la huerta	

Fig 35. Cociente de especies dicotiledóneas versus monocotiledóneas en los tratamientos de manejo implementados en huertas que tenían cociente bajo a ocho meses del inicio.

Polinizadores

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 taxonomica. Se realizaron las redes de interacciones entre las herbáceas y los insectos visitantes florales por medio del programa Ucinet 6, version 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 5 y 6 se enlistan las especies o morfotipos encontrados en las flores de aguacate de los dos muestreos que conciernen a este proyecto, en la tabla 7, se enlista 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 36), organizados en 5 grupos funcionales (figura 37), 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 38), 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 37), 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 39). 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 ($P = 0.008$).

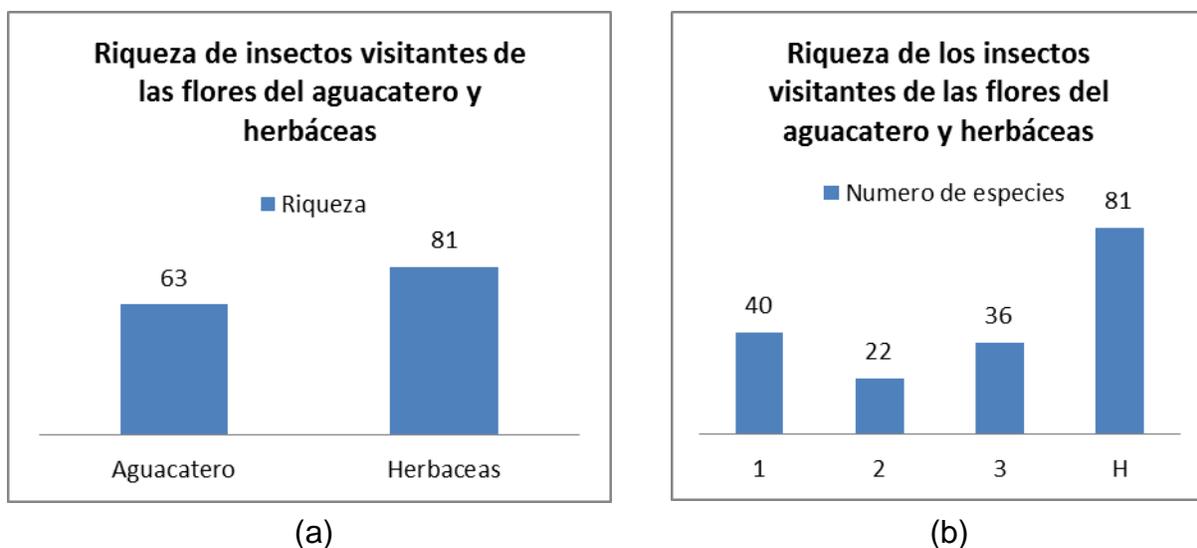


Figura 36. Riqueza de los insectos visitantes de las flores del aguacatero y las herbáceas asociadas al cultivo, (a) riqueza total y (b) Riqueza obtenida en cada muestreo del estudio.

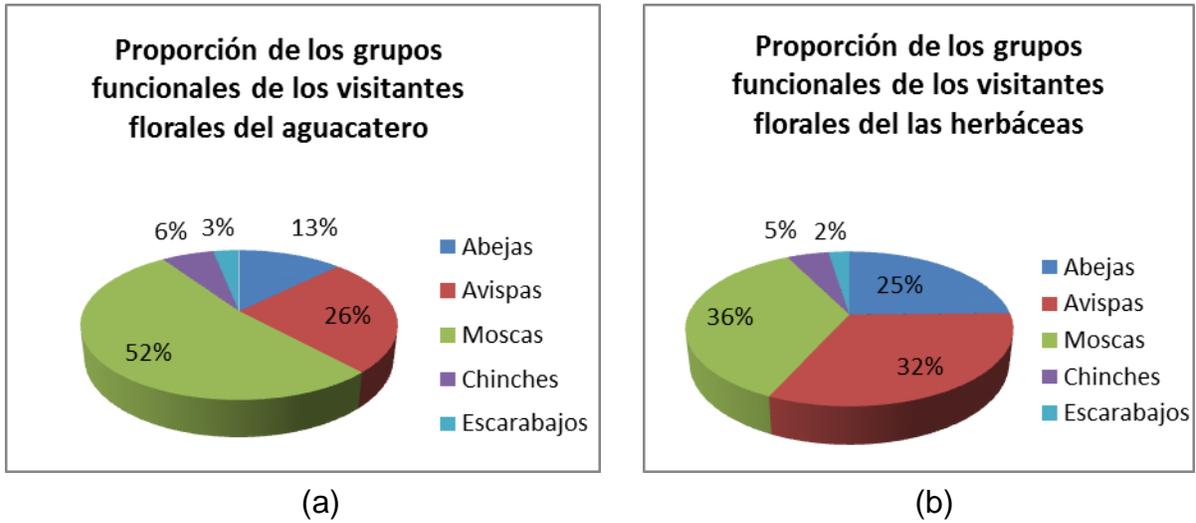


Figura 37. Proporción de los grupos funcionales de los visitantes florales de los visitantes florales: (a) del aguacatero y (b) de las herbáceas.

