El Colegio de la Frontera Sur

Diversidad y Gremios de Arañas en Cacaotales con Manejo Tradicional y Tecnificado

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de

Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

César Raziel Lucio Palacio

2015

Dedicatoria

A mis padres, Carlota y Francisco, mis héroes y las mejores personas que he podido conocer.

A mis hermanos, que siempre han querido ver en mí a un amigo y se han dejado emocionar por lo que hago.

A Mary, quien insospechadamente entró a mi vida para iluminarla y alentarme a no abandonar mis verdaderos anhelos.

Agradecimientos

A las personas a quienes ofrezco este trabajo, ellos están siempre presentes en mi quehacer y sentir cotidiano.

Al Dr. Guillermo Ibarra Núñez, por su paciencia, sus enseñanzas y por haberme ofrecido la oportunidad de descubrir que en verdad quiero ser aracnólogo.

A mis asesores, la Dra. Lorena Ruiz y al Dr. Francisco Infante, por su paciencia y comentarios.

Al M. en E. Francisco Javier Valle Mora, quien continuamente me ofreció su orientación y apoyo, tanto en clase como en el tratamiento de los datos de este trabajo.

A José Álvaro García Ballinas, cuya ayuda en campo fue indispensable, pero más allá de eso, su compañía y apoyo fueron decisivos.

A la Dra. Marisela Salgado y al Ing. Roberto Monterrosas por sus recomendaciones y por las facilidades materiales y logísticas para llevar a cabo el trabajo de campo en las localidades designadas.

A la C. Rosalba M. Morales, que fungió como secretaria de posgrado y siempre mostraba disponibilidad para resolver nuestras dudas como alumnos, su apoyo logístico fue inestimable.

A la L. I. Beatriz Romero por su apoyo para realizar las gestiones necesarias dentro del programa de posgrado y por sus acertadas respuestas a las dudas que surgen en el proceso de titulación.

A los académicos, técnicos y colegas de ECOSUR con quienes pude convivir por hacerme ver que, después de todo, si es posible hacer investigación de calidad en este país.

A mis amigos y compañeros de maestría, pues sin su apoyo y compañía hubiera sido más fácil desesperar: Luz, Sara, Martita, Blanca, a Ana y Rocío, así como a José, Lalo, Hermes, David y Emigdio. El tiempo que pasamos juntos ha sido una de las mejores etapas de mi vida.

A mis amigos Adriana S. Comte, Flor Vázquez, Pablillo, Toño Abella y David López, que me ayudaron a tomar el rumbo correcto pese al tiempo que me llevó terminar este trabajo.

A Mary, quien además de todo el apoyo moral, me ayudó con la elaboración de algunas figuras.

Por último, pero no de menor importancia, agradezco a los Dres. Austreberta Nazar Beultespacher y Edi A. Malo Rivera por las facilidades que me otorgaron para presentar esta tesis de manera extemporánea.

ÍNDICE

RESUMEN 5
INTRODUCCIÓN 7
ANTECEDENTES 7
JUSTIFICACIÓN 15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 16
OBJETIVOS 16
Objetivo general 16
Objetivos particulares 16
METODOLOGÍA 17
RESULTADOS 32
Estructura de la vegetación y manejo de las plantaciones de cacao 32
Composición de especies 33
Dominancia 36
Curvas de acumulación de especies 39
Riqueza de especies 42
Diversidad α 44
Diversidad β 44
Gremios 45
Dominancia de gremios 45
Abundancia y riqueza de gremios de arañas por tipo de manejo 48
Análisis de Correspondencia 49
Análisis MANOVA para la relación entre ensambles de arañas y tipo de manejo de los cacaotales 50
DISCUSIÓN 53
CONCLUSIONES 62
LITERATURA CITADA 63
ANEXO. ARTÍCULO SOMETIDO (PUBLICADO) 78

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar los patrones de diversidad de taxones y de gremios de arañas arborícolas en dos cacaotales con distinto manejo agronómico (Tradicional y Tecnificado) en la región de El Soconusco, Chiapas. Se analizaron características ambientales y estructurales de los árboles de sombra y de los árboles de cacao y se determinaron las especies de los ensambles y gremios de arañas arborícolas y se compararon abundancia, composición, riqueza de especies y diversidad. Se recolectaron 8398arañas (4229 en Tecnificado y 4169 en Tradicional) en 43 muestreos divididos en época de secas y de lluvias, correspondiendo a 28 familias, 65 géneros y 89 morfoespecies. *Uloborus segregatus*, *U. campestratus* y *Ariston albicans* fueron las especies dominantes en ambos sitios. Las familias más abundantes fueron Uloboridae, Tetragnathidae Anyphaenidae, Theridiidae, Salticidae y Pholcidae. La dominancia de Uloboridae fue un resultado notable, ya que en otras regiones y hábitats suele presentar una abundancia relativa marginal. La integridad de los inventarios fue alta, con base en los estimadores de riqueza utilizados. Se evidenció una mayor riqueza de especies para el sitio Tecnificado (salvo en la época de secas). Asimismo, los valores del índice de Shannon (H') señalaron que el sitio Tecnificado tuvo la mayor diversidad. El índice de Bray–Curtis mostró diferencias en la abundancia de algunas especies. Los gremios de tejedoras orbiculares y tejedoras de redes tridimensionales fueron respectivamente dominantes y subdominantes en ambos sitios; el gremio de corredoras de follaje tuvo el mismo nivel de dominancia en el sitio Tecnificado. La composición de especies de arañas probablemente fue condicionada por las variables regionales, mientras que la abundancia de estos organismos fue definida por variables locales

como las características estructurales de los cacaotales, su intensidad de manejo y el uso del hábitat de cada especie.

Palabras clave: Araneae, riqueza, abundancia, gremios, agroecosistemas tropicales

INTRODUCCIÓN

Las arañas (orden Araneae) son uno de los grupos de artrópodos más diversos. Habitan en prácticamente todos los ecosistemas terrestres y actúan como uno de los grupos más importantes de depredadores de insectos (Foelix, 1996). En los agroecosistemas, las arañas funcionan como enemigos naturales de insectos fitófagos, por lo que se considera que desempeñan un papel importante en el control de las poblaciones de insectos plaga (Pérez–De la Cruz *et al.,* 2007). Aunque existe numerosa evidencia de este fenómeno para agroecosistemas de climas templados y con cultivos anuales, el papel de las arañas ha sido poco estudiado en agroecosistemas tropicales con cultivos perennes. Entre estos últimos se encuentran el café y el cacao, que se piensa que pueden mantener atributos similares a los bosques y selvas a los que han sustituido (Beer *et al.,* 1998). Este trabajo pretende encontrar relaciones entre la estructura de un cultivo tropical perenne (cacao) con la diversidad taxonómica y gremial de arañas arborícolas, con lo cual se espera contribuir al conocimiento de los efectos que tienen el manejo y el cambio de uso de uso de suelo en las dinámicas ecológicas de un grupo de artrópodos hiperdiverso y de gran importancia por sus servicios ecosistémicos.

ANTECEDENTES

El agroecosistema cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L., Magnoliphyta: Malvaceae) es un árbol originario de Sudamérica, probablemente de la cuenca del río Orinoco. En la actualidad se cultiva principalmente en África Occidental, Asia, Centro y Sudamérica. La semilla del cacao es utilizada para elaborar bebidas, postres y alimentos, además de ser

empleada en la elaboración de cosméticos y jabones, por lo que su producción es económicamente importante. Los principales países productores de cacao en el mundo son Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria, Brasil, Camerún, Ecuador, República Dominicana, Colombia y Malasia. La producción en estos países representa el 91% de la producción mundial (SAGARPA, 2004), que para el ciclo 2009–2010 se estimó en 3.6 millones de toneladas (ICCO, 2010). En el caso de México, los rendimientos de los cacaotales (0.618 ton/ha) se colocan por encima de la media mundial (0.360 ton/ha), aunque la contribución al mercado ocupa el lugar 11. En México, los principales estados productores son Tabasco y Chiapas, que juntos reúnen 99% de la superficie cultivada (85, 158 ha en 2003), con una producción de 49 965 toneladas anuales (ICCO, 2010).

En cuanto a sus características ecológicas, a los cacaotales americanos se les suele asociar con árboles de sombra que son remanentes de vegetación original o plantados expresamente para proporcionar sombra (Rice y Greenberg, 2000). Debido a la práctica de sombrear el cultivo de cacao, es común encontrar cacaotales mezclados con árboles frutales o maderables (Salgado–Mora *et al*., 2007), formando policultivos, lo cual permite tener alternativas económicas en caso de que el cultivo del cacao no sea redituable durante algunas temporadas (Beer *et al.*, 1998).

La inclusión de árboles maderables y frutales resulta en que los cacaotales presentan una estructura característica. La densidad de árboles de sombra asociados, la frecuencia y agresividad de podas, “chapeos” y la intensidad de uso y tipo de agroinsumos aplicados propicia un ambiente altamente heterogéneo para diversos grupos de organismos (Rice y Greenberg, 2000).

Los cacaotales de la región Soconusco de México son en su mayoría poco tecnificados y suelen asociarse a árboles frutales (*Mangifera indica* L.), leguminosas

(*Enterolobium cyclocarpum* [Jacq.] Griseb.) y maderables (*Cedrela odorata* L.) (Salgado–Mora *et al.*, 2007). Además, muestran tendencias hacia el manejo orgánico (SAGARPA, 2004), aunque existen también cacaotales en que se aplican insumos químicos para controlar uno de los principales problemas fitosanitarios de este cultivo, la moniliasis (*Moniliophthora roreri* [Cif y Par] Evans *et al.*) (Sánchez Mora y Garcés Fiallos, 2012).

Los cacaotales y la diversidad biológica

Es frecuente que los árboles de sombra sean especies de la vegetación original, lo que puede considerarse como un “valor agregado” de los cacaotales. Con base en la composición de especies de árboles de sombra Rice y Greenberg (2000) consideran tres niveles de sombreado de los cacaotales: (1) plantaciones rústicas (cacao sembrado bajo la sombra de bosque primario alterado, o bajo bosque secundario antiguo), (2) plantaciones de sombra inducida, y (3) plantaciones tecnificadas (sin sombra). La condición generalizada en América Central y el Caribe es que la sombra en los cacaotales sea multiestrato, incluyendo árboles de servicio (*e.g.* leguminosas para fijación de nitrógeno), frutales, maderables y especies relictuales (Beer, 1999). Los árboles asociados en los cacaotales del Soconusco son típicos de selvas altas perennifolias (Salgado–Mora *et al*., 2007).

Los cacaotales del Soconusco se asemejan a la clasificación de Rice y Greenberg (2000), aunque es necesario agregar que en el tipo de manejo también hay gradientes en la aplicación de agroquímicos y en la aplicación de técnicas culturales como el riego y la poda (SAGARPA, 2004). Al parecer, el manejo agronómico de los cacaotales del Soconusco coincide con la clasificación de cacaotales propuesta por Rice y Greenberg (2000): (1) cacaotales de manejo Tecnificado, en donde se utilizan continuamente agroinsumos sintéticos para la

sanidad del cultivo, (2) los de manejo orgánico, que contempla prácticas culturales y de aplicación de insumos biorracionales u orgánicos, y (3) cacaotales con manejo Tradicional, en donde las prácticas culturales y de saneamiento son mínimas; a menudo son cacaotales viejos (más de 20 años) (SAGARPA, 2004).

La complejidad estructural de los cacaotales se relaciona positivamente con la diversidad de fauna de estos agroecosistemas (Faria *et al*., 2006), por lo que se ha sugerido que los cacaotales presentan características estructurales y ecológicas similares a las de las selvas originales (Rice y Greenberg, 2000). Esta riqueza estructural permite la existencia de hábitats favorables para la presencia de una notable diversidad de especies, con lo que los cacaotales suelen brindar refugio a un gran número de organismos silvestres (Rice y Greenberg, 2000; Muñoz *et al*., 2006; Faria y Baumgarten, 2007).

Entre estos estudios algunos apoyan la noción de que los cacaotales son sitios clave para la conservación de ciertos grupos biológicos, mientras que otros destacan los servicios ambientales que brindan los cacaotales con base en la diversidad de algún grupo animal. Entre los grupos animales que se han estudiado hasta el momento están mamíferos, tales como monos, osos hormigueros, murciélagos (Guiracocha, 2000; Faria *et al.*, 2006; Muñoz *et al.*, 2006; Vaughan *et al.*, 2007), así como aves (Reitsma *et al*., 2001; Estrada y Coates–Estrada, 2005), lagartijas y ranas (Faria *et al*., 2007), miriápodos (Ashwini y Sridhar, 2006), escarabajos (Suatunce, 2002; Harvey *et al.*, 2006) y hormigas (Delabie *et al.*, 2007). Los estudios anteriores resaltan la tendencia de encontrar dentro de los cacaotales a grupos biológicos ausentes en otras localidades aledañas con un uso de suelo más intensivo, aunque los mayores valores de densidad de organismos y de riqueza de

taxones suelen encontrarse cuando los cacaotales se asocian a un componente importante de la vegetación original y un buen estado de conservación.

Entre los servicios ambientales que pueden ser prestados por grupos de animales que habitan cacaotales, se encuentra la polinización (Leston, 1970) y el control de organismos dañinos para el cultivo (Klein *et al.*, 2002). Van Bael *et al.*, (2007) resaltan que la depredación de aves sobre insectos puede reducir el daño foliar en los árboles de cacao. Philpott y Armbrecht, (2006) mencionan el papel de este cultivo en la conservación de hormigas y su desempeño como depredadores. Klein *et al.* (2002) abordaron los coeficientes de depredación por artrópodos en un gradiente de uso de suelo en cacaotales en Indonesia, mientras que García y Montilla (2005), al estudiar la abundancia y diversidad de una familia de himenópteros parasitoides destacan el valor de estos organismos para eventuales planes de control biológico y manejo de plagas. Así, al considerar que existe una tendencia en agroecosistemas con alta riqueza estructural a mejorar el impacto de los enemigos naturales en organismos fitófagos (Andow, 1991), el control de organismos dañinos en cacaotales con una estructura similar a los bosques conservados suele ser más eficiente (Van Bael *et al.*, 2007).

Las arañas en los agroecosistemas

Uno de los grupos de artrópodos de mayor importancia para los ecosistemas en general y los agroecosistemas en particular es el orden Araneae, que cuenta con 43,678 especies distribuidas en todo el mundo (Platnick, 2013), todas ellas depredadoras, principalmente de artrópodos. En las últimas décadas, el número de estudios de las comunidades de arañas ha incrementado. Existe un interés particular por conocer el grado de presión que ejercen las comunidades de arañas sobre las poblaciones de insectos fitófagos y el papel que desempeñan como agentes de

control biológico (Riechert y Lockley, 1984; Riechert, 1999). Por un lado, Symondson *et al.* (2002) incluyeron a las arañas entre los depredadores generalistas con un eventual uso como controladores de plagas. Manssour *et al.* (1983) y Alderweireldt (1994) estudiaron la posibilidad del manejo de la riqueza estructural de un hábitat para aumentar el efecto de las arañas sobre insectos plaga, pues observaron que factores como la cantidad de sombra o la abundancia de plantas herbáceas contribuye a la abundancia de arañas. Además, también existe evidencia de que la estación o época del año influyen en la fenología de los ensambles de arañas, ya que la densidad poblacional de determinados grupos está sujetas a fenómenos dependientes de la época (como hibernación) o la aplicación de agroquímicos (Horton *et al.,* 2001). Asimismo, Riechert y Bishop (1990) observaron que la comunidad de arañas, en conjunto, interviene en la reducción significativa del daño a plantas por fitófagos, mediante el enriquecimiento estructural de un hábitat, al añadir composta y plantas con flor. Por su parte, Young y Edwards (1990) exploraron el efecto potencial de las arañas en las plagas de diversos cultivos, principalmente de climas templados, proponiendo a unas cuantas especies como candidatas para ser cultivadas e incluidas en estrategias de control biológico. Marc *et al.* (1999) estudiaron la importancia de las arañas como organismos bioindicadores de disturbios causados por la acción del hombre en los ecosistemas, relacionando su capacidad reproductiva con su papel en el control de poblaciones de insectos fitófagos, particularmente, revisaron el efecto de insecticidas y prácticas agrícolas en las densidades de arañas y como repercutía esto en la supresión de insectos plaga (Cárdenas *et al.*, 2006; Steffan–Dewenter *et al.*, 2007; Chatterjee et al., 2009; Stenchly et al., 2011).