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.

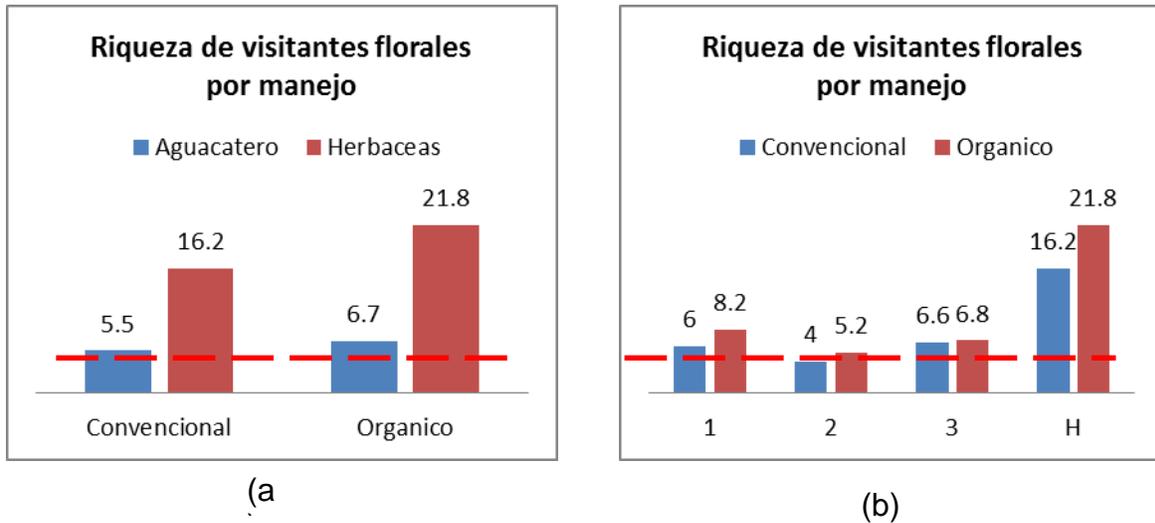


Figura 39. Riqueza de visitantes florales por manejo: convencional y orgánico, (a) riqueza total, (b) riqueza por muestreo. La línea roja indica el promedio total de riqueza de 5.7.

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 40).

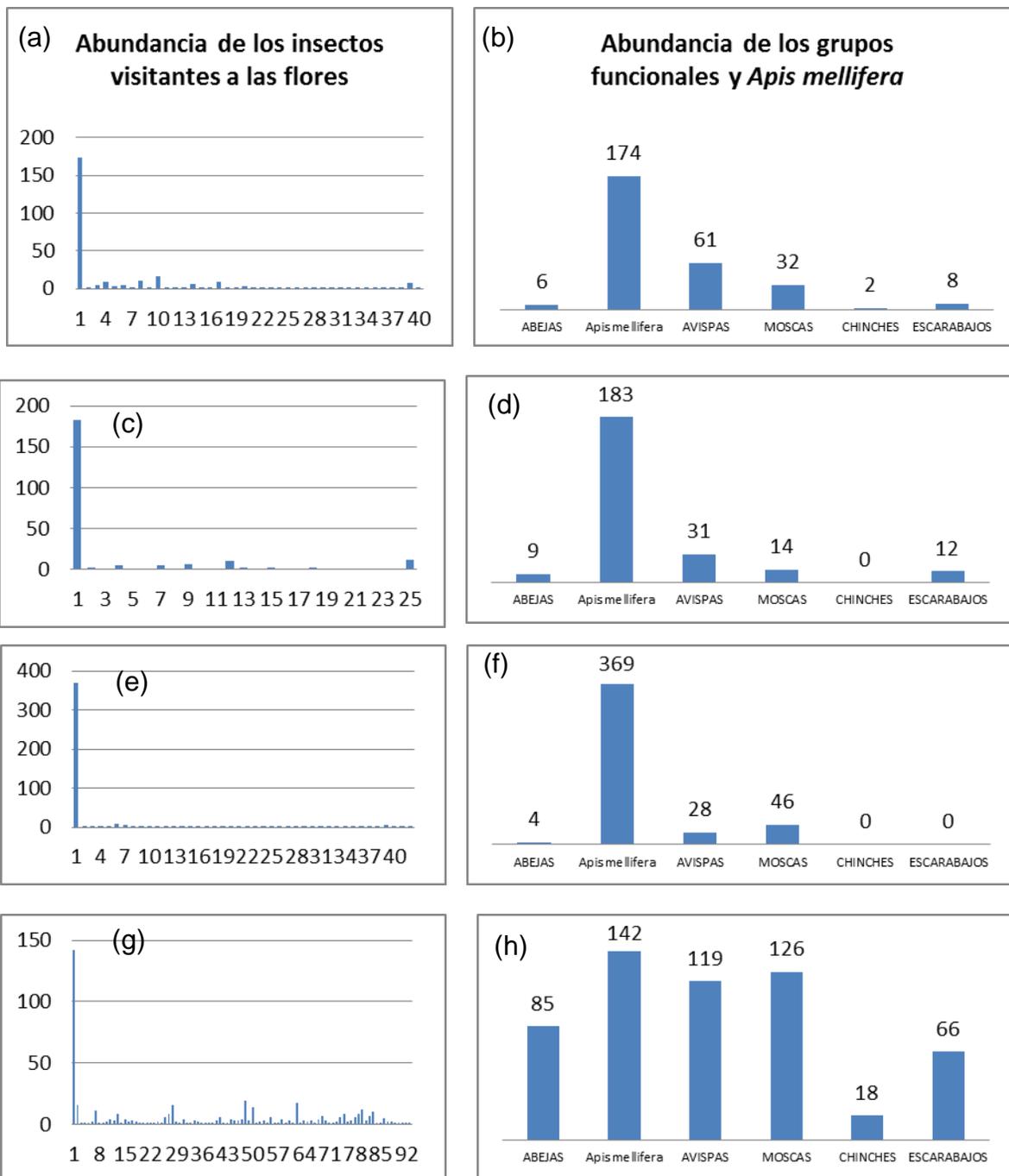


Figura 40. Abundancia de los insectos visitantes de las flores del aguacatero en los tres muestreos (a-f) y de las herbáceas (g y h). La abundancia se comparó entre las especies encontradas (a, c, e y g) y con los grupos funcionales (b, d, f y h). La abundancia de *Apis mellifera* sobresale a las demás especies, incluso cuando se compara con la abundancia total de cada grupo funcional.

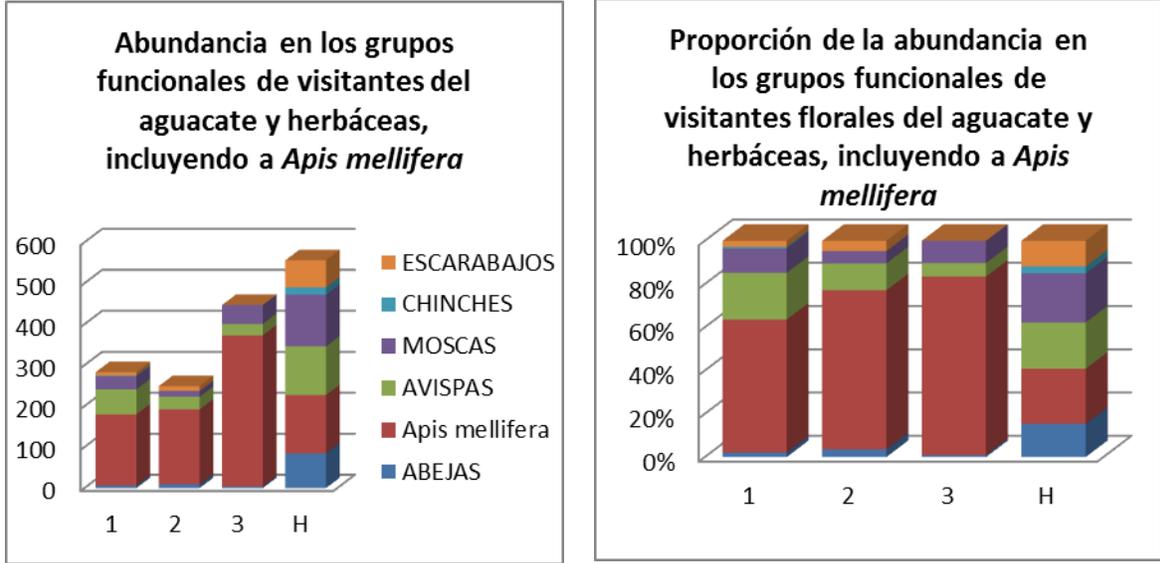
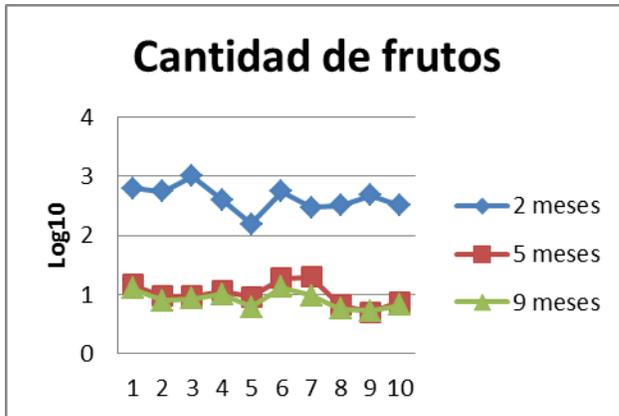


Figura 41. Abundancia de cada grupo funcional y de *Apis mellifera* insectos en las flores del aguacatero y herbáceas respecto a la abundancia total (a), proporción de la abundancia en los grupos funcionales de visitantes florales del aguacate y herbáceas incluyendo *Apis mellifera*.