El interés descrito se ha visto complementado con estudios acerca de la relación entre la riqueza estructural del hábitat y la diversidad y densidad de arañas (Andow, 1991; Rypstra *et al.*, 1999, Langelloto y Deno, 2004). Esto ha marcado pautas para la investigación de la diversificación de los agroecosistemas como estrategia para fomentar la acción depredadora de las arañas sobre insectos fitófagos (Sheenan, 1986; Andow, 1991; Alderweireldt, 1994: Rypstra *et al.* 1999; Landis *et al.*, 2000, Zehnder *et al.*, 2007). En el caso del cacao, existen estudios en México que ya han abordado la importancia de grupos selectos de arañas en la regulación de poblaciones de insectos en este cultivo (*e.g.* Trujillo, 2002; Pérez–de la Cruz *et al.*, 2007,). Tales estudios han enfatizado la depredación por arañas tejedoras, encontrando que depredan homópteros, dípteros, himenópteros, tisanópteros y coleópteros principalmente, que suelen ser organismos causantes de problemas fitosantarios. Para la región que atañe a este trabajo, las arañas han sido estudiadas respecto a su diversidad en agroecosistemas y su impacto sobre los insectos fitófagos (Ibarra-Núñez y García-Ballinas, 1998; Ibarra–Núñez *et al.* 1997, 2004).

El enfoque de gremios

Estudiar la diversidad de organismos agrupándolos en gremios permite abordar además de la composición y riqueza, la funcionalidad de la diversidad. Este enfoque ayuda a conocer los cambios en la relación entre organismos depredadores y sus presas, aunque requiere de conjuntar conocimiento del uso del hábitat y de recursos (Hawkins y MacMahon, 1989; Blondel 2003). Los gremios se definen como una agrupación funcional de organismos que utilizan recursos del entorno de manera similar, aunque taxonómicamente puedan no tener relación alguna (Uetz,*et al.*, 1999; Blondel, 2003). Por tanto, es necesario conocer características básicas de

la historia natural de los taxones que se agruparán a la postre dentro de los gremios (Jaksic y Medel, 1990).

El estudio de la diversidad de arañas y sus presas bajo este enfoque puede ser de utilidad para el manejo de cultivos tales como el cacao. Desde este punto de vista práctico, el conocimiento de la estructura gremial de los principales depredadores en un sitio dado puede simplificar el estudio de las relaciones interespecíficas, como la competencia y la depredación. Para el caso de la arañas, el enfoque gremial puede permitir el estudio de factores que inciden en la abundancia y riqueza, con base en la estructura del hábitat y en el éxito de las arañas para controlar poblaciones de artrópodos, como son la depredación entre diferentes tipos de arañas o la manera en que estos organismos ejercen presión sobre las poblaciones de insectos fitófagos (Riechert y Lockley, 1984).

El estudio de gremios ha sido abordado en numerosos estudios de ecología de arañas, aunque persiste la discusión sobre el significado biológico de este término para el grupo (Uetz *et al.*, 1999). Se ha logrado observar una tendencia sobre la estructuración y composición de los gremios, reconociendo de manera amplia a arañas errantes y tejedoras, aunque la división subsecuente de estos dos grupos es poco clara (Turner y Polis, 1979; Janetos, 1982b; Silva, 1996; Sørensen, 2004; Chen y Tso, 2004; Gavish–Regev *et al.*, 2008). Uetz *et al.* (1999) proponen gremios de arañas asociadas a diversos cultivos de climas templados, con base en características ecológicas de las familias, principalmente relacionadas con el comportamiento de captura y con el uso de hábitat, incluyendo por ejemplo la presencia y tipo de red, el tipo de acecho, el uso de vegetación y el tipo de actividad diurna y/o nocturna. De tal forma, reconocen siete gremios: “errantes de follaje”, “errantes de suelo”, “acechadores/emboscadores”, “constructores de redes

laminares", "tejedoras de redes compuestas" (laminares y maraña),"tejedoras de redes orbiculares" y "tejedoras de redes tridimensionales". Al definir gremios por estrategias de caza y uso del espacio se manifiesta la importancia de la estructura del hábitat para la existencia de gremios determinados en un sitio.

La propuesta de Uetz *et al.* (1999) se considera insuficiente para definir gremios de arañas de regiones tropicales. Höfer y Brescovit (2001) sugirieron un acomodo gremial equivalente al de Uetz *et al.* (1999) para las arañas de una zona boscosa del Amazonas brasileño que puede servir de base para estudios de gremios de arañas en la región Neotropical.

JUSTIFICACIÓN

El enfoque de gremios en arañas ha sido útil para explicar conductas de depredación intraespecífica (Finke y Denno, 2002; Okuyama, 2002), para conocer la gama de interacciones entre depredadores y presas que se dan en un ecosistema (Finke y Denno, 2003; Hardwood y Obrycki, 2005) y para indicar el grado de impacto negativo provocado por el hombre en algunos ecosistemas (Chen y Tso, 2004). Más allá del conocimiento de relaciones ecológicas, el conocimiento de los gremios, al abordar el papel de los depredadores generalistas en los agroecosistemas, puede generar conocimiento valioso para el manejo integrado de plagas (Sunderland y Greenstone, 1999). La diversidad de arañas y de sus gremios puede aportar conocimiento útil para el diseño de prácticas agrícolas que contribuyan a la sustentabilidad de los agroecosistemas (Sunderland y Greenstone, 1999; Philpott y Armbrecht, 2006).

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Este estudio pretende conocer la diversidad de arañas arborícolas en cacaotales con diferente tipo de manejo y durante las épocas de secas y de lluvias. Se analiza si la presencia de gremios se relaciona con la estructura de la vegetación de cada tipo de manejo. Con esto se espera aportar conocimientos que puedan respaldar prácticas agrícolas y de manejo de ecosistemas encaminadas a la conservación y uso racional de recursos naturales.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar los patrones de diversidad de taxones y de gremios de arañas arborícolas en dos cacaotales con distinto manejo agronómico: Tradicional y Tecnificado.

Objetivos particulares

Determinar la composición, la riqueza, la diversidad y la abundancia relativa de las especies de arañas arborícolas de cada tipo de cacaotal y en las temporadas de secas y de lluvias.

Determinar la composición gremial de arañas arborícolas, la distribución de abundancias entre gremios y la jerarquía de dominancia (riqueza y abundancia) entre gremios, para cada tipo de cacaotal y por temporadas de secas y de lluvias.

Correlacionar el manejo de los cacaotales con la presencia y abundancia de arañas (riqueza y diversidad de especies; estructura de la comunidad de arañas; riqueza y estructura de gremios).

METODOLOGÍA

Sitios de estudio

Se trabajó en dos plantaciones (“sitios”) de cacao de la región del Soconusco, Chiapas: una con manejo Tecnificado y otra con manejo Tradicional. Las características ambientales de ambos sitios son las siguientes: clima Aw(w)ig–Cálido húmedo tropical con lluvias en verano (INEGI, 2006). La temperatura media anual es de 26.8°C, la máxima es de 36.4°C y la mínima de 20°C, mientras que la precipitación media anual es de 2201 mm (Baumann, 1999). El tipo de suelo es andosol fluvisol y la vegetación original fue selva mediana perennifolia, aunque actualmente el uso de la tierra es agrícola de temporal (INEGI, 2006). Los sitios de estudio se encuentran separados entre sí por 17 km (Figura 1).

El sitio de manejo Tecnificado se encuentra ubicada en el Rancho San Antonio, en el municipio de Huehuetán (14°59'53.82"N y 92°26'25.23"W; 50 m snm). El manejo agrícola de este lugar se caracteriza por la aplicación de agroquímicos para control de plagas y enfermedades. También se realiza la aplicación esporádica de cal como nutriente y como agente de desinfección al momento de realizar las podas. Estas podas se llevan a cabo continuamente para mantener la altura del cacao a menos de 3m en la modalidad de “chapeo”, con el fin de facilitar la cosecha del fruto. El sitio cuenta con canales para riego rodado.

El sitio con manejo Tradicional se encuentra en el Ejido Hidalgo, municipio de Tapachula (14°48'55.07"N, 92°21'11.13"W; 30 m snm). El manejo de este sitio es sin aplicación de agroquímicos para control de insectos o enfermedades. No existe un programa de poda o chapeo, ni de cosecha de fruto, la cual se realiza de manera esporádica.

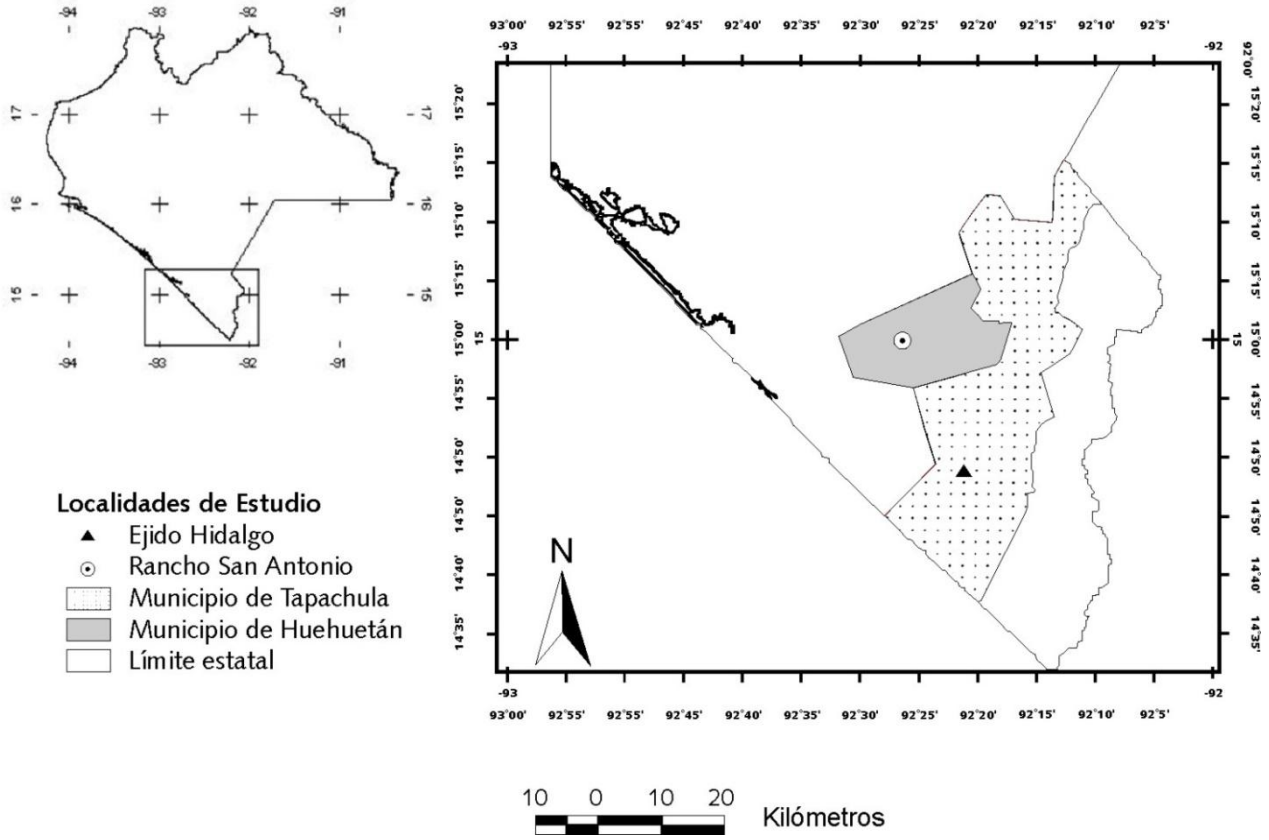

Figura 1.Ubicación geográfica de los sitios de estudio en el estado de Chiapas, México

La estructura de los cacaotales

Los árboles de cacao y de sombra fueron seleccionados con base en su Diámetro a la Altura de Pecho (DAP), el cual debía ser> 5cm. En cada sitio se registró la densidad de árboles de cacao (número de árboles de cacao/ha), la densidad de árboles de sombra (número de árboles de sombra/ha) y se determinó la riqueza de especies de árboles de sombra de cada parcela (número de especies diferentes de árboles de sombra). En cada sitio se delimitaron tres parcelas de 50 x 50 m, las cuales se numeraron secuencialmente de 1 a 3. En la parcela 2 de cada sitio se estimó la cobertura arbórea del follaje a dos niveles con objeto de evaluar por separado la influencia de la cobertura de los árboles de sombra y la del conjunto (árboles de sombra y de cacao) sobre las comunidades de arañas: “bajo”, a la altura del pecho (cobertura del follaje de los cacaos más cobertura de árboles de sombra)

y “alto”, a la altura del nivel medio de la copa de los cacaos, aprox. 7.5 m. altura (cobertura sólo del follaje de los árboles de sombra). Cada parcela 2 se dividió en 100 cuadros de 5 x 5 m, en cuyas esquinas se establecieron 81 puntos para registro de los datos de cobertura de la parcela (se excluyeron las esquinas del perímetro de las parcelas, para evitar la influencia del borde). La cobertura de follaje se midió analizando imágenes tomadas en cada punto (dos fotografías por punto correspondiendo a los dos niveles) con una cámara digital (Olympus Camedia C–3030 Zoom), la lente en ángulo de 90° con respecto a la horizontal. Se consideró que discernir entre dos niveles permitiría discriminar la cobertura total de la cobertura debida a árboles de sombra, sin contar la sombra proporcionada por los árboles de cacao. Las fotografías fueron procesadas con el programa ImageJ 1.6.0 (Rasband, 2008). Cada fotografía se convirtió a formato de blanco y negro (8 bits), estableciendo un umbral para diferenciar el área con cobertura y el área sin cobertura, y así obtener a través del programa el porcentaje de cobertura para cada punto registrado, y a partir de estos, el promedio por sitio y por nivel.

Variables ambientales

Por cada evento de muestreo de arañas en un árbol se registraron la humedad relativa y la temperatura ambiental, las mediciones se efectuaron con un psicrómetro manual. Los muestreos se realizaron en intervalos de tiempo similares, comenzando alrededor de las 9:00 horas. Estas variables fueron utilizadas en los análisis multivariados como parte de las características descriptivas de cada sitio.

Recolecta e identificación de arañas

La recolecta se llevó a cabo durante tres meses en la temporada seca (febrero, marzo y abril) y tres meses en la temporada de lluvias (julio, agosto y septiembre). Dentro de cada parcela se numeraron todos los árboles de cacao con una clave única y se marcaron con una cinta plástica numerada consecutivamente. Se eligieron al azar 48 árboles por sitio aplicando la herramienta de "muestreo aleatorio simple" de PopTools 3.0.6 (Hood, 2008), para un total de 96 árboles.

Se muestreó un árbol por día, hasta llegar a un total de 24 árboles por sitio por temporada. Los muestreos se efectuaron de lunes a viernes en los periodos febrero a abril y julio a septiembre. Cuando fue necesario, se muestreó un árbol los sábados, con el fin de evitar condiciones ambientales adversas que redujeran la efectividad de captura, como lo sugieren Jiménez–Valverde y Lobo (2006).

Para las recolectas de arañas se utilizaron dos métodos: recolecta directa por detección visual y trampas de tubo. Las recolectas con trampas de tubo tuvieron como objetivo capturar ejemplares de las especies que son activas exclusivamente por la noche y que durante el día se guarecen en refugios como hojas secas, oquedades en troncos o ramas, etc.

Para la recolecta directa los organismos se localizaron visualmente en el árbol correspondiente, en tronco, ramas, follaje y hojarasca acumulada entre las ramas del cacao, a partir de 1 m del suelo hasta la altura de la copa de cada árbol, usando una escalera. Después de la búsqueda visual, se utilizó un aspersor de agua para hacer más visibles las redes de las arañas tejedoras. Las arañas se capturaron usando un pincel y se depositaron en frascos con etanol al 75%.

Para las recolectas con trampas de tubo se emplearon diez árboles seleccionados aleatoriamente en cada sitio de estudio, donde fueron colocadas

cinco trampas de tubo por árbol. Las trampas consistieron en hojas de cacao semisecas y sin fisuras ni trozos faltantes; las hojas se enrollaban hasta formar un tubo con radio interno de 3–4 cm. Los extremos laterales de las hojas se unieron con cinta adhesiva. Cada tubo se sujetó al árbol usando un trozo de rafia, de manera que los organismos errantes pudieran entrar y establecerse. Las trampas se colocaron en el fuste principal o en las ramas del árbol, a una altura entre 1 y 2 m del suelo. Se realizaron revisiones una vez al mes desde marzo hasta septiembre, para un total de 350 trampas revisadas por sitio. Para la revisión y recolecta de organismos se utilizaron bolsas de plástico y pinceles. Cada trampa se sacudió y desenrolló dentro de la bolsa, para evitar el escape de los organismos. Los especímenes fueron depositados en un frasco con etanol al 75%.