(A)



(B)

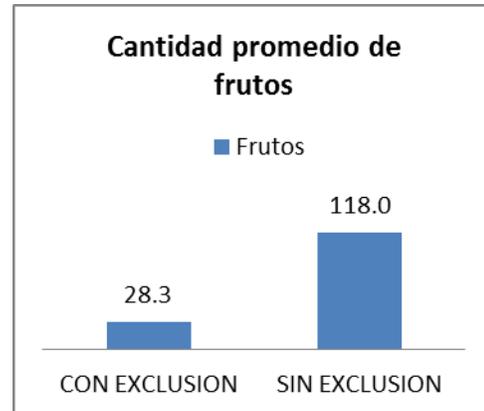


Figura 42. Cantidad de frutos encontrados a los 2, 5 y 9 meses del muestreo de diversidad de visitantes florales (a) y la cantidad de frutos obtenidos a partir de árboles de aguacate con exclusión y sin exclusión de insectos visitantes de gran tamaño (b).

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 42a 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 una diferencia grande ($P = 0.001$) en la cantidad de frutos logrados con y sin exclusión de los insectos polinizadores grandes como la *Apis* (figura 42 b), con una disminución de la cantidad de frutos del 76%, lo cual indica que efectivamente el aguacate requiere de insectos para la fructificación. En la exclusión no pudieron eliminarse los insectos que se generan en el suelo bajo el árbol, como las moscas y chinches, pero si se

impidió el acercamiento de las especies grandes que llegan de fuera como *Apis mellifera*. Sin embargo, no se identificó una relación entre la riqueza de visitantes florales y la cantidad de frutos logrados a los dos meses (figura 43), lo cual indica que siempre hubo el mismo nivel de polinización en las huertas a pesar de las diferencias en la riqueza de polinizadores.

Este patrón puede tener muchas explicaciones muy distintas: un polinizador común muy eficiente, varios polinizadores distintos contribuyendo en cada caso, variaciones en la oferta floral, las condiciones climáticas en el desarrollo del embrión, etc., que tomaría muchos años de investigaciones elucidar verificando todos los componentes del proceso. Por otro lado, es difícil hacer el seguimiento hasta el rendimiento final, que es la medida más contundente de la eficiencia de la polinización por el tiempo que toma el desarrollo de los frutos hasta la madurez.

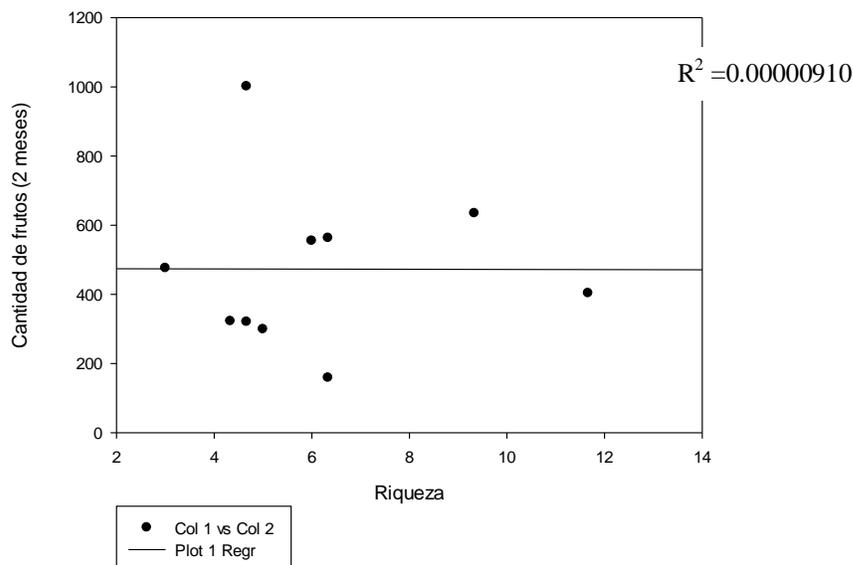


Figura 43. Regresión lineal entre la riqueza de insectos visitantes a las flores de aguacate y la cantidad de frutos encontrados a los 2 meses del muestreo de insectos.