La identificación de los organismos se realizó a nivel de especie usando claves taxonómicas (*e.g.* Ubick *et al.* 2005) y por comparación con ejemplares de la Colección de Arácnidos de la Unidad Tapachula de El Colegio de la Frontera Sur (ECOTAAR). Los organismos que no pudieron ser identificados a nivel de especie fueron asignados a morfoespecies. En el caso de organismos juveniles, se asignaron a una especie determinada con base en la comparación con ejemplares de la colección de referencia y por características morfológicas en común con organismos adultos. Los ejemplares recolectados quedaron depositados en la colección antes mencionada.

Análisis de Datos

Abundancia

Se utilizó la abundancia de familias y especies de arañas para determinar jerarquías de dominancia en estos niveles taxonómicos. Para analizar la estructura

de las comunidades de arañas entre sitios se empleó una gráfica de intervalos *vs* .abundancia (gráfica de Whittaker; Magurran, 2004). Para determinar si existían diferencias entre los patrones de abundancia por especie de los dos sitios se aplicó la prueba de Kolmogorov–Smirnov.

Riqueza y diversidad

Se utilizó el programa EstimateS 8.0 (Colwell, 2006) para estimar las diversidades α y β y la riqueza específica, mediante procedimientos no paramétricos. La diversidad alfa, beta y la riqueza se calcularon par época y por sitio y para la totalidad de los datos (sin hacer distinción de época). Se usó el programa Ecosim 7 (Gotelli y Entsminger, 2001) para construir curvas de rarefacción por sitio y época para hacer estimaciones de la riqueza ponderadas por el esfuerzo de muestreo (número de individuos). A continuación se detallan los métodos particulares de análisis empleados.

Diversidad α. Para este análisis se utilizaron los índices de Shannon (H') y Simpson (1–D), debido a su diferente sensibilidad a dos componentes de la diversidad alfa: riqueza y equitatividad (Moreno, 2001). Se utilizó la siguiente fórmula para el índice de Shannon (H'):

$$H' = -\Sigma p_i * ln * p_i$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Para comparar estadísticamente la diversidad H' entre sitios por temporada y de manera global se utilizó una prueba *t* modificada por Hutcheson como lo recomienda Magurran (2004). Esta prueba fue efectuada en el programa PAST 1.86 (Hammer *et al.*, 2001).

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{(Var\ H'_1 + Var H'_2)^{1/2}}$$

En donde H' es la diversidad del sitio 1 y Var H'_1 es su varianza; para estimar esto último se emplea la siguiente fórmula:

$$Var\ H' = \frac{\Sigma p_i (ln p_i)^2 - (\Sigma p_i ln\ p_i)^2}{N} - \frac{S-1}{2N^2}$$

Es necesario estimar los grados de libertad para la comparación, que se calculan con la siguiente fórmula, en donde N_1 y N_2 son el número de organismos de cada ensamble:

$$df = \frac{(Var\ H'_1 + Var\ H'_2)^2}{[(Var\ H'_1)^2/N_1] + [(Var\ H'_2)^2/N_2]}$$

Índice de Simpson (dominancia)

Este índice expresa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes.

$$D = \Sigma p_i^2; \text{ equivalente a}$$

$$D = \Sigma\ ((n_i(n_i-1))/(N(N-1)))$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

ni = número de individuos de la iésima especie.

N = número total de individuos

Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como 1 – D (como fue utilizada en este trabajo) ó 1/D (Magurran, 2004).

Riqueza estimada de especies. Para el análisis de riqueza de especies se emplearon estimadores de riqueza no paramétricos y la función asintótica de Michaelis–Menten. Los estimadores no paramétricos (Jacknife1, Jacknife2, Boostrap, ACE y Chao1) y la función de Michaelis–Menten (MMruns) fueron calculados en el programa EstimatesS 8.0 (Colwell, 2006) con 100 aleatorizaciones. Los estimadores no paramétricos empleados no asumen un tipo de distribución del conjunto de datos y no se ajustan a un modelo determinado, requiriendo únicamente datos de presencia–ausencia (Jacknife 1, Jacknife 2 y Boostrap) o de abundancia (ACE y Chao 1). Se utilizaron los estimadores de ACE y Chao1 junto con los datos para las especies registradas (S_{obs}), para construir curvas de acumulación de especies basadas en muestras, lo que permitió comparaciones a nivel de densidad de especies y esfuerzo de muestreo (Caballero *et al.*, 2009). Los valores de las especies encontradas, en combinación con los valores correspondientes del estimador Chao1, se utilizaron para calcular los niveles de integridad o completitud de los inventarios, es decir, la proporción de especies representadas en el muestreo de un total estimado (Sobs x 100 / Chao1). La unidad de esfuerzo de muestreo fue arañas/árbol.

ACE. Estimador basado en abundancia.

$$ACE = S_{abund}+(S_{rara}/C_{ACE})+(F_i/C_{ACE})*(\gamma^2_{ACE})$$

Donde:

S_{rara} = número de especies raras (con 10 o menos individuos)

S_{abund} = número de especies abundantes (más de 10 individuos)

F_i = Número de especies con *i* individuos (F_1= número de *singletons*)

$C_{ACE} = 1–(F_1/S_{rara})$

$$\gamma^2 ACE = max\left[\frac{S_{rare}}{C_{ace}}\frac{\sum_{i=1}^{10} i\,(i-1)F_i}{(N_{rare})(N_{rare}-1)} - 1{,}0\right]$$

Chao1. Permite realizar estimaciones acerca del número total de especies presentes en el área y saber si el esfuerzo de colecta fue el adecuado (Magurran 2004).

$$Chao1= S+(a^2/2b)$$

Donde:

S = número de especies en la muestra

a = número de especies observadas representadas por un solo individuo (*singletons*)

b = número de especies observadas representadas por dos individuos (*doubletons*)

Jacknife 1er orden. Se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra (L). Es una técnica para reducir el sesgo de los valores estimados, en este caso para reducir la subestimación del verdadero número de especies en una

comunidad con base en el número representado en una muestra reduciendo el sesgo del orden 1/m. (Colwell y Coddington 1994).

$$\text{Jack1} = S+L(m-1/m)$$

Donde:

m = número de muestras

L = número de especies que ocurren en una sola muestra

S = número de especies total

Jacknife 2º orden. Se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra así como en el número de especies que ocurren en exactamente dos muestras. Requiere datos de incidencia. (Magurran, 2004).

$$\text{Jack2}= S+((L(2m-3))/m)-((M(m-2)^2)/m(m-1))$$

Donde:

m = número de muestras

L = número de especies que ocurren en una sola muestra

S = número de especies total

M = número de especies que aparecen en solo dos muestras

Boostrap. Este estimador de la riqueza de especies se basa en pj, la proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie j (Magurran, 2004).

$$\text{Bootstrap} = S_{obs}+\Sigma(1-p_j)^n$$

Donde:

S_{obs} = especies observadas

p_j = la proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie j

n = número de especies

Michaelis–Menten. Un modelo que se utiliza para generar una curva asintótica. Originalmente fue desarrollada por Maud Menten y Leonor Michaelis para describir modelos de cinética enzimática. Su uso se ha extendido para generar curvas de riqueza de especies (Moreno, 2001).

$$S(n) = S_{max}n/B+n$$

Donde:

$S(n)$ = número de especies observadas en n muestras

S_{max} = número total de especies en la comunidad (ensamble)

B = efecto de muestreo requerido para detectar el 50% de S_{max}

Singletons. Especies representadas por un sólo individuo en todas las muestras. La proporción de singletons (singletons x 100 / Sobs) indica la calidad del inventario, a menor proporción de estos, mayor es la integridad (Coddington *et al*., 2009).

Los resultados de los estimadores y el número de organismos se utilizaron para medir la integridad de los inventarios por sitios, época y en conjunto (completeness, *sensu* Sørensen *et al.*, 2002).

Curvas de rarefacción. Las curvas de rarefacción fueron construidas con el programa Ecosim7 (Gotelli y Entsminger, 2001), al cual se ingresaron matrices de datos de presencia–abundancia, con una aleatorización de 100 veces. Este tipo de curvas permite la comparación directa de la riqueza de especies entre conjuntos de muestras, con la de mayor abundancia "rarificada" al nivel de la de menor abundancia (indicado en las gráficas con una línea vertical) (Gotelli y Colwell, 2001; Colwell *et al.*, 2004; Bonaldo *et al.*, 2007). Las diferencias en riqueza de especies

entre los sitios con diferente tipo de manejo por época y de manera global fueron visualizados con la comparación de los intervalos de confianza (95%).

Diversidad β. Para estimar la diversidad beta (entre sitios y entre épocas), se emplearon dos coeficientes de similitud: uno basado en incidencia (Chao basado en Sørensen) y uno basado en abundancia (Bray–Curtis o Sørensen cuantitativo). El índice de similitud de Chao basado en Sørensen toma en cuenta la contribución al valor verdadero de cada especie presente en ambos sitios pero que no se detectan en una o más muestras. Lo anterior hace robusto a este índice principalmente cuando se emplea en comunidades ricas en especies, en comparación con los índices tradicionales (Chao *et al*. 2005). Este índice se calculó con el programa EstimatesS 8.0.

Chao– Sørensen:

$$\hat{L}_{inc} = \frac{2\hat{U}_{inc}\hat{V}_{inc}}{\hat{U}_{inc} + \hat{V}_{inc}}$$

Donde:

$\hat{L}_{inc}$ = estimación de riqueza de especies, Chao basado en Sørensen por incidencia.

$\hat{U}_{inc}$ = suma de las abundancias relativas de individuos que pertenecen a las especies compartidas en un ensamble U.

$\hat{V}_{inc}$ = la suma de las abundancias relativas de individuos que pertenecen a las especies compartidas en un ensamble V. Las abundancias pueden ser 1 (presente) y 0 (ausente) para datos de incidencia.

Índice de Bray–Curtis: toma en cuenta la abundancia de las especies y puede reflejar diferencias que no aparecen con los anteriores.

$$C_N = 2jN / (aN + bN).$$

Donde:

aN = total de individuos en el sitio A

bN = total de individuos en sitio B

jN = sumatoria de la más baja de las dos abundancias registradas para cada especie compartida.

Análisis de gremios

Se utilizaron los criterios propuestos por Uetz *et al.* (1999) y Höfer y Brescovit (2001), los cuales consideran las características ecológicas de las familias, para agrupar a las especies de arañas recolectadas.

Se determinó la riqueza y la abundancia relativa de cada gremio por tipo de manejo, para establecer sus correspondientes jerarquías de dominancia (riqueza y abundancia).

Se analizó la similitud del conjunto de gremios entre tipos de manejo, se elaboraron tablas de contingencia. Las tablas se analizaron por pruebas de χ^2 en el programa JMP 5.12®. Se aplicó un Análisis de Correspondencia para las tablas de contingencia para representarlas gráficamente. El análisis de correspondencia se utilizó para determinar la forma en que se relacionan los gremios con los tipos de manejo. Las gráficas resultantes permiten a su vez percibir el grado de relación entre diferentes categorías de determinadas variables, y definir, describir e interpretar las relaciones entre variables categóricas (en este caso, la relación entre los gremios y el tipo de manejo) a través de un gráfico geométrico (McCune y Grace, 2002). En

este caso, el análisis de correspondencia fue utilizado para comparar las respuestas de los gremios a diferentes condiciones de manejo.

Relación de los ensambles de arañas con la estructura de los cacaotales

Para analizar la relación entre los ensambles de arañas con la estructura del cacaotal se realizó un análisis multivariado de varianza (MANOVA) con análisis canónico de dos factores (manejo y variables) con la prueba multivariada de Pillai para determinar si existían diferencias significativas entre los dos tipos de manejo considerando las variables ambientales, estructurales y de diversidad de arañas de cada sitio. El análisis MANOVA permite que más de una variable sea analizada al unísono y sirve para detectar la existencia de patrones entre grupos de variables. El "manejo" fue el factor explicativo de las variables que se ingresaron al análisis.

El análisis de MANOVA fue realizado en los programas MINITAB® (ver. 15, 2006) y R y fue seguido de un análisis canónico de varianza, en el que se utilizan coeficientes canónicos estandarizados para describir la contribución de cada variable dependiente a la función que describe las diferencias entre grupos. Las variables utilizadas para el análisis fueron los siguientes:

- Abundancia de arañas: conteo de organismos recolectados por árbol muestreado.
- Riqueza específica: número de especies de arañas diferentes encontradas en un solo árbol.
- Temperatura ambiental: medición por árbol muestreado/día.
- Humedad relativa: medición por árbol muestreado/día.
- Altura de fuste (cacao): altura por árbol muestreado.
- Altura total (cacao): altura por árbol muestreado.

- Área de copa (cacao): área de la copa por árbol de cacao muestreado.
- Diámetro a la altura del pecho (cacao): DAP por árbol muestreado.

RESULTADOS

Estructura de la vegetación y manejo de las plantaciones de cacao

En el Cuadro 1 se resumen las principales características de la vegetación y el manejo agronómico de las plantaciones. La densidad de árboles de cacao fue significativamente mayor en el sitio Tradicional que en el sitio Tecnificado (χ^2= 6.864; gl=1; *P*= 0.008). No se detectaron diferencias en cuanto a la densidad de los árboles de sombra en ambas plantaciones (χ^2= 0.96; gl=1;*P*= 0.327). El diámetro a la altura de pecho de los árboles de cacao fue mayor en el sitio Tecnificado (F = 12.833; *P*=0.0005). No existieron diferencias en la altura de fuste (F= 0.178; *P*= 0.674), la altura total (F= 3.568; *P*= 0.062) o el área de copa (F=1.752; *P*=0.189).

En cuanto a la cobertura, hubo diferencias estadísticamente importantes entre sitios en la cobertura a la altura de DAP en la época de secas (*t* = –3.35, P = 0.001) y de lluvias (*t* = –2.10, *P* = 0.039), y a la altura de copa sólo en la época de lluvias (*t* = –2.84, *P* = 0.006).

Cuadro 1. Características estructurales y de manejo

Aspecto descrito	Característica	Tecnificado	Tradicional	Estadístico de prueba
Manejo	Riego	Sí	No	
	Poda	6 o más	1–0	–
	Aplicación de agroquímicos	4–6 / año	0–1 / año	–
	Riqueza de especies de sombra	9	7	–
Estructura de la vegetación –Cacao	Densidad (#árboles/ha)	125	170	χ^2= 6.864 *P*= 0.008
	DAP (cm)	16.0±5.5	12.3±4.1	F = 12.833 *P*<0.001
	Altura fuste (m)	2.04±0.8	2.0±0.8	F = 0.178 *P*= 0.674
	Altura total (m)	5.9±1.2	6.5±1.8	F = 3.568 *P*= 0.062
	Área de copa (m^2)	23.81±13.86	81.06±44.55	F= 1.752 *P*= 0.189

Estructura de la vegetación –Sombra	Densidad (#árboles/ha)	81	69	χ^2= 0.96 *P*= 0.3271
	DAP (cm)	21.6±13.7	43.9±25.0	F=35.59 *P*<0.001
	Altura fuste (m)	3.3±1.3	5.6±2.9	F=31.91 *P*<0.001
	Altura total (m)	11.2±4.5	19.7±5.7	F=77.87 *P*<0.001
	Área de copa (m^2)	54.81±58.51	119.05±113.99	F=14.65 *P*<0.001
Cobertura	A nivel de DAP - secas	78.99	89.82	T = –3.35,*P* = 0.001
	A nivel de DAP - lluvias	86.78	90.42	T = -2.10, *P* = 0.039
	A nivel de copa - secas	54.15	51.12	T = 0.57, *P* = 0.572
	A nivel de copa - lluvias	35.47	49.73	T = -2.84, *P* = 0.006

Composición de especies

Se recolectaron 8,398 arañas, de las cuales 4,229 correspondieron al cultivo Tecnificado y 4,169 al Tradicional. En total se distinguieron 89 morfoespecies, representando 28 familias y 65 géneros, de las cuales 57 pudieron ser identificados a nivel de especie (Cuadro 2) y al menos una corresponde a una especie nueva para la ciencia (*Gerstchosa* sp.). No se incluyeron en los análisis a 18 organismos que no pudieron asignarse a ninguna familia por ser juveniles que no presentaban caracteres útiles para su identificación.

Cuadro 2. Lista de especies de arañas recolectadas por gremio, sitio y época del año

Familia	Gremio	Especie	Tecnificado		Tradicional	
			secas	lluvias	secas	lluvias
Anyphaenidae	CF	*Hibana* sp. 1	2	0	2	0
Anyphaenidae	CF	*Pippuhana* sp. 1	14	21	10	4
Anyphaenidae	CF	*Wulfila innoxius*	59	8	10	4
Anyphaenidae	CF	*Wulfila modestus*	7	15	0	12

Anyphaenidae	CF	*Wulfila* sp. 1	100	85	1	0
Anyphaenidae	CF	*Wulfila sublestus*	5	98	3	13
Anyphaenidae	CF	*Wulfila tantillus*	51	45	34	27
Araneidae	TRO	Araneidae sp. 1	2	8	1	2
Araneidae	TRO	Araneidae sp. 2	0	1	4	5
Araneidae	TRO	*Araneus thaddeus*	0	0	2	0
Araneidae	TRO	*Cyclosa caroli*	16	20	11	11
Araneidae	TRO	*Eriophora edax*	2	1	1	6
Araneidae	TRO	*Gasteracantha cancriformis*	1	5	0	0
Araneidae	TRO	*Micrathena* sp. 1	2	2	2	2
Araneidae	TRO	*Pozonia* sp. 1	2	0	0	0
Araneidae	TRO	*Pronous* sp. 1	0	1	0	0
Araneidae	TRO	*Verrucosa arenata*	1	2	0	0
Araneidae	TRO	*Wagneriana tauricornis*	1	2	1	8
Caponiidae	CF	*Nops largus*	0	2	0	0
Clubionidae	CF	*Elaver tigrinella*	16	24	5	8
Corinnidae	CF	*Castianeira dentata*	0	0	0	1
Corinnidae	CF	*Megalostrata raptor*	0	3	0	0
Corinnidae	CF	*Myrmecotypus fuliginosus*	2	0	7	6
Corinnidae	CF	*Trachelas spinulatus*	8	10	12	19
Ctenidae	AEN	*Acanthoctenus spiniger*	0	3	0	3
Ctenidae	AEN	*Cupiennius chiapanensis*	0	5	5	4
Dictynidae	TRT	*Dyctina* sp. 1	5	0	5	0
Dictynidae	TRT	*Thallumetus octomaculellus*	8	5	20	8
Dipluridae	TLM	*Ischnothele digitata*	0	2	0	1
Gnaphosidae	CF	*Gerstchosa* sp.	0	0	1	0
Hersiliidae	AEN	*Neotama forcipata*	8	9	5	9
Linyphiidae	TLM	*Exocora* sp. 1	23	19	2	0
Linyphiidae	TLM	Linyphiidae sp. 1	0	1	0	3
Mimetidae	AED	*Gelanor mixtus*	1	8	1	3
Mimetidae	AED	*Mimetus verecundus*	5	5	5	11
Mysmenidae	TRO	*Calodipoena* sp. 1	2	5	4	5
Oonopidae	CF	*Opopaea* sp. 1	0	2	0	0
Oxyopidae	AED	*Hamataliwa circularis*	5	2	2	0
Philodromidae	AED	*Apollophanes longipes*	0	1	4	1
Pholcidae	TRT	*Metagonia asintal*	21	118	35	174
Pisauridae	AED	Pisauridae sp. 1	44	4	10	0
Salticidae	AED	*Corythalia* sp. 1	3	19	0	0

Salticidae	AED	*Cylistella adjacens*	2	10	0	0
Salticidae	AED	Dendryphantinae 1	3	6	3	17
Salticidae	AED	*Fluda* sp. 1	1	0	0	0
Salticidae	AED	*Lyssomanes bitaeniatus*	0	2	0	3
Salticidae	AED	*Lyssomanes jemineus*	90	116	45	106
Salticidae	AED	Maeviae sp. 1	2	4	6	2
Salticidae	AED	*Phidippus* sp. 1	0	1	0	0
Salticidae	AED	*Sarinda* sp. 1	1	0	0	0
Salticidae	AED	*Thiodina sp. 1*	4	9	3	4
Salticidae	AED	*Thiodina sylvana*	49	24	38	14
Scytodidae	AEN	*Scytodes fusca*	0	0	4	17
Scytodidae	AEN	*Scytodes* sp. 1	0	0	0	15
Scytodidae	AEN	*Scytodes* sp. 2	0	0	1	0
Selenopidae	AEN	*Selenops mexicanus*	4	9	5	21
Senoculidae	AEN	*Senoculus canaliculatus*	0	2	2	4
Sparassidae	AEN	*Olios ensiger*	9	0	0	4
Sparassidae	AEN	*Olios* sp. 1	16	9	4	14
Tetragnathidae	TRO	*Chrysometa* sp. 1	0	1	0	7
Tetragnathidae	TRO	*Dolichognatha pentagona*	21	24	9	19
Tetragnathidae	TRO	*Leucauge argyra*	197	4	28	1
Tetragnathidae	TRO	*Leucauge venusta*	230	186	20	52
Tetragnathidae	TRO	*Tetragnatha* sp. 1	2	0	2	0
Theridiidae	TRT	*Achaeranea*sp. 1	0	0	0	9
Theridiidae	TRT	*Anelosimus studiosus*	28	9	32	4
Theridiidae	TRT	Argyrodinae sp. 1	25	3	5	2
Theridiidae	TRT	*Chrysso albomaculata*	0	1	0	1
Theridiidae	TRT	*Chrysso cambridgei*	36	5	86	124
Theridiidae	TRT	*Dipoena atlantica*	6	8	4	0
Theridiidae	TRT	*Episinus cognatus*	3	5	1	0
Theridiidae	TRT	*Exalbidion sexmaculatum*	43	70	34	58
Theridiidae	TRT	*Faiditus caudatus*	0	1	14	6
Theridiidae	TRT	*Faiditus davisi*	1	1	6	22
Theridiidae	TRT	*Rhomphaea projiciens*	2	1	0	0
Theridiidae	TRT	*Tekellina archboldi*	20	14	20	1
Theridiidae	TRT	Theridiidae sp. 1	0	0	12	5
Theridiidae	TRT	*Thymoites maderae*	9	13	2	0
Theridiidae	TRT	*Tidarren sisyphoides*	19	33	48	131

Theridiidae	TRT	*Tidarren* sp. 1	1	1	1	1
Theridiidae	TRT	*Wamba crispulus*	22	19	50	25
Thomisidae	AED	*Majellula affinis*	0	0	2	0
Titanoecidae	TRT	*Goeldia tizamina*	0	0	1	19
Uloboridae	TRO	*Ariston albicans*	232	312	331	275
Uloboridae	TRO	*Philoponella signatella*	18	96	29	149
Uloboridae	TRO	*Uloborus campestratus*	167	176	298	189
Uloboridae	TRO	*Uloborus segregatus*	267	475	273	668
Uloboridae	TRO	*Uloborus* sp. 1	8	28	13	43
Uloboridae	TRO	*Uloborus trilineatus*	10	26	46	98
		Total	**1964**	**2265**	**1689**	**2480**

Gremios: CF, corredoras de follaje; AED, acechadoras/emboscadoras diurnas; AEN, acechadoras/emboscadoras nocturnas; TLM. tejedoras de lámina/maraña; TRO, tejedoras de redes orbiculares; TRT, tejedoras de redes tridimensionales.

Dominancia

La familia Uloboridae fue la más abundante en ambos sitios, con 1,815 individuos en el sitio de manejo Tecnificado y 2,412 individuos en el sitio con manejo Tradicional. En el sitio Tecnificado la segunda familia más abundante fue Tetragnathidae (665), seguida de Anyphaenidae (510), Theridiidae (399) y Salticidae (346). En el sitio Tradicional, la segunda familia con mayor abundancia fue Theridiidae (704), seguida de Salticidae (247) y Pholcidae (209), (Cuadro 3). El ulobórido *Uloborus segregatus* Gertsch fue la especie más abundante en ambos sitios, con 742 individuos en el sitio Tecnificado y 941 en el sitio Tradicional. Para el sitio Tecnificado, le siguieron *Ariston albicans* O. P.–Cambridge con 544 individuos y *Leucauge venusta* (Walckenaer) con 416. En el sitio Tradicional, otras especies abundantes fueron *A. albicans* con 606 individuos y *Uloborus campestratus* Simon con 487. En riqueza de taxones por familias, Theridiidae (15), Salticidae (11) y Araneidae (10) fueron las de mayor riqueza en el sitio Tecnificado; Theridiidae

también fue la familia con mayor número de especies (16) en el sitio Tradicional, seguida de Araneidae y Anyphaenidae (siete especies cada una).

Cuadro 3. Abundancia total y relativa de las familias de arañas por tipo de manejo

Familia	Abundancia Tecnificado		Abundancia Tradicional	
	Total	Relativa	Total	Relativa
Anyphaenidae	510	12.06	120	2.878
Araneidae	69	1.63	56	1.343
Caponiidae	2	0.047	0	0
Clubionidae	40	0.946	13	0.312
Corinnidae	23	0.544	45	1.079
Ctenidae	8	0.189	12	0.289
Dictynidae	18	0.426	33	0.7916
Dipluridae	2	0.047	1	0.024
Gnaphosidae	0	0	1	0.024
Hersiliidae	17	0.402	14	0.336
Linyphiidae	43	1.0168	5	0.120
Mimetidae	19	0.449	20	0.480
Mysmenidae	7	0.165	9	0.216
Oonopidae	2	0.047	0	0
Oxyopidae	7	0.165	2	0.048
Philodromidae	1	0.024	5	0.120
Pholcidae	139	3.287	209	5.0132
Pisauridae	48	1.135	10	0.240
Salticidae	346	8.182	247	5.925
Scytodidae	0	0	37	0.888
Selenopidae	13	0.307	26	0.624
Senoculidae	2	0.047	6	0.144
Sparassidae	34	0.804	22	0.528

Tetragnathidae	665	15.725	137	3.310
Theridiidae	399	9.435	704	16.887
Thomisidae	0	0	2	0.048
Titanoecidae	0	0	20	0.480
Uloboridae	1815	42.918	2412	57.856
Fam. 1*	5	0	12	0
Fam. 2*	0	0	1	0
Total	4229	100.00	4169	100.00

*,organismos no incluidos en el análisis (ver texto)

La gráfica de intervalo *versus* abundancia (Figura 2) muestra que existe un patrón similar de distribución de abundancia jerarquizada de especies en ambos sitios (Kolmogorov–Smirnov; D=0.085; $P > 0.05$). La mayoría de las especies tuvieron una abundancia relativa < 0.1. Solamente dos especies del sitio Tecnificado (*U. segregatus* y *A. albicans*) y tres especies del sitio Tradicional (*U. segregatus*, *A. albicans* y *U. campestratus*), tuvieron abundancias relativas mayores entre 0.1 y 0.225. Se encontraron 13 especies exclusivas del sitio Tecnificado y nueve exclusivas del sitio Tradicional.

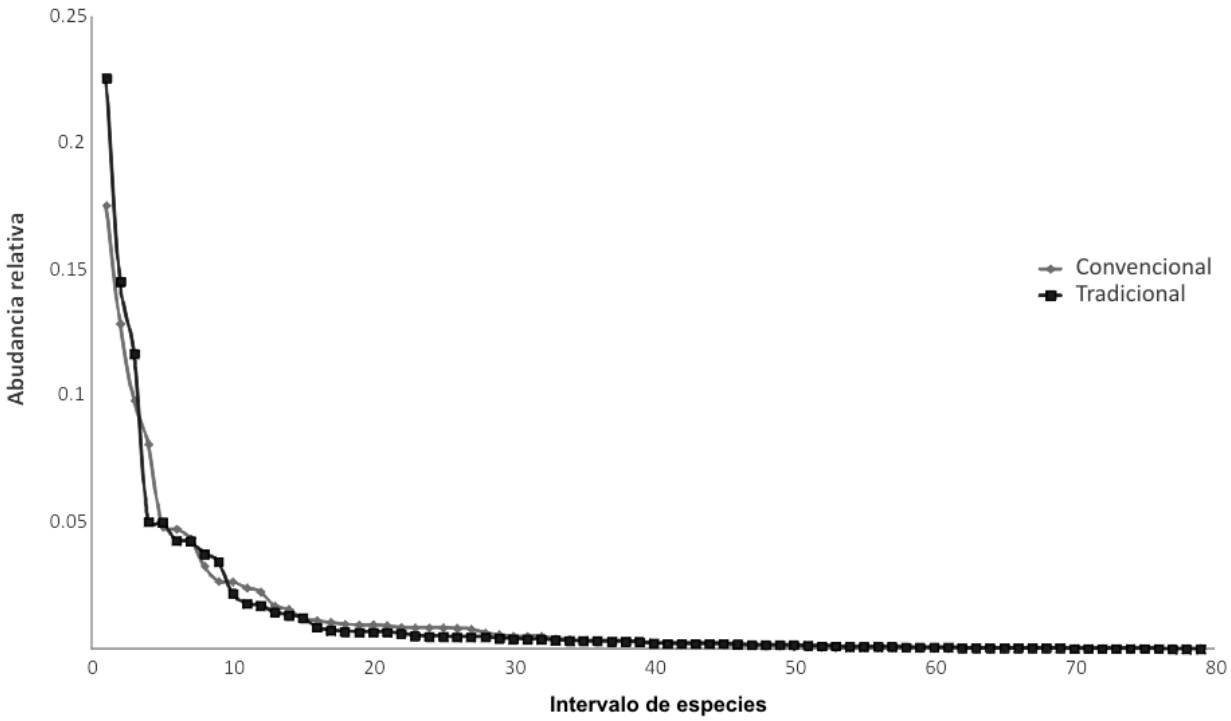

Figura 2. Gráfica de intervalo *vs.* abundancia de las especies por sitio

Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies con base en los estimadores de riqueza ACE y Chao 1 muestran una tendencia similar entre la época de secas y el conjunto total. Para la temporada de lluvias, la tendencia de las curvas difiere entre los sitios. Las del sitio Tecnificado tuvieron una asíntota menos pronunciada que las del sitio Tradicional (Figs. 3 y 4). La integridad de los inventarios estuvo alrededor de 90%, salvo en el caso de los estimadores Jacknife 1 y Jacknife 2. Particularmente, en la época de secas, la proporción de *singletons*, útil para conocer la calidad del inventario, en el sitio Tecnificado fue menor que en el Tradicional, indicando una mayor integridad para el muestreo del sitio Tecnificado en esa época. Esta tendencia se revirtió durante la época de lluvias y en el total. (Cuadro 4), lo que indica que la integridad del inventario fue mayor en el sitio Tradicional, salvo en la época de secas.