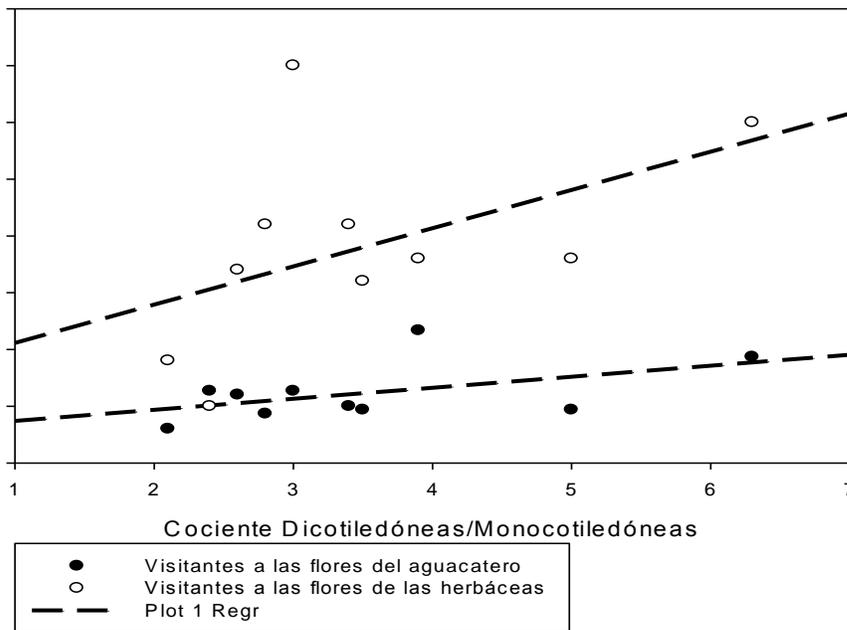


Figura 44. Regresión lineal entre el cociente de Dicotiledóneas/Monocotiledóneas y la riqueza de visitantes de las flores del aguacatero y visitantes de las flores de las herbáceas. Cada punto representa los valores medidos en una huerta.

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 5. 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 6. 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>	
				Lassioglossum 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 7. 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
				Morfotipo 16.4
		Morfotipo 17.4		
		Morfotipo 18.4		
AVISPAS	Hymenoptera			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	<i>Lejops mexicanus</i>		
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		

Interacción de las hierbas con los polinizadores en las huertas de aguacate

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 (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 45, 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 relaciones 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 46 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 47 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.

Resumiendo estos resultados, se identifica que existen especies de herbáceas que son fundamentales atractoras de insectos, como *Sida collina* y *Bidens odorata*. Sin embargo, también existió un gran número de insectos que se relacionaron con otra u otras pocas especies de herbáceas nada más, lo que sugiere que para conservar mayor biodiversidad es importante que existan otras especies además de las grandes atractoras en las huertas.

De esta forma, se puede advertir que las relaciones que establecen las especies entre si son fundamentales para el sostenimiento la biodiversidad en los agroecosistemas. Aún cuando no se podido probar una relación directa entre la riqueza de hierbas, la de polinizadores y la cantidad de frutos logrados, sí se han podido comprobar dos datos importantes: 1) la polinización sí aumenta con los insectos visitantes y 2) sí hay una relación entre la diversidad de las hierbas y los acarreadores de polen. Esto de manera

indirecta aporta elementos que sugieren que el enlace hierbas-polinizadores-rendimiento se podría fundamentar en estudios posteriores.