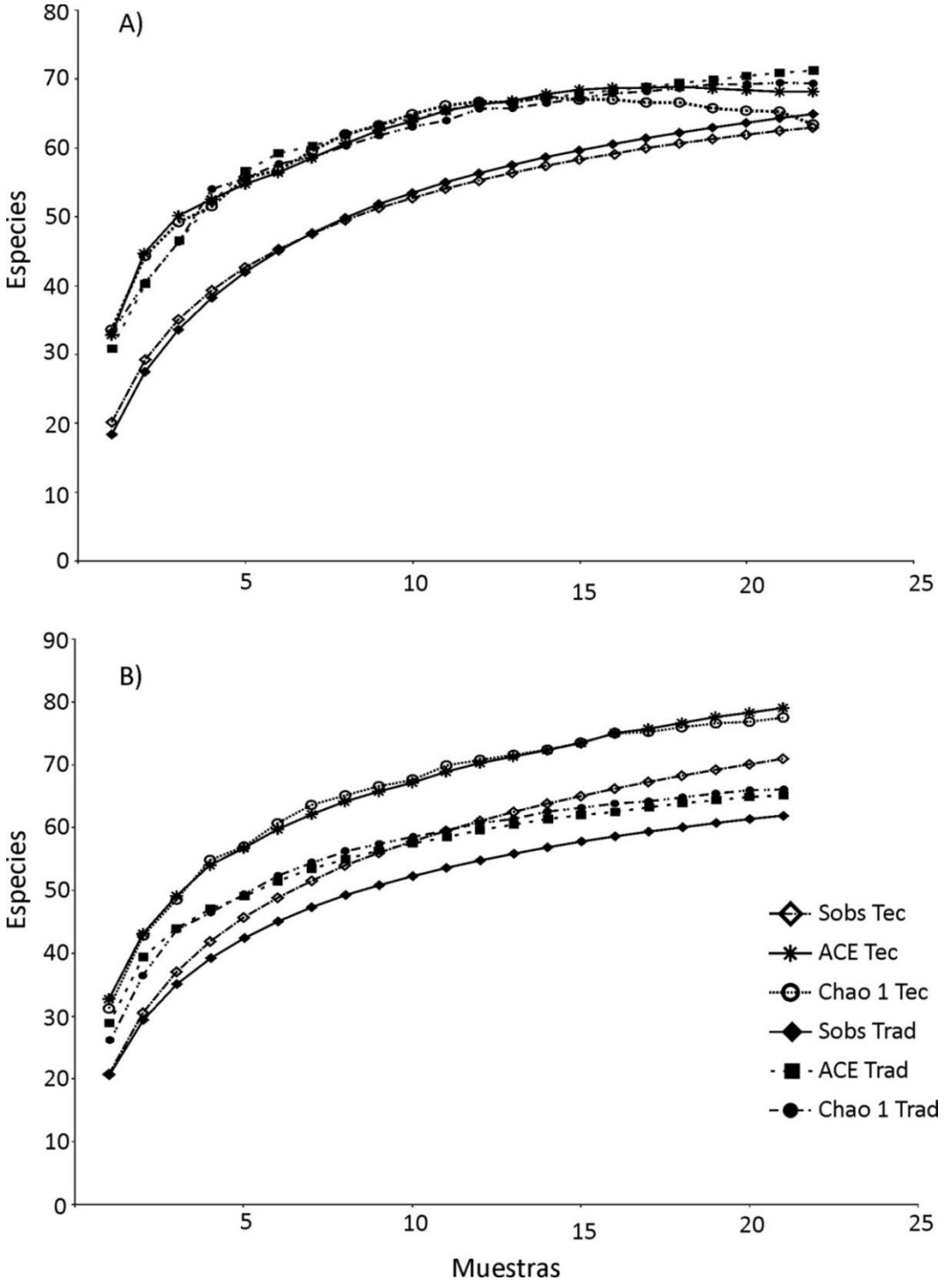

Figura 3.Curvas de acumulación de especies basadas en muestras por sitio y temporada. Se graficaron los valores de Sobs y de los estimadores ACE y Chao1. A) Secas; B) Lluvias

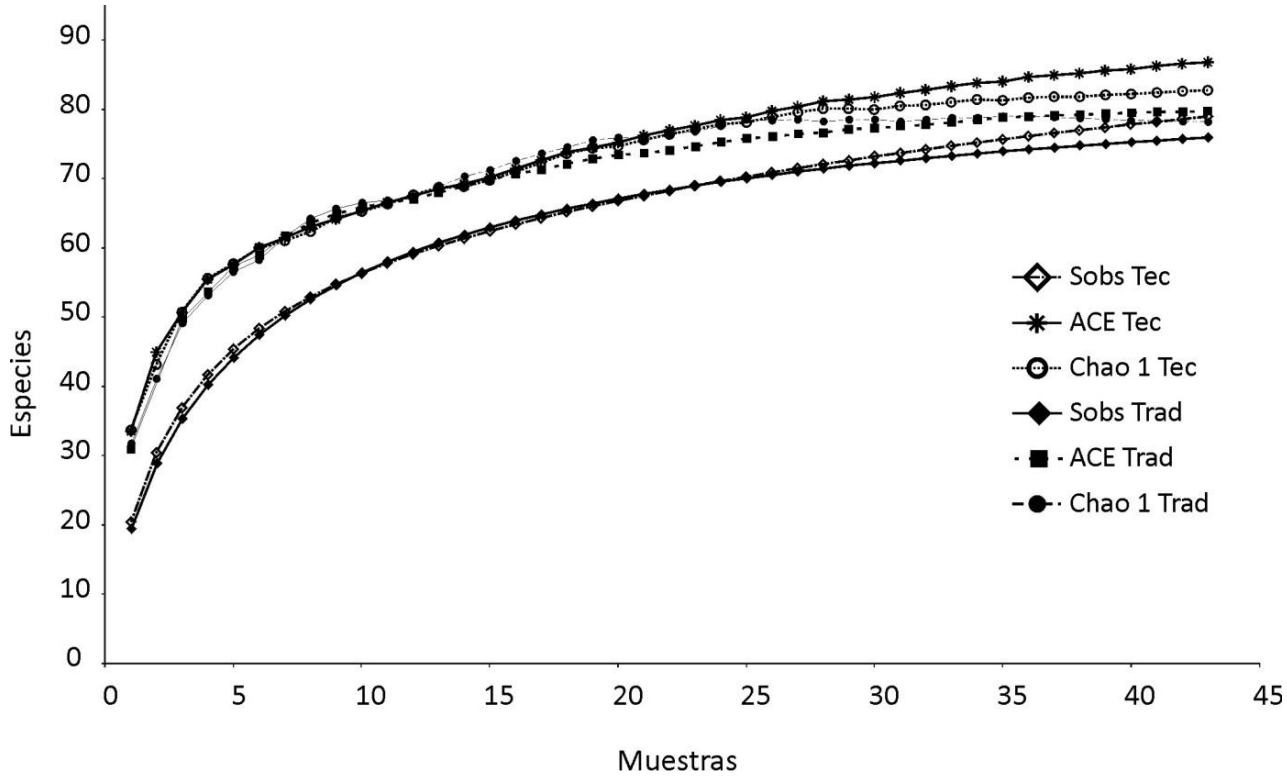

Figura 4.Curvas de acumulación de especies para las muestras de los dos periodos de estudio.

Cuadro 4. Especies observadas (Sobs) y estimadores de riqueza de especies

Época	Manejo	Sobs	ACE	Chao1	Jack 1	Jack 2	Bootstrap	MMentel	Singletons
Secas	**Tec.**	63	68.29	65.33	73.5	73.89	68.57	68.63	8
		%	92.25	96.43	85.71	85.26	91.88	91.80	12.70
	Trad.	65	71.33	69.5	78.36	84.16	71.36	72.61	10
		%	91.26	93.52	82.95	77.23	91.09	89.51	15.38
Lluvias	**Tec.**	71	79.12	77.6	88.14	96.69	78.96	77.85	12
		%	89.73	91.49	80.55	73.43	89.92	91.20	16.90
	Trad.	62	65.25	66.2	73.43	76.55	67.67	67.15	7
		%	95.02	93.66	84.43	80.99	91.62	92.33	11.29
Total	**Tec.**	79	86.83	82.75	94.63	100.58	86.32	80.43	10
		%	90.98	95.47	83.48	78.54	91.52	98.22	12.66
	Trad.	76	79.9	78.33	84.79	85.00	80.81	79.53	7
		%	95.12	97.03	89.63	89.41	94.05	95.56	9.21

Riqueza de especies

En la figura 5 se muestran las curvas de rarefacción por sitio y época, dónde se observa que los intervalos de confianza no se intersectaron en el punto correspondiente al sitio con menor abundancia (línea vertical), evidenciando diferencias en la riqueza, pero en sentido opuesto según la época. En la temporada de secas, el sitio Tradicional tiene una ligera mayor riqueza que el Tecnificado, mientras que en la temporada de lluvias se evidencia una notable mayor riqueza para el sitio Tecnificado. Para la comparación total, la riqueza de especies es mayor para el sitio Tecnificado (Figura 6).

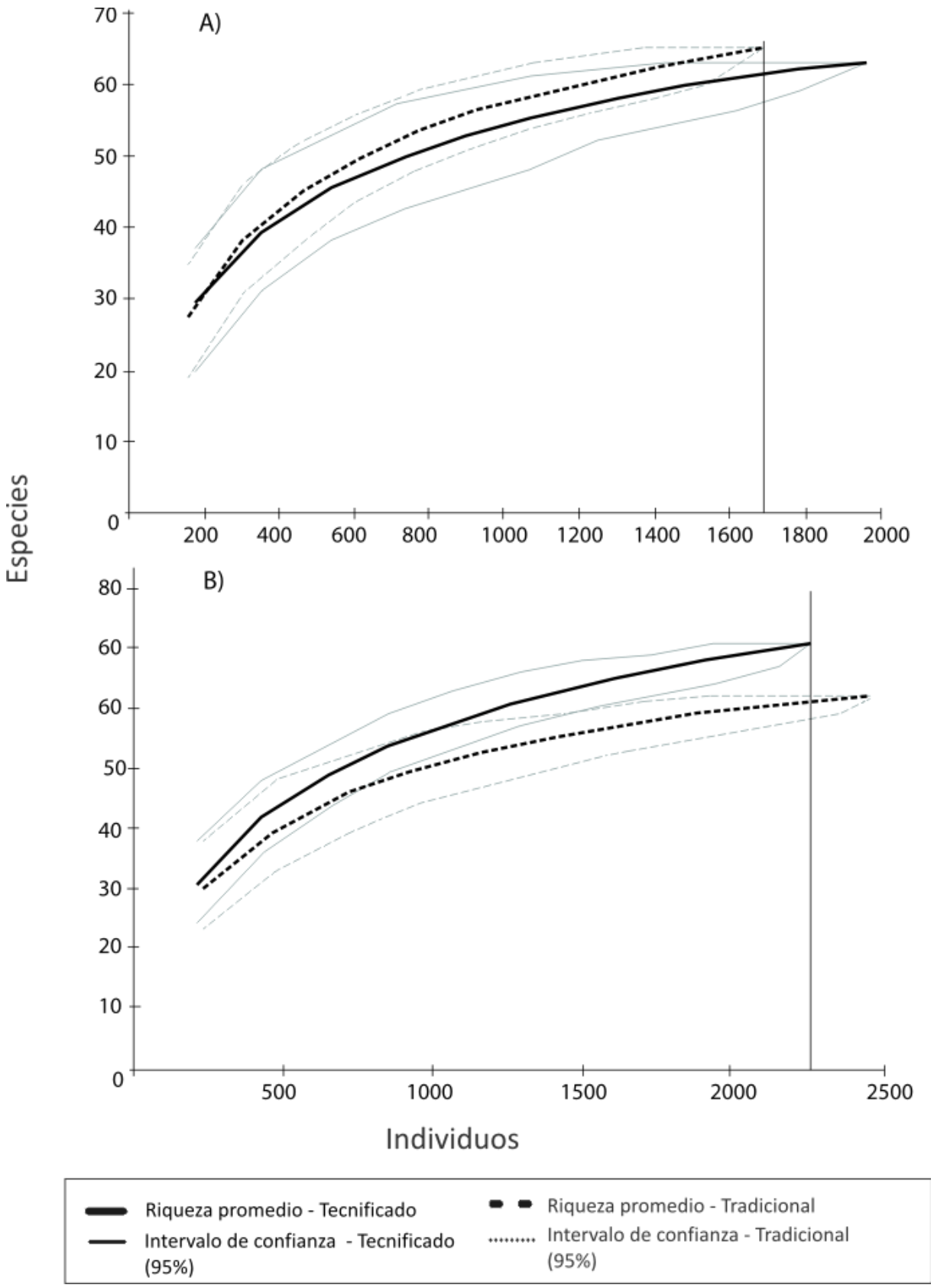

Figura 5.Curvas de rarefacción basadas en abundancia: A) Secas; B) Lluvias

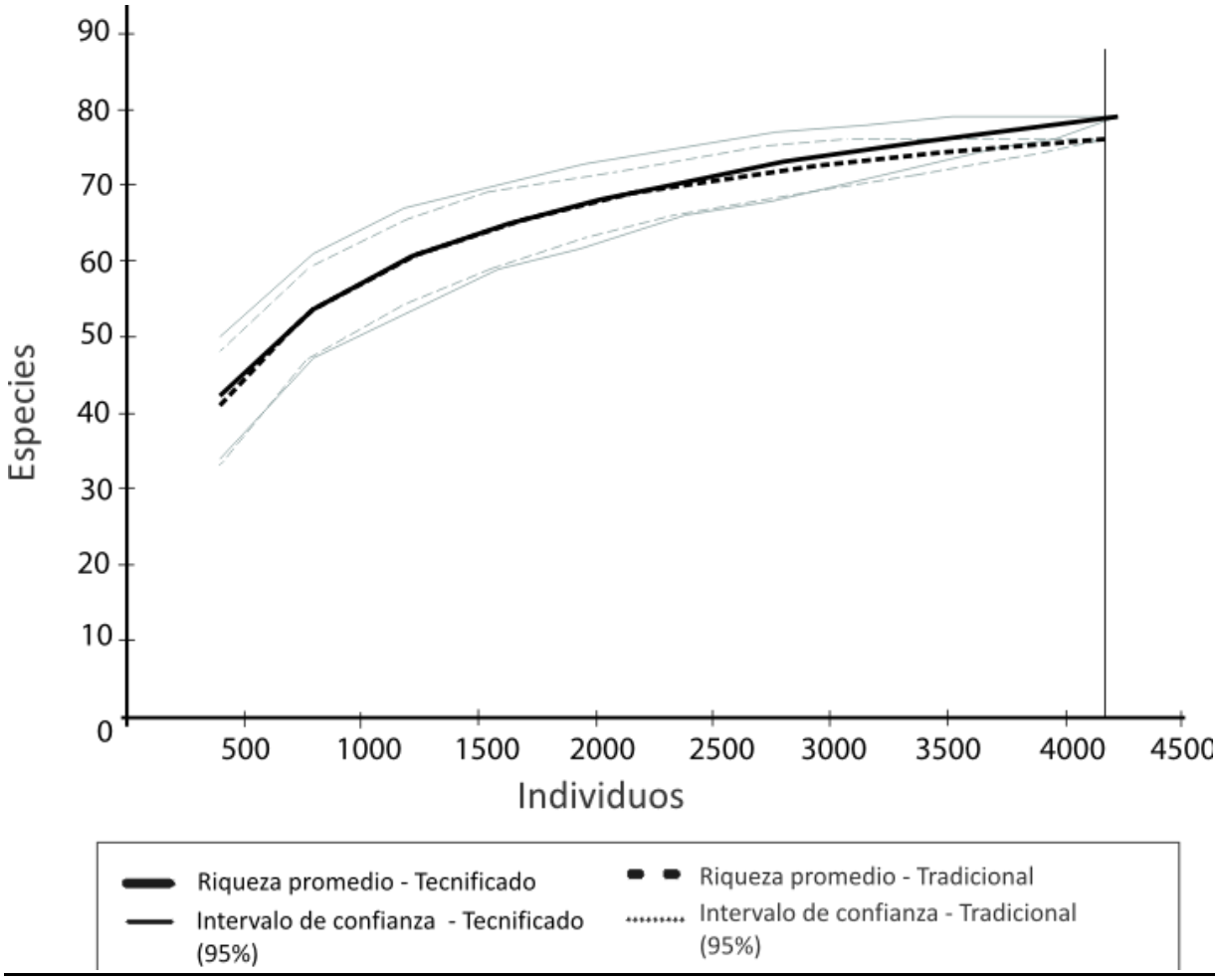

Figura 6.Curvas de rarefacción basadas en abundancia para el total de muestras

Diversidad α

Los índices de Shannon y de Simpson fueron mayores en el sitio con manejo Tecnificado que en el de manejo Tradicional. El análisis de *t* modificada indicó que el índice de Shannon es significativamente mayor en el Tecnificado (Cuadro 5).

Diversidad β

El índice de Chao–Sørensen muestra que la composición faunística de los ensambles de ambos sitios es similar al acercarse al valor máximo de 1 en cada época y en el conteo total (Cuadro 6). El índice de Bray–Curtis muestra una menor similitud en comparación con el de Chao–Sørensen en cada caso.

Cuadro 5.Índices de diversidad de arañas en por sitio

	Secas		Lluvias		Total	
	H’	1–D	H’	1–D	H’	1–D
Tecnificado	3.073	0.9268	3.005	0.9109	3.136	0.9242
Tradicional	2.897	0.8944	2.849	0.8899	2.951	0.9004
t modificada por Hutcheson entre sitios	Tec.secas vs. Trad. secas *t*= 4.149; *P*<0.001; gl=3312		Tec.lluvias vs. Trad. lluvias *t*=3.953; *P*<0.001; gl=4726		Tec total vs. Trad.total *t*= 6.226; *P*<0.001; gl=8289	

H’= índice de Shannon; 1-D= índice de Simpson

Cuadro 6. Índices de diversidad β por época y total

	Sobs1-Tec.	Sobs2-Trad.	Especies compartidas	Chao–Sørensen	Bray–Curtis
Secas	63	67	52	0.986	0.651
Lluvias	71	62	54	0.975	0.709
Total	79	76	66	0.991	0.696

Gremios

Se reconocieron seis gremios de arañas de los siete propuestos por Uetz *et al.* (1999). Se incluyeron familias adicionales en cada gremio de acuerdo a las composiciones taxonómicas propuestas por Höffer y Brescovit (2001) (Cuadro 7).

Dominancia de gremios

El gremio con la mayor abundancia en ambos sitios fue TRO, seguido de CF y TRT para el sitio con manejo Tecnificado, y con TRT como subdominante para el sitio Tradicional. Las jerarquías de abundancia son similares para ambos sitios respecto a los gremios restantes (Figura 7), aunque los gremios de arañas errantes (AED, AEN y CF) presentan diferencias en las proporciones de abundancia entre sitios por época y de manera global (Cuadro 8).

Cuadro 7. Gremios de arañas arborícolas presentes en los dos sitios de estudio

Gremio	Abreviatura	Familias incluidas
Acechadoras/Emboscadoras Diurnas	AED	Mimetidae, Oxyopidae, Salticidae, Thomisidae, Philodromidae y Pisauridae.
Acechadoras/Emboscadoras Nocturnas	AEN	Ctenidae, Hersiliidae, Scytodidae, Selenopidae, Senoculidae y Sparassidae.
Corredoras de Follaje	CF	Anyphaenidae, Caponiidae, Clubionidae, Corinnidae, Gnaphosidae y Oonopidae
Tejedoras de Lámina/Maraña	TLM	Dipluridae y Linyphidae.
Tejedoras de Redes Orbiculares	TRO	Araneidae, Mysmenidae, Tetragnathidae y Uloboridae.
Tejedoras de Redes Tridimensionales	TRT	Dictynidae, Pholcidae, Theridiidae y Titanoecidae

Cuadro 8. Valores de abundancia de cada gremio de arañas por sitio y por época

Gremios	Tecnificado		Tradicional	
	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias
AED	210	211	119	161
AEN	37	37	26	91
CF	264	313	85	94
TLM	23	22	2	4
TRO	1181	1375	1075	1540
TRT	249	307	376	590
Totales	1964	2265	1683	2480

Gremios: CF, corredoras de follaje; AED , acechadoras/emboscadoras diurnas; AEN, acechadoras/emboscadoras nocturnas; TLM. tejedoras de lámina/maraña; TRO, tejedoras de redes orbiculares; TRT, tejedoras de redes tridimensionales.

Los gremios con mayor número de especies en ambos sitios en todas las épocas fueron TRO y TRT, seguidos por AED y CF, salvo en el sitio Tradicional durante la época de lluvias, donde AEN y CF tienen la misma riqueza. Los cambios

en abundancia y riqueza de especies en un mismo sitio entre diferentes épocas son mínimos (Figuras 7 y 8).

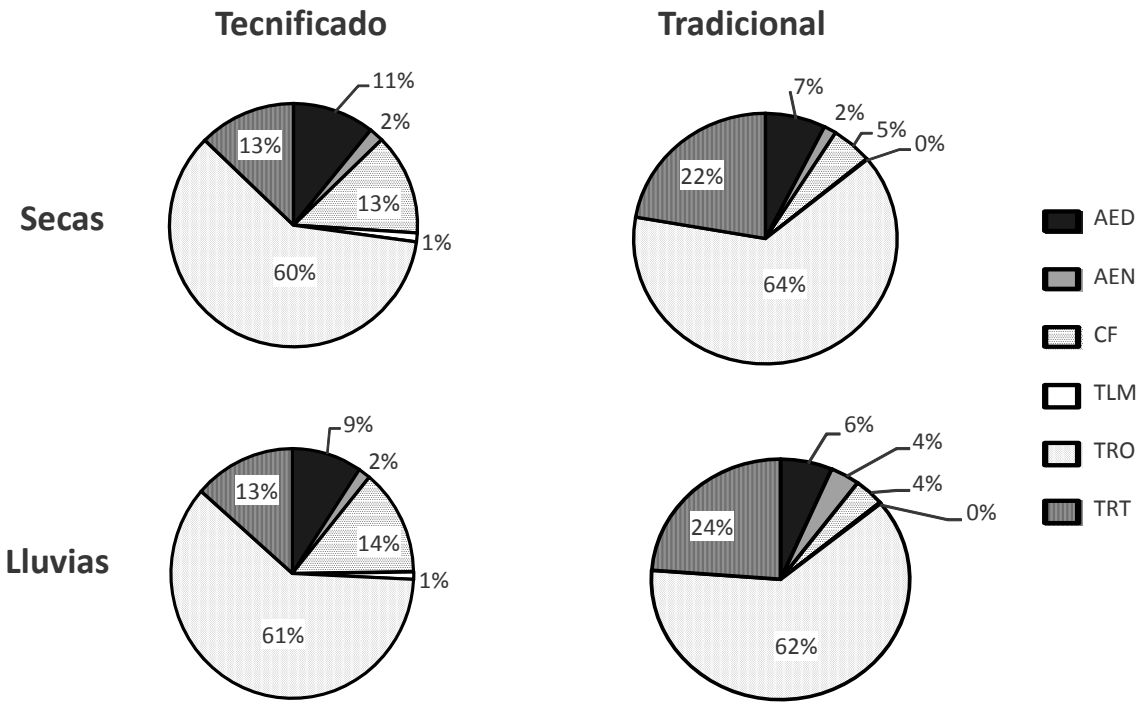

Figura 7. Abundancias relativas de los gremios por temporada y tipo de manejo.

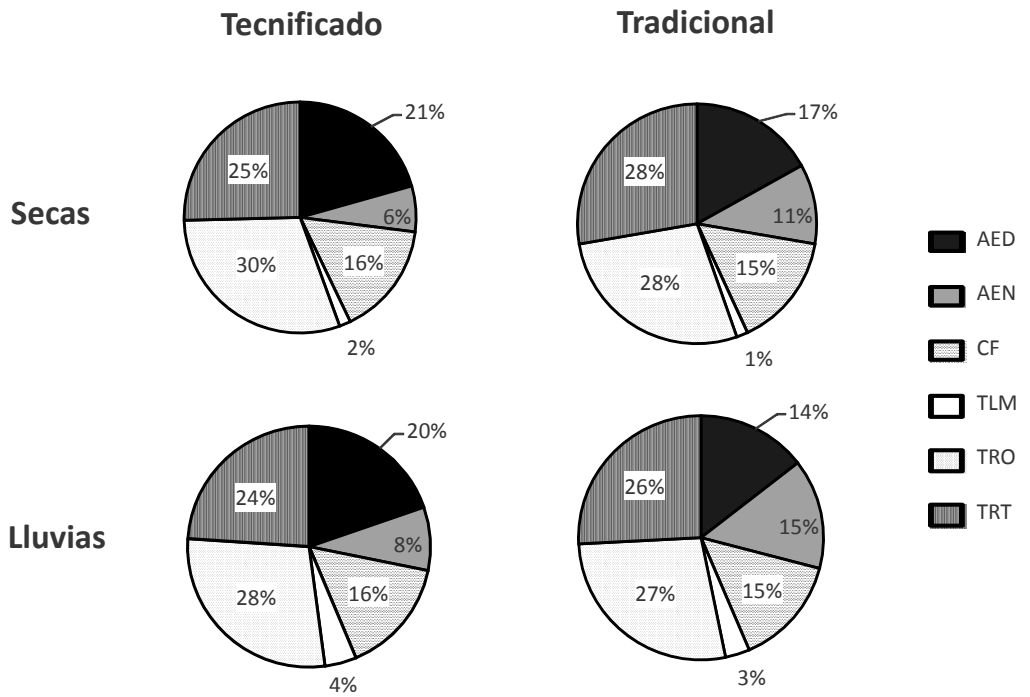

Figura 8. Riqueza relativa de los gremios por temporada y tipo de manejo

De manera global (Figura 9), las diferencias de mayor importancia ocurrieron a nivel de abundancia de organismos por gremio. Los gremios con mayor diferencia fueron TRT y CF, pues mientras que en el sitio Tecnificado estos dos gremios tuvieron una abundancia similar (13% y 14% respectivamente), en el sitio Tradicional el gremio TRT fue cinco veces mayor que en la Tecnificado (23% y 4% respectivamente), a pesar de que la distribución de riqueza relativa de estos gremios fue similar para ambos sitios (Figura 9).

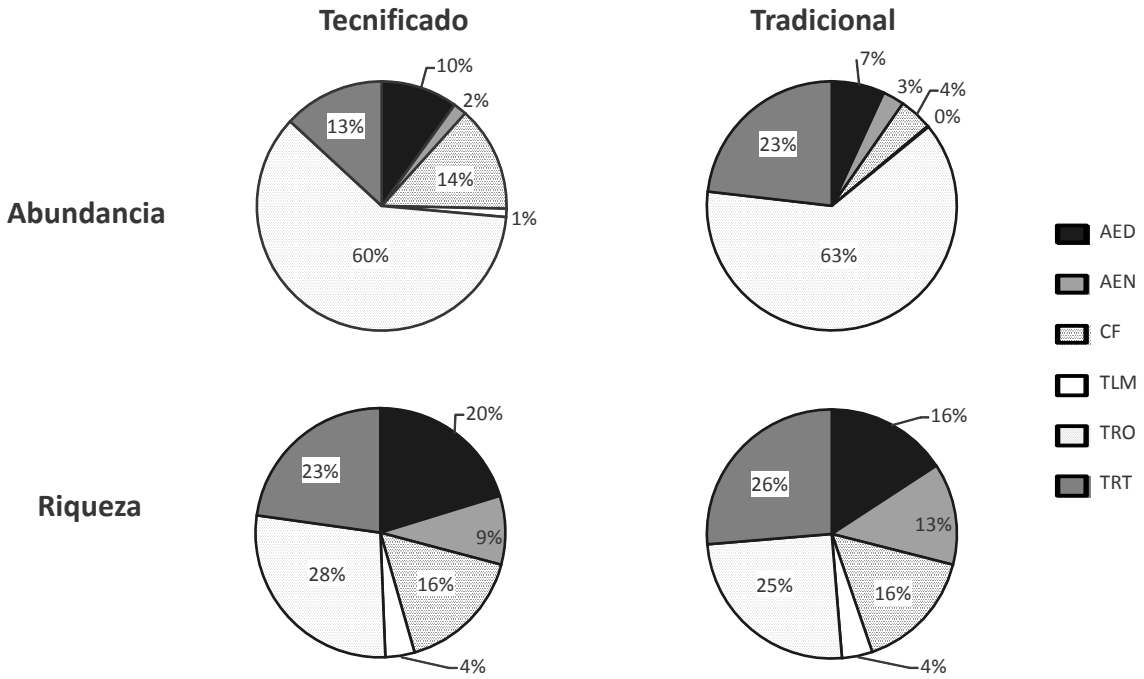

Figura 9. Abundancia y riqueza relativa de gremios de forma total.

Abundancia y riqueza de gremios de arañas por tipo de manejo

La prueba de χ^2 muestra que existe una asociación importante entre la abundancia de los gremios y el tipo de manejo, tanto por temporada como de manera global ($P<0.05$), pero no entre riqueza de gremios y tipo de manejo ($P>0.05$). (Cuadro 9).

Cuadro 9. Resumen de resultados de las pruebas de χ^2 para la asociación de gremios de arañas por tipo de manejo α= 0.05; gl=5

Comparación	χ^2
Abundancia secas	147.24; *P*<0.001
Abundancia lluvias	246.608; *P*<0.001
Abundancia total	383.381; *P*<0.001
Riqueza secas	1.083; *P* =0.956
Riqueza lluvias	1.922; *P* = 0.860
Riqueza total	1.726; *P* =0.887

Análisis de Correspondencia

Se realizaron análisis de correspondencia para la asociación significativa entre la abundancia de arañas por gremios y el tipo de manejo. Durante la época de secas, el gremio TRT asoció su abundancia al manejo Tradicional (Fig. 10), mientras que la abundancia de los gremios AED, AEN, CF y TLM estuvo asociada al manejo Tecnificado. Durante la época de lluvias este patrón cambió: la abundancia del gremio AEN fue mayor el manejo Tradicional y los gremios CF y TLM fueron más abundantes en el sitio Tecnificado (Fig. 10). De manera global, la abundancia proporcional de los gremios TRT y AEN fue mayor en el cultivo Tradicional, mientras que en el manejo Tecnificado fueron más abundantes AED, CF y TLM; la abundancia del gremio TRO no estuvo asociada a ninguno de los dos tipos de manejo en ninguna.

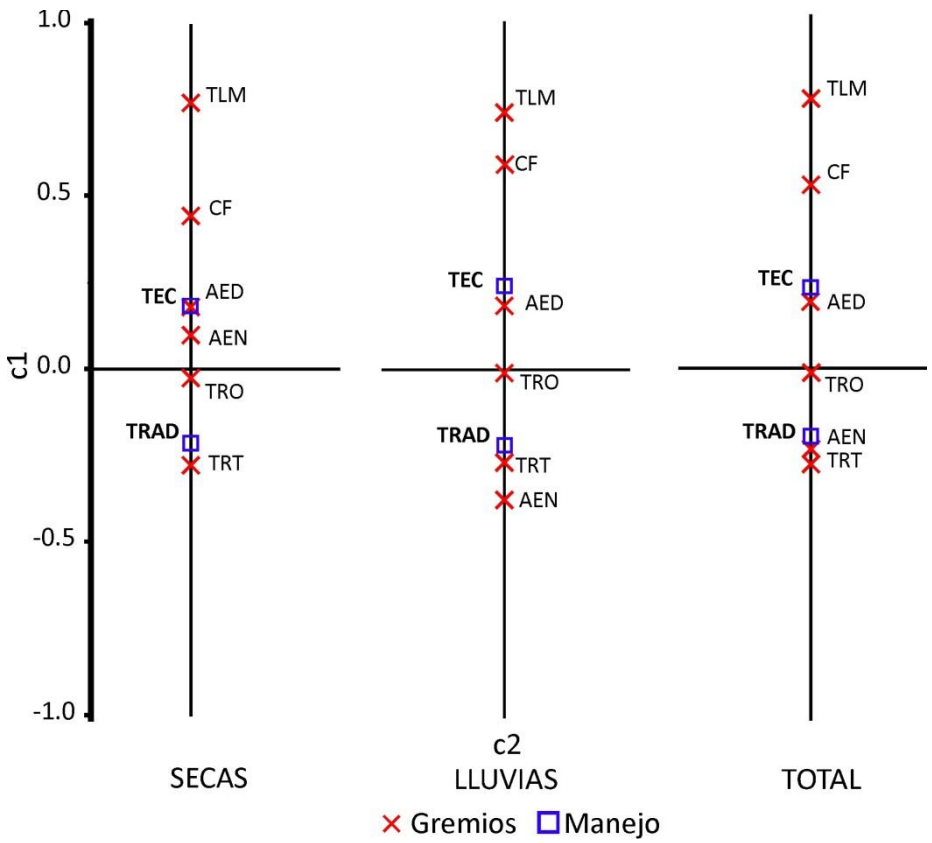

Figura 10. Análisis de correspondencia para la relación entre abundancia de gremio y tipo de manejo por época y total.

Análisis MANOVA para la relación entre ensambles de arañas y tipo de manejo de los cacaotales

La prueba estadística de Pillai (*Pillai's Trace*) se utilizó para investigar el tipo de asociaciones que existían entre ambos sitios y entre épocas (Cuadro 10). La interacción entre los factores época y sitio no fue significativa. Existieron asociaciones importantes tanto entre épocas como entre sitios.

Cuadro 10. Resumen del análisis MANOVA de dos variables

	#G.L. (error)	Pillai	F aproximada	# G.L.	Pr(>F)
Época	1	0.62806	15.8309	8	2.08e–13
Sitio	1	0.38101	5.7706	8	9.96e–06
Época*Sitio	1	0.07209	0.7284	8	0.666

El análisis canónico para el factor sitio (figura 11) indicó que las diferencias más importantes fueron entre las ambientales (con la temperatura más alta en el sitio Tecnificado, y la humedad relativa mayor en el sitio Tradicional) y algunas de las estructurales de los cacaos (DAP y área de copa mayores en el sitio Tecnificado, y mayor altura total en el sitio Tradicional). La contribución de los datos de las arañas (abundancia y riqueza) fue muy reducida.