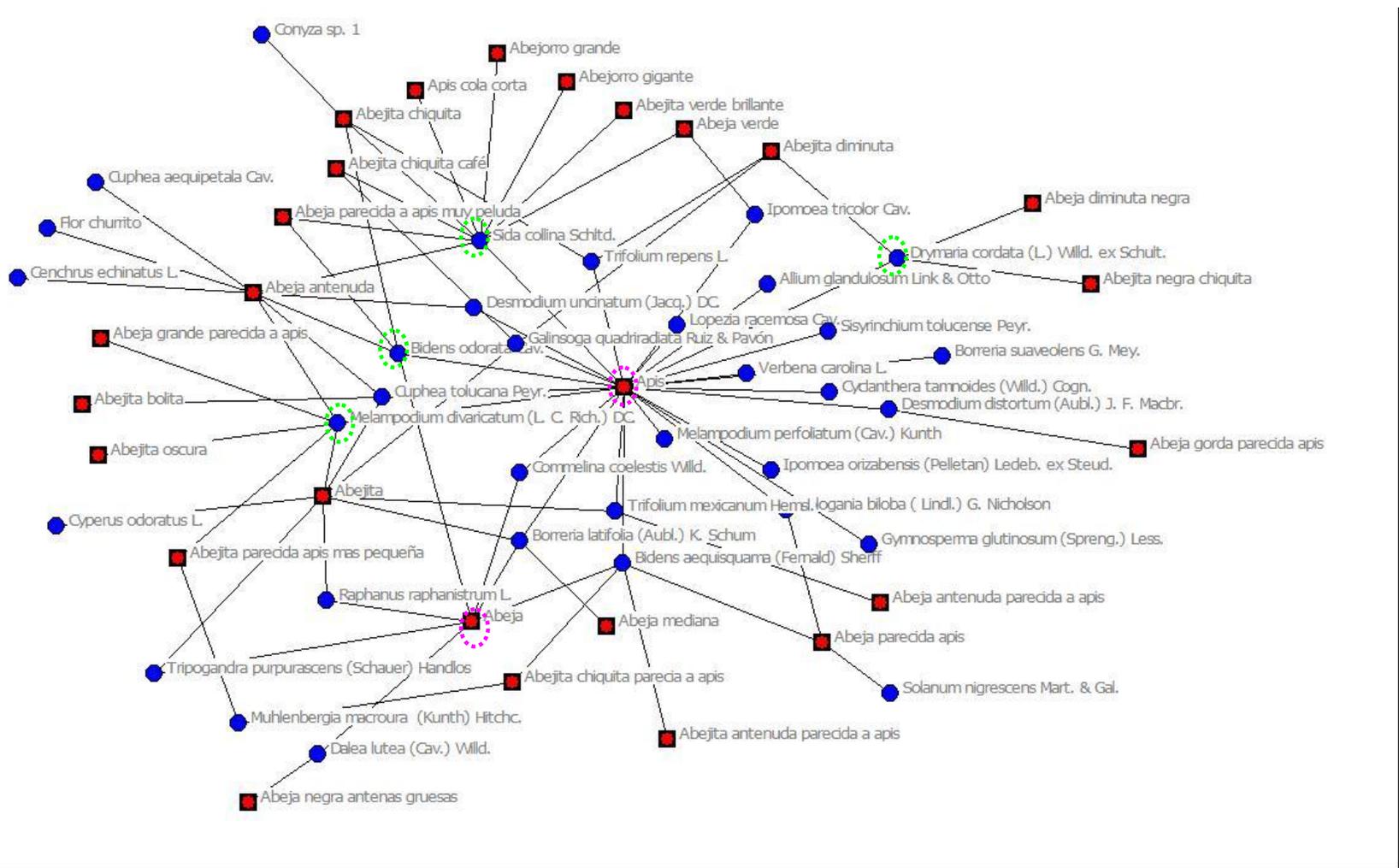


Figura 45. Red de interacciones entre herbáceas y visitantes florales del grupo funcional de las abejas. Los óvalos verdes indican las especies vegetales que interactúan con más abejas y los óvalos rosados las especies de abejas que interactúan con más plantas.

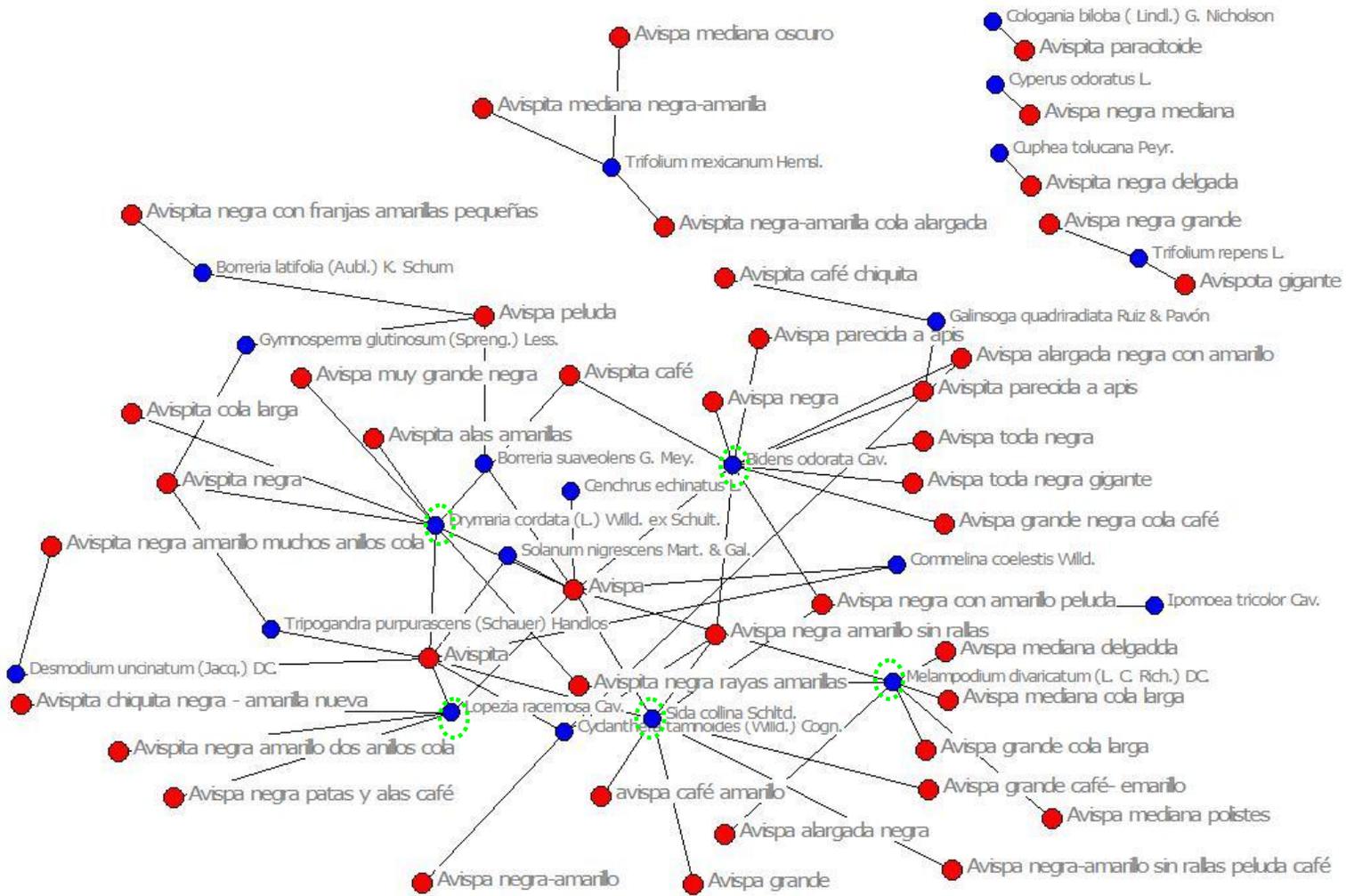


Figura 46. Red de interacciones entre herbáceas y visitantes florales del grupo funcional de las avispas. Los óvalos verdes indican las especies vegetales que interactúan con más avispas.

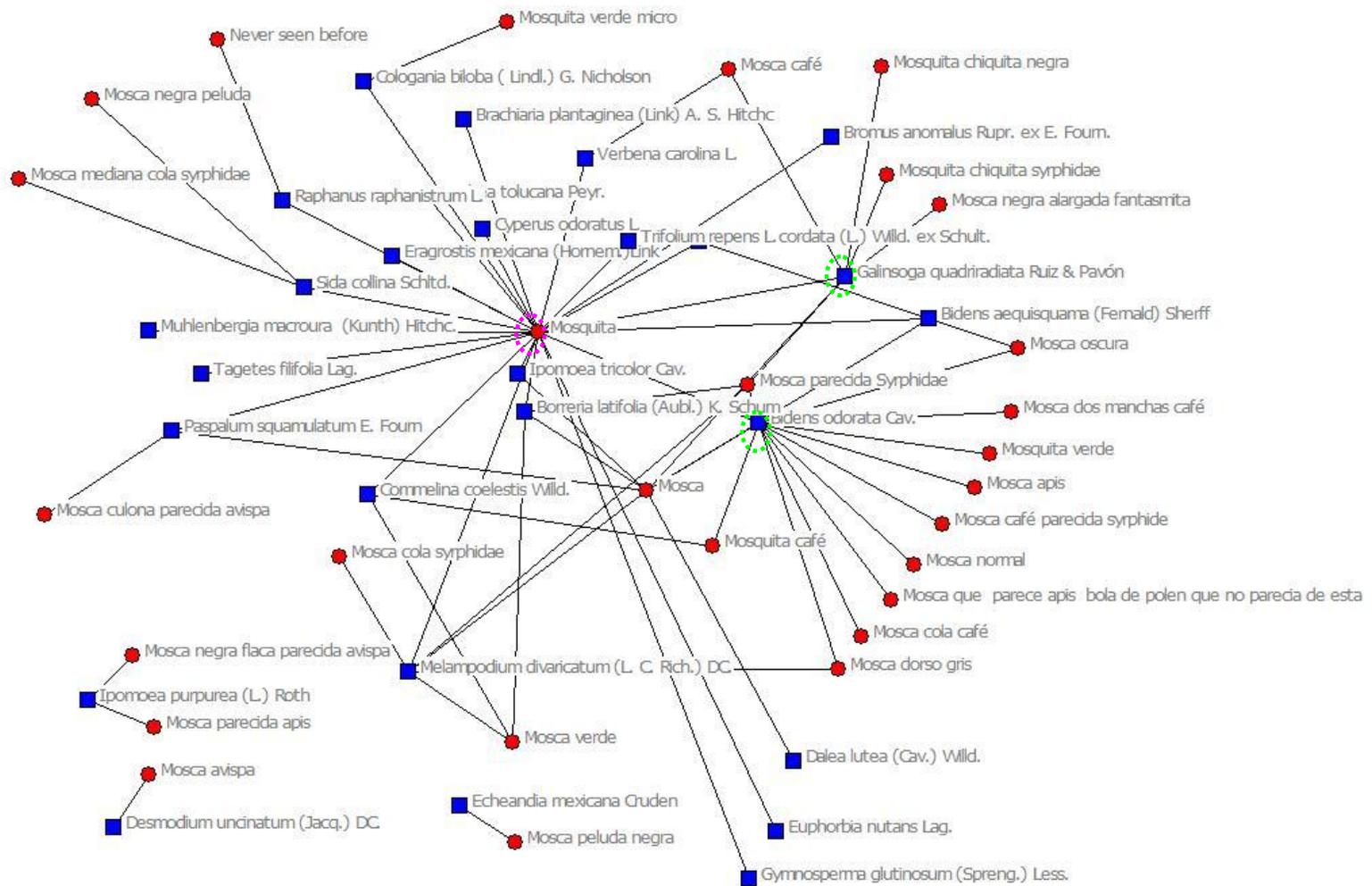


Figura 47. Red de interacciones entre herbáceas y visitantes florales del grupo funcional de las moscas. Los óvalos verdes indican las especies vegetales que interactúan con más moscas y los óvalos rosados las especies de moscas que interactúan con más plantas.

ÁREA 3. AGUA Y ENERGÍA

Monitoreo Año 2 de inversión energética y uso de agua en una muestra de 14 huertas.

En la Etapa 1 del Proyecto, a través de la aplicación de 20 encuestas, se midió contaminación potencial de Nitrógeno, el uso y balance de energía y la productividad de agua de riego. En esta Etapa 2 se consideró también muy importante monitorear esos indicadores un segundo año más dada la variabilidad sobre todo en la cosecha anual. Se volvió a aplicar entonces el cuestionario perfeccionado (Anexo I) a un sub-grupo de 13 huertas seleccionadas por su ubicación, zona climática, manejo y edad de los árboles.