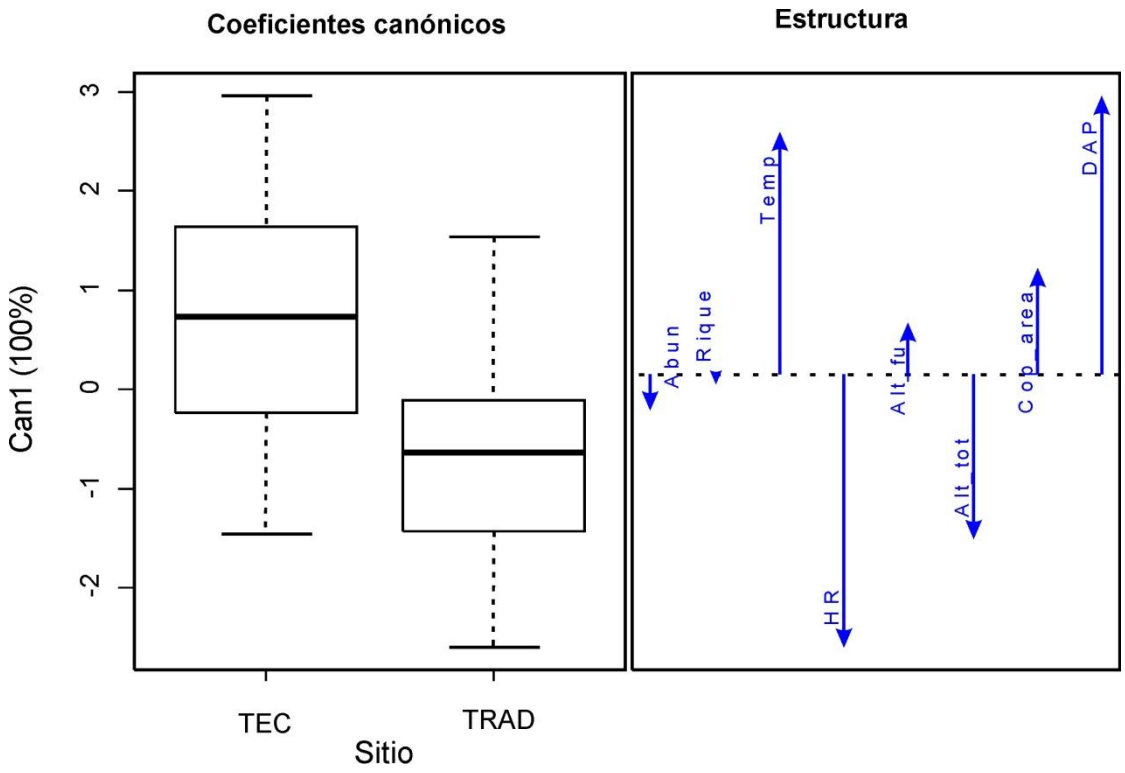

Figura11. Variables más influyentes en la diferenciación estructural por sitio

A semejanza de lo que se observó por tipo de manejo, el análisis canónico para el factor época (Fig. 12) indica que las principales diferencias entre épocas se deben a las variables ambientales: una mayor temperatura en la época de secas, y una mayor humedad relativa en la época de lluvias. A diferencia del caso anterior no hay contribuciones significativas de las variables estructurales, pero se destacan más las de las arañas, tanto la abundancia como la riqueza presentaron tendencia a incrementarse en la época de lluvias.

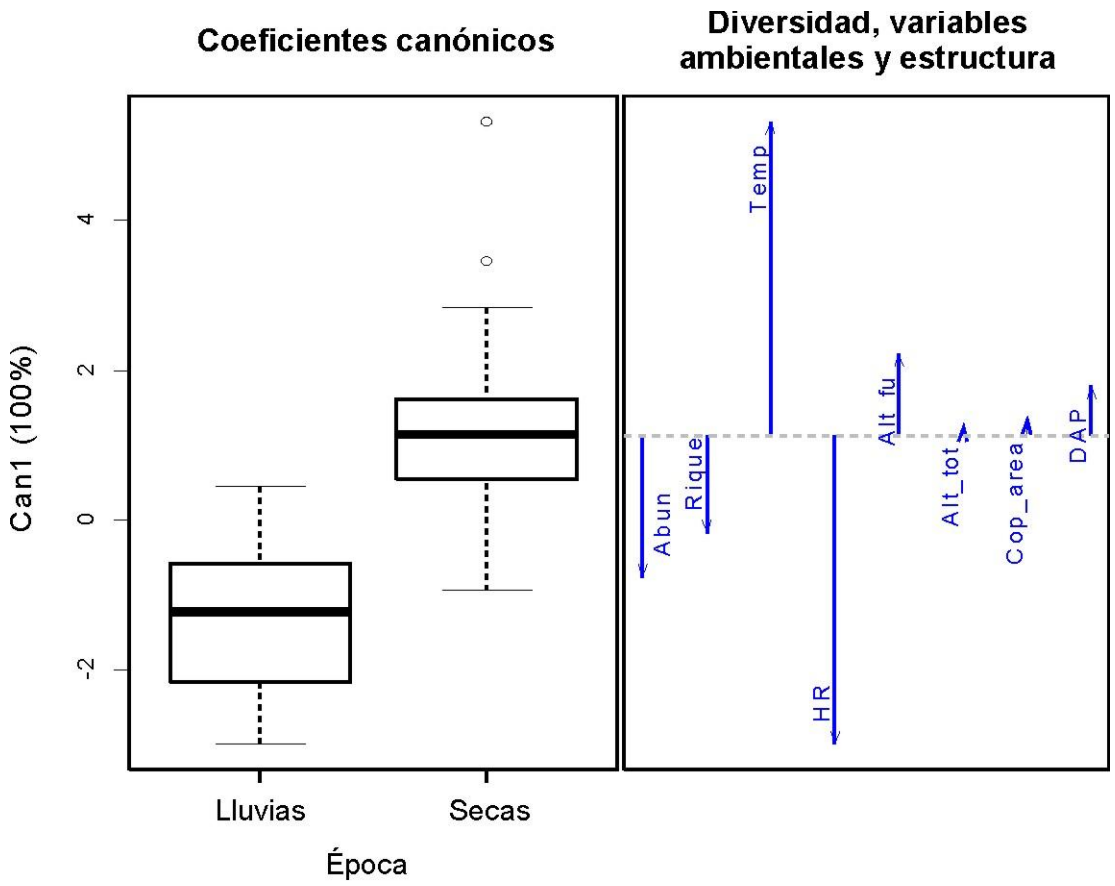

Figura12. Variables más influyentes en la diferenciación estructural y ambiental por época

DISCUSIÓN

El presente trabajo demostró que existe una diversidad importante de arañas asociadas a las plantaciones de cacao en el estado de Chiapas. Un resultado notable fue la dominancia de la familia Uloboridae en ambos sitios, ya que en otros hábitats tropicales (con diferente grado de conservación y de intensidad de manejo), las familias de arañas arborícolas con mayor abundancia suelen ser Theridiidae, Salticidae, Araneidae, Linyphiidae o Anyphaenidae (Álvares *et al.* 2004; Ávalos *et al.,*2007; Bonaldo *et al*., 2007). En estudios realizados en cacaotales en Tabasco, las familias más abundantes fueron Tetragnathidae, Araneidae y Pholcidae (Pérez–De la Cruz *et al.*, 2007; De la Cruz–Pérez *et al.,*2009). En tales trabajos, la familia Uloboridae fue un componente minoritario de la totalidad de organismos recolectados. Sin embargo, Trujillo (2002) encontró en cacaotales del Soconusco, que las familias de arañas tejedoras más abundantes fueron Theridiidae, Uloboridae, Tetragnathidae y Pholcidae, evidenciado que en esta región la familia Uloboridae es un grupo abundante, lo que contrasta con lo que se ha registrado para cacaotales de Tabasco, y en general, en otras regiones tropicales del mundo. Los trabajos sobre los cacaotales de Tabasco sólo consideran a las arañas tejedoras, por lo cual no es posible comparar los valores correspondientes a las arañas errantes encontradas en el Soconusco. La comparación de las jerarquías de abundancia reveló que los dos sitios coinciden en la familia dominante (Uloboridae), pero difieren con respecto a las subdominantes, pues en el sitio Tecnificado, Anyphaenidae y Tetragnathidae son entre cuatro y cinco veces más abundantes que en el sitio Tradicional, mientras que en este último sitio Theridiidae (la subdominante) es casi dos veces tan abundante como en el sitio Tecnificado. Se sabe que la familia Anyphaenidae es un componente importante de la araneofauna arborícola en zonas tropicales,

principalmente en áreas con vegetación secundaria o perturbada, lo que se ha reportado para bosques secundarios en Brasil y para bosque mesófilo de montaña perturbado en Chiapas (Álvares *et al,.* 2004; Maya-Morales *et al.,* 2012). Asimismo se ha señalado a varias especies del género *Leucauge* (Tetragnathidae) como muy abundantes en ambientes con vegetación perturbada (Eberhard 1988), o en cafetales (Pinkus–Rendón *et al*. 2006) y justamente las especies de este género constituyen la gran mayoría de la familia Tetragnathidae del sitio Tecnificado. Así, la gran abundancia de estas dos familias parece indicar que el sitio Tecnificado presenta condiciones con mayor grado de perturbación que las del sitio Tradicional. Por otro lado, la dominancia de unas cuantas especies de arañas tejedoras en ecosistemas tropicales está bien documentada. Especies de las familias Theriididae, Araneidae, Tetragnathidae son componentes mayoritarios de los ensambles de arañas arborícolas en bosques, con abundancias relativas entre 15% y 40%. (Deza y Andía, 2009).

El total de especies encontradas (89) es similar al registrado en otra plantación de cacao del Soconusco (94 especies, Ibarra–Núñez, datos no publicados). Las diferencias estructurales entre los dos sitios parecen influir sobre la riqueza de especies, aunque ligeramente como lo muestran las curvas de rarefacción entre sitios, donde la riqueza fue ligeramente mayor en el sitio Tecnificado (79 vs 76). Las diferencias en riqueza para cada sitio consideradas por época, evidencian que los cambios ambientales afectan en forma diferente a cada sitio. Las variaciones temporales en la riqueza de especies ya han sido registradas para diferentes tipos de hábitats (Lubin, 1978; Rubio et al., 2008, Maya-Morales et al., 2012). El que estas diferencias ocurran en sentido opuesto entre los dos sitios, parece indicar que las diferencias en manejo agronómico afectan de forma distinta

su capacidad para integrar a un mayor o menor número de especies en función de las condiciones ambientales. Las familias Theridiidae, Araneidae y Salticidae sobresalieron en ambos sitios de estudio por su riqueza de especies. Este patrón concuerda con la jerarquía de riqueza a nivel de familias de arañas de dosel en otros estudios en regiones tropicales (Sørensen, 2004; Ferreira–Ojeda *et al*., 2009), y con un estudio sobre las cuatro principales familias de arañas tejedoras en la región del Soconusco, donde Theridiidae y Araneidae son las de mayor riqueza de especies (Ibarra- Núñez *et al*., 2004).

Los inventarios obtenidos presentan un grado de integridad elevado de acuerdo con los niveles propuestos por Cardoso (2009). Los resultados para todo el conjunto y para cada una de las épocas indican que se logró obtener una riqueza cercana a la potencialmente presente de acuerdo a los distintos modelos usados (entre 70 y 80% de las especies estimadas) a exhaustivo (90% de las especies estimadas). Los niveles de integridad (Sobs x 100 / Chao1) obtenidos en este estudio son similares a los registrados para arañas en varios bosques tropicales (Sørensen *et al*. 2002; Sørensen 2004; Hore y Uniyal 2008; Coddington *et al.* 2009). Al considerar a los *singletons* como indicadores de integridad, el valor menor a 17% sitúa este trabajo por debajo de la media de 37%, que es el valor reportado por Coddington *et al.*, (2009) para inventarios de arañas tropicales. Esto corrobora el alto grado de integridad mostrado por el análisis de los estimadores no paramétricos. Solamente durante la época de secas, se considera al inventario del sitio Tecnificado como más completo que el del sitio Tradicional con base en el análisis de integridad basado en el estimador Chao1 y en el porcentaje de *singletons* observados. El alto nivel de integridad otorga una elevada confiabilidad a los datos recabados y a las comparaciones de la riqueza.

Contrario a lo esperado, el sitio con manejo Tecnificado mostró mayores valores de diversidad, en comparación con el sitio de manejo Tradicional. Los resultados de estos índices señalan que a nivel de estructura de los ensambles existen diferencias importantes, debido posiblemente a discrepancias relacionadas con la abundancia de algunas especies, que en un sitio pueden ser dominantes mientras que en otro pueden ser subordinadas, como en el caso de *Leucauge venusta*, *L. argyra*, *Chrysso cambridgei*, *Tidarren sisyphoides* y las especies del género *Wulfila* respectivamente.

La mayor riqueza de especies del sitio Tecnificado durante la época de lluvias corresponde en parte a grupos característicos de suelo, tales como Caponiidae, Dipluridae y algunas Linyphiidae. Aparentemente, especies de estas familias realizan una migración vertical para huir de las inundaciones o de una excesiva humedad en la hojarasca que habitan y se refugien en los árboles de cacao.

Los resultados de este trabajo contrastan con lo que ocurre en otros grupos de artrópodos arborícolas de cultivos tropicales perennes, en donde una alta riqueza específica está asociada a una alta cobertura vegetal, principalmente cuando esta depende del manejo del cultivo o de la historia de manejo del área (Philpott y Armbrecth, 2006; Tsai *et al*., 2006; Gordon *et al.,* 2009). Así, una mayor riqueza y diversidad de especies en sitios manejados o con disturbio se ha observado en diferentes grupos de artrópodos en cacaotales y otros cultivos tropicales perenes en donde un manejo más intensivo llega a mostrar mayor diversidad (Pinkus–Rendón *et al*., 2006; Tsai *et al.,*2006; Bos *et al.*, 2007). Se sabe que en cacaotales, la riqueza específica de las arañas arborícolas (y principalmente para arañas tejedoras), está influenciada negativamente por condiciones de manejo en la riqueza microestructural (Stenchly *et al.*, 2011). En el caso de la riqueza de las arañas

errantes, esta podría ser afectada por la disponibilidad de refugios y de área para desplazarse, perseguir o acechar presas (De Souza y Martins, 2005).

La similitud en la composición de especies entre sitios puede ser debida a la composición a nivel regional o paisajístico. Es decir, aunque se trata de ensambles diferentes, la fuente de especies es la matriz del paisaje, en donde el acervo común de los ensambles puede mantenerse pese a las diferencias en la vegetación (Rinaldi y Trinca, 2008), como lo denotan los altos valores en el índice de Chao–Sørensen. En este estudio, cada cacaotal corresponde a un parche embebido en una matriz paisajística agrícola, y comparten el acervo de especies, lo cual es común en zonas con cultivos perenes o en zonas de bosques de regeneración alejados de zonas con vegetación primaria (Floren y Deleeman–Reinhold, 2005). La similitud de especies entre sitios, ambos con cierto grado de disturbio, puede verse favorecida por la dispersión de las arañas (Foelix, 1996; Bonte *et al*., 2004) a partir de las fuentes de colonización aledañas, que son cultivos (Floren y Deleeman–Reinhold, 2005). Esta tendencia de similitud entre parches ha sido observada en otros grupos de artrópodos con una alta capacidad de dispersión (Marín *et al.,* 2009). Los menores valores de similitud cuantitativa (índice de Bray–Curtis) en comparación con los de la composición denotan diferencias estructurales de los ensambles entre los sitios, las cuales no pudieron ser reveladas por las gráficas de rango vs abundancia, ya que estas últimas solo consideran la jerarquía de abundancias, mientras que en la similitud cuantitativa se considera la abundancia por grupo analizado, destacando las diferencias de abundancia entre las familias subdominantes ya mencionadas.

Las proporciones de abundancia de los gremios evidenciaron una fuerte dominancia de los gremios de arañas tejedoras (TRT y TRO) en cuanto a

abundancia en ambos lugares y épocas, con una menor proporción de arañas errantes, destacando los gremios CF y AED. Los análisis de los gremios no indicaron una relación entre el tipo de manejo del cacaotal y la riqueza de especies de los gremios, pero sí indican una relación entre el tipo de manejo y la abundancia relativa de los gremios, con una mayor proporción del gremio de tejedoras TRT en el sitio Tradicional y mayores proporciones de los gremios de errantes CF y AED en el Tecnificado. Las jerarquías encontradas coinciden en algunos puntos con estudios realizados en regiones boscosas tropicales (Silva, 1996; Chen y Tso, 2004; Hore y Uniyal, 2008), indicando que a pesar del manejo en ambos sitios, las relaciones entre los grupos tienden a ser similares a los de hábitats naturales.

Las diferencias de abundancia de arañas tejedoras entre sitios pueden explicarse por prácticas de manejo del cacao que influyen en la estructura de los árboles, como la poda de ramas, lo que a su vez incide en la reducción de sitios óptimos para la construcción de telas, además de afectar su exposición al sol, al viento y a la lluvia (Langelloto y Denno, 2004). Además, se ha señalado que existen diferencias en la inversión que hacen las arañas para construir sus telas: las arañas del gremio TRO (que tejen redes bidimensionales) invierten menos en la construcción de cada red, y por lo tanto resultan menos afectadas cuando se deben construir telas nuevas en respuesta a una presión ambiental, en comparación a otros gremios que tejen redes más complejas, como las TRT (Janetos, 1982b; Tanaka, 1989). La mayor intensidad de poda en el sitio Tecnificado reduce la disponibilidad de sitios óptimos para la construcción de redes de las arañas del gremio TRT, lo que contribuiría a una disminución de las arañas de ese gremio con respecto al sitio Tradicional, donde esta práctica es menos frecuente. Además, el costo del movimiento y búsqueda de sitios es menor en arañas TRO en comparación con

otros gremios de arañas tejedoras (Janetos, 1982a; Tanaka, 1989). En ambos sitios existió una abundancia relativa similar del gremio TRO, de forma que el gremio TRO parece capaz de lidiar con el grado de disturbio presente en el sitio Tecnificado sin ser significativamente afectado (Bonte *et al.*, 2008). Por el contrario, la abundancia relativa del gremio TRT, al ser mayor en el manejo Tradicional que en el Tecnificado, parece indicar que las arañas de este gremio son relativamente más sensibles al disturbio en la estructura que requieren para tejer sus redes.