En la tabla 8 se registran las huertas visitadas. Además, se midió la energía invertida en la elaboración de fertilizantes comunmente utilizados por los productores orgánicos (compostas y bio-fertilizantes) ya que los factores de conversión que se habían utilizado están contruidos en otros países y bajo otras realidades (de uso de maquinaria y mano de obra) además de que muchos de éstos han sido reportados en la literatura hace ya más de veinte años. Estos resultados aún se están bajando a bases de datos y procesando para hacer los cálculos y balances correspondientes.

Tabla 8. Sub-grupo de encuestados año 2.

Predio	Edad árbol	Manejo	Altitud (msnm)	Riego
1	6-12 años	Orgánico	2224	Sí
2	6-12 años	Orgánico	1938	Sí
3	6-12 años	Orgánico	1557	Sí
4	6-12 años	Orgánico	1950	
5	6-12 años	Orgánico	1600	
6	6-12 años	Orgánico	2300	No
7	6-12 años	Convencional	2300	No
8	6-12 años	Convencional	2300	No
9	6-12 años	Convencional		No
10	6-12 años	Convencional	2300	No
11	6-12 años	Convencional	1600	Sí
12	6-12 años	Convencional	1600	Sí
13	6-12 años	Convencional	1900	Sí

Conclusiones de la etapa dos

La segunda etapa concretó exitosamente el enlace entre la etapa de monitoreo y diagnóstico y la etapa de implementación de prácticas alternativas. Aún cuando resultó difícil convencer a algunos productores de experimentar con ciertas prácticas, como la de optimización de la fertilización, se lograron establecer tratamientos de todos los factores de impacto ambiental negativo que se detectaron en la primera etapa.

Los datos del segundo año de monitoreo de los indicadores seleccionados permitieron confirmar y robustecer el diagnóstico de la etapa anterior en cuanto a que:

- 1) las huertas con mayor erosión son las huertas maduras con árboles grandes y poca cobertura de hierbas,
- 2) las huertas convencionales suelen tener más erosión que las orgánicas porque mantienen menor cobertura de hierbas, lo cual puede deberse a un mayor control químico, mecánico o la combinación de ambos
- 3) la cobertura de hierbas es fundamental para el control de la erosión en las huertas
- 4) las prácticas de manejo, frecuencia y altura de cortes de las hierbas, influyen en la composición de especies y reducen las especies con flores
- 5) las hierbas son importantes atractoras de insectos a las huertas, algunas especies como *Bidens odorata*, *Sida collina*, *Melampodium divaricatum*, *Galinsoga quadriradiata*, *Drymaria cordata* y *Lopezia racemosa* son importantes atractoras de abejas, avispas y moscas, los grupos funcionales con mayor número de acarreadores de polen de aguacate.

- 6) las huertas orgánicas mantienen una mayor diversidad de hierbas que fijan nitrógeno y que atraen insectos y polinizadores

En algunas de las prácticas alternativas implementadas existen ya, aún cuando han pasado pocos meses, resultados bastante alentadores como los tratamientos para reducir la erosión y para aumentar los beneficios de la biodiversidad en las huertas. Otros, como los tratamientos de fertilización, aún requieren más tiempo.

De estos resultados preliminares puede concluirse que:

- 1) la cobertura vegetal de las huertas puede manejarse de forma que reduzca la erosión. La poda de los árboles para mantener condiciones luminosas para el desarrollo de las hierbas es fundamental y puede combinarse con un buen programa de chaponeo de hierbas para que los cortes optimicen la cobertura herbácea y la protección del suelo
- 2) los cortes de hierbas pueden programarse para mantener una buena cobertura y para permitir que se establezca un buen balance de especies que no solo cubran el suelo sino que también aporten beneficios adicionales a las huertas, como las plantas fijadoras de nitrógeno, las que atraen insectos que polinizan y controlan las plagas y las que pueden tener usos medicinales o comestibles.

Esta etapa se considera como una etapa intermedia y preliminar por lo que será en la siguiente etapa cuando se podrán integrar estos y los datos faltantes para hacer una propuesta tanto de cómo diagnosticar de manera sencilla el impacto ambiental potencial de las huertas como de algunas prácticas alternativas que pueden implementarse para reducir los impactos negativos de las huertas.

Referencias

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 Caribe¹a Edición. México. 250 p.

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

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.

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

Bravo-Espinosa M, M E Mendoza, T. Carlón Allende, L Medina, J.T. Sánchez Reyes y R. Paéz. 2012. Effects of converting forest to avocado orchards on top-soil properties in the trans-Mexican volcanic system, Mexico. *Land Degradation and Development* DOI: 10.1002/ldr.2163..

Bremner J.M. 1996. Nitrogen-total. En: *Methods of Soil Analyses part 3: Chemical Analyses* (Eds. DL Spak, AL Page, ME Summer, MA Tabatabai, PA Helmke) pp 1085-1121. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

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.

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.

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).

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.

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

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

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

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. (2004). Avocado pollination basics, a short review. 2° Seminario Internacional de Paltos. Chile.

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.

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.

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.

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

Murphy J, JP Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chemistry Acta* 27, 31-36.

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.

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

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

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

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