Las arañas tejedoras del gremio TRL (representadas casi en su totalidad por la familia Linyphiidae) fueron escasas en el sitio Tecnificado y sólo presentaron dos organismos en el sitio Tradicional, de manera que la asociación y representatividad de este gremio se considera marginal. En estudios previos de las arañas de un cacaotal, tanto Ruiz (2004) para las arañas del suelo, como Trujillo (2002) para las arañas del follaje, encontraron una abundancia de Linyphiidae por debajo de los gremios dominantes de errantes y tejedoras, de forma similar a lo encontrado en este trabajo.

Respecto a los gremios de arañas errantes, su mayor abundancia en el sitio Tecnificado sugiere que les favorecen las condiciones ambientales de este sitio. En general, se considera que las arañas errantes se asocian a sitios abiertos dentro de parches de vegetación y con una humedad relativa más baja respecto a sitios con vegetación cerrada (Buddle *et al.*, 2000; Giraldo *et al.,* 2004), lo cual corresponde con las condiciones observadas en el sitio Tecnificado. Se sabe que los acechadores diurnos se ven favorecidos por una cobertura escasa y abundancia de luz (Giraldo *et al.*, 2004; Rinaldi y Trinca, 2008), esto parece ocurrir también en el gremio CF, muy abundante en el manejo Tecnificado, y ha sido sugerido

previamente para vegetación secundaria o perturbada (Álvares *et al*., 2004; Maya–Morales *et al.,* 2012).

Las diferencias en cuanto a la estructura de los cacaotales y de los árboles de sombra, se relacionan aparentemente con las diferencias en las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa, mostrando mayor efecto sobre la abundancia y la riqueza de las arañas, cuando estas se incrementan claramente en la época de lluvias. Observaciones similares se han realizado en otros trabajos en comunidades de arañas de bosques tropicales, en donde la época de lluvias tiene efectos importantes en la estructura de las comunidades, marcando una diferencia entre épocas secas y de lluvias (Robinson *et al.,*1974; Lubin, 1978; Maya–Morales *et al.,* 2012), lo que genera microhábitats propicios para especialistas (De Souza y Martins 2005; Marques *et al.*, 2006) o la complejidad estructural necesaria para favorecer la abundancia de presas con el consiguiente aumento de la abundancia de los depredadores (Greenstone, 1984; Borges y Brown, 2001). De esta manera, las temperaturas más elevadas y las estructuras más reducidas (evidenciadas por las menores áreas de copa) de los cacaos y de los árboles de sombra con manejo Tecnificado muy posiblemente favorecieron a las arañas errantes que utilizan el follaje (CF) o las que requieren sitios adecuados para emboscar durante el día (AED), mientras que la mayor humedad relativa y las estructuras más complejas (evidenciadas por las mayores áreas de copa) de los cacaos y de los árboles de sombra están relacionadas con sitios adecuados para las arañas TRT, que requieren mayor humedad y estructura vegetal adecuada para el establecimiento de sus redes (Hatley y MacMahon, 1980). A diferencia de Hore y Uniyal (2008) quienes encontraron que las arañas del gremio TRO fueron más abundantes en hábitats más conservados o con menor grado de disturbio, en este estudio no se detectó una

afinidad clara hacia ninguno de los tipos de manejo, lo que indica que las diferencias estructurales y ambientales existentes en los sitios de estudio no afectan significativamente a este gremio en cuanto a su abundancia y riqueza.

La mayor diversidad (H') encontrada en el sitio Tecnificado coincidió con la tendencia en que la diversidad de arañas llega a ser mayor en bosques con un grado importante de manejo en comparación con bosques primarios con un bajo grado de disturbio, tanto por que se propicia la riqueza estructural como por que se afecta la estructura de dominancia, favoreciendo la riqueza de las comunidades (Tsai *et al.*, 2006).

Es probable que las prácticas culturales afectaran la jerarquía de dominancia, y por ende, la diversidad de cada sitio. Prácticas como el chapeo, la poda o el riego (que son realizadas regularmente en el sitio Tecnificado) tienen el potencial de disminuir la abundancia de las especies dominantes permitiendo que exista un mayor número de especies en un sitio, aunque con una menor dominancia (Tsai *et al*., 2006); lo anterior es probable en el presente estudio, ya que el sitio Tecnificado presentó una jerarquía de dominancia menos marcada que el Tradicional. Por otro lado, queda por explorar el papel de otros factores estructurales que se han relacionado con la diversidad de los ensambles de arañas, como podría ser la riqueza de de especies de árboles de sombra (Gordon *et al.,* 2009).

Los cambios en la abundancia relativa de los gremios de arañas que ocurrieron durante las dos épocas estudiadas y que fueron propiciados por el manejo diferente de cada sitio implican también un funcionamiento distinto de las comunidades. Sin embargo, aún se desconoce en qué grado cambia el papel de las arañas como enemigos naturales de los insectos fitófagos presentes en los cacaotales a lo largo de tales temporadas, lo cual es otro tema de estudio.

CONCLUSIONES

1. Los cacaotales con manejo Tradicional y Tecnificado presentaron una comunidad de arañas arborícolas diferente en cuanto a composición, abundancia, estructura y riqueza de especies.
2. El cacaotal Tecnificado fue más diverso (en el sentido del índice de Shannon) y el de mayor riqueza de especies (salvo en la época de secas). Esto se reflejó a nivel funcional en una distribución de abundancias diferente entre familias subdominantes y entre gremios.
3. En ambos sitios existió una clara preponderancia de las arañas tejedoras, con una notable participación del gremio TRO como dominante en el estrato arbóreo.
4. Las arañas Tejedoras de Redes Tridimensionales, aunque subdominantes en ambos sitios, fueron más importantes en el manejo Tradicional.
5. Las características del sitio Tecnificado hicieron posible que algunas arañas errantes, particularmente las del gremio Corredoras de Follaje (normalmente asociadas a condiciones perturbadas) alcanzaran el estatus de subdominantes, a diferencia de lo observado en el sitio Tradicional.
6. La estructura, tanto de los árboles de sombra como de los árboles de cacao, afectó las condiciones ambientales de cada sitio, y ambas (estructura y condiciones ambientales) están relacionadas con las diferencias detectadas entre los ensambles de las arañas.

LITERATURA CITADA

Alderweireldt, M. 1994. Habitat manipulation increasing spider densities in agroecosystems: possibilities for biological control? *Journal of Applied Biology*, 18, pp.10–16.

Álvares, E.S.S., Machado, E.O., Azevedo, C.S., y De–Maria, M. 2004. Composition of the spider assemblage in an urban forest reserve in Southeastern Brazil and evaluation of a two sampling method protocols of species richness estimates. *Revista Ibérica de Aracnología*, 10, pp.185–194.

Andow, D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*, 36, pp.561–586.

Ashwini, K.M. y Sridhar, K.R. 2006. Seasonal abundance and activity of pill millipedes (*Arthrosphaera magna*) in mixed plantation and semi–evergreen forest of southern India. *Acta Oecologica,* 29, pp.27–32.

Ávalos, G., Rubio, G.D., Barl, M.E., y González., A. 2007. Arañas (Arachnida: Araneae) asociadas a dos bosques degradados del Chaco húmedo en Corrientes, Argentina. *Revista de Biología Tropical,* 55, pp.899–909.

Baumann, J. 1999. Factores determinantes en el proceso hidrológico erosivo en las cuencas hidrográficas de la Costa de Chiapas. En: *IX Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 4: Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas*. Culiacán, Sinaloa, México 27–29 de octubre de 1999, pp. 57–68.

Beer, J., Muschler, R., Kass, D., y Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry,* 38, pp.139–164.

Beer, J. 1999. *Theobroma cacao* un cultivo “agroforestal”. *Agroforestería de las Américas,* 6, p.4.

Blondel, J. 2003. Guilds or functional groups: does it matter? *Oikos*, 100, pp.223–231

Bonaldo, A.B., Marques, M.A.L., Pinto–da–Rocha, R., y Gardner, T. 2007. Species richness and community structure of arboreal spider assemblages in fragments of three vegetational types at Banhado Grande wet plain, Gravatí River, Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia, Série Zoologia,* 97, pp.143–151.

Bonte, D., Baert, L., Lensn L., y Maelfait, J.P. 2004. Effects of aerial dispersal, habitat specialisation, and landscape structure on spider distribution across fragmented grey dunes. *Ecography*, 27, pp.343–349

Bonte, D., Lanckacker, K., Wiersma, E., y Lens. L. 2008. Web building flexibility of an orb–web spider in a heterogeneous agricultural landscape. *Ecography*, 31, pp. 646–653.

Borges, P. A. y Brown, V.K. 2001. Phytophagous insects and web–building spiders in relation to pasture vegetation complexity.*Ecography*, 24, pp.68–82

Bos, M.M., Steffan–Dewenter, I., y Tscharntke, T. 2007. The contribution of cacao agroforests to the conservation of lower canopy ant and beetle diversity in Indonesia.*Biodiversity and Conservation*, 16, pp.2429–2444.

Buddle, C.M., Spence, J.R., y D.W. Langor. 2000. Succession of boreal forest spider assemblages following wildfire and harvesting. *Ecography*, 23, pp.424–436.

Caballero, U., León–Cortés, J.L. y Morón–Ríos, A. 2009. Response of rove beetles (Staphylinidae) to various habitat types and change in Southern Mexico.*Journal of Insect Conservation*, 13, pp.67–75.

Cárdenas, M., Ruano, F., García, P., Pacual, F., y Campos, M. 2006. Impact of agricultural management on spider populations in the canopy of olive trees. *Biological Control*, 38, pp.188–195.

Cardoso, P. 2009. Standardization and optimization of arthropod inventories—the case of Iberian spiders. *Biodiversity and Conservation*, 18, pp.3949–3962.

Chao, A., Chazdon, R.L., Colwell, R.K., y Shen, T.J. 2005. A new statistical approach for assessing compositional similarity based on incidence and abundance data. *Ecology Letters*, 8, pp.148–159.

Chatterjee, S., Marco, I. y Venturino, E. 2009. Spiders as biological controllers in the agroecosystem. *Journal of Theoretical Biology,* 258, pp.352–362

Chen, K.C., y Tso, I.M. 2004. Spider diversity on Orchid Island, Taiwan: acomparison between habitats receiving different degrees of human disturbance. *Zoological Studies*, 43, pp.598–611.

Coddington, J.A., Agnarsson, I., Miller, J.A., Kuntner, M., y Hormiga, G. 2009. Undersampling bias: the null hypothesis for singleton species in tropical arthropod surveys. *Journal of Animal Ecology*, 78, pp.573–584.

Colwell, R.K. 2006. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Versión 8. [Online]. Disponible en: <purl.oclc.org/estimates> (Revisado: Octubre 2010).

Colwell, R.K., Mao, C.X., y Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence–based species accumulation curves. *Ecology*, 85, pp.2717–2727.

Colwell, R.K., y Coddington, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation.*Philosophical Transactions of the Royal Society* (Series B), 345, pp.101–118.

De la Cruz–Pérez, M., Sánchez–Soto, S., Ortiz–García, C.F., Pérez–De la Cruz, M. y Zapata–Mata, R. 2009. *Diversidad y distribución de arañas tejedoras diurnas (Arachnida: Araneae) en los microhábitats del agroecosistema cacao en Tabasco, México*. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle, 10, pp.1–9.

De Souza, A.L.T., y Martins, R.P. 2005. Foliage density of branches and distribution of plant dwelling spiders. *Biotropica*, 37, pp.416–420.

Delabie, J.H.C., Jahyny, B., Cardoso do Nascimento, I., Mariano, C.S.F., Lacau, S., Campiolo, S., Philpott, S.M., y Leponce, M. 2007. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 16, pp.2359–2384.

Deza, M. y Andía, J.M. 2009. Diversidad y riqueza de especies de la familia Araneidae (Arachnida, Araneae) en Cicra (Madre de Dios, Perú). *Ecología Aplicada*, 8, pp.81–90.

Eberhard, W.G. 1988. Memory of distances and directions moved as cues during temporary spiral construction in the spider *Leucauge mariana* (Araneae: Araneidae). *Journal of Insect Behaviour*, 1(1), pp.51–66.

Estrada, A. y Coates–Estrada, R. 2005. Diversity of neotropical migratory landbird species assemblages in forest fragments and man–made vegetation in Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 14, pp.1719–1734.

Faria, D., Laps, R.R., Baumgarten, J. y Cetra, M. 2006. Bat and bird assemblages from forests and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic Forest of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 15, pp.587–612.

Faria, D. y Baumgarten, J. 2007. Shade cacao plantations (*Theobroma cacao*) and bat conservation in southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 16, pp.291–312.

Faria, D., Barradas Paciencia M.L., Dixo, M., Laps R.R. y Baumgarten J. 2007. Ferns, frogs, lizards, birds and bats in forest fragments and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic forest, Brazil. *Biodiversity Conservation* 16, pp.2335–2357.

Ferreira–Ojeda, L., Flores–D., E., y Sabogal–González, A. 2009. Arañas orbitelares de un bosque húmedo subtropical de la Sierra Nevada de Santa Marta (Magdalena, Colombia). *Caldasia*, 31, pp.81–91.

Finke, D.L. y Denno, R.F. 2002. Intraguild predation diminished in complex–structured vegetation: implications for prey suppression. *Ecology*, 83, pp.643–652.

Finke, D.L. y Denno, R.F. 2003. Intraguild predation relaxes natural enemy impacts on herbivore populations. *Ecological Entomology*, 28, pp.67–73.

Floren, A. y Deeleman–Reinhold,C. 2005. Diversity of arboreal spiders in primary and disturbed tropical forests. *Journal of Arachnology*, 33, pp.323–333.

Foelix, R.F. 1996. *Biology of Spiders*. 2nd edition. E.U.A.: Oxford University Press.

García J.L. y Montilla, R. 2005. Abundancia y diversidad de Scelionidae (Hymenoptera: Platygastroidea) en plantaciones de cacao del Estado Aragua, Venezuela. *Entomotropica*, 20, pp.239–248.

Gavish–Regev, E., Lubien, Y., y Coll, M. 2008. Migration patterns and functional groups of spiders in a desert agroecosystem. *Ecological Entomology*, 33, pp.202–212.

Giraldo, A., Pérez, D., y Arellano, G. 2004. Respuesta de la comunidad de arañas epigeas (Araneae) en la Lomas de Lachay, Perú, ante la ocurrencia del evento El Niño 1997–1998. *Ecología Aplicada*, 3, pp.45–58.

Gordon, C.E., McGill B., Ibarra–Núñez, G., Greenberg, R., y Perfecto, I. 2009. Simplification of a coffee foliage–dwelling beetle community under low–shade management.*Basic and Applied Ecology*, 10, pp.246–254.

Gotelli, N.J. y Colwell, R.K. 2001. Quantifiying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecological Letters*, 4, pp.379–391.

Gotelli, N.J. y Entsminger, G.L. 2001. *Ecosim: Null models software for ecology*. Versión 7.0. [Online]. Aquired Intelligence Inc. & Kesey–Bear. Disponible en: <http://garyentsminger.com/ecosim/index.htm> (Revisado: Octubre 2010).

Greenstone, M.H. 1984.Determinants of web spider species diversity: vegetation structural diversity vs. prey availability. *Oecologia*, 62, pp.299–304.

Guiracocha, G. 2000. *Conservación de la biodiversidad en los sistemas agroforestales cacaotales y bananeros, Talamanca, Costa Rica*. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Hammer, O., Harper, D.A.T. y Ryan, P.D. 2001. PAST: Palaeontological Statistic software package for education and data analysis. *Palaentologia Electronica*, 4, 1–9.

Harvey C.A., Gonzales J.G. y Somarriba E. 2006. Dung beetle and terrestrial mammal diversity in forests, indigenous agroforestry systems and plantain

monocultures in Talamanca, Costa Rica. *Biodiversity Conservation* 15, pp.555–585.

Harwood, J.D. y Obrycki, J.J. 2005. Web–construction behavior of linyphiid spiders (Araneae, Linyphiidae): competition and co–existence within a generalist predator guild. *Journal of Insect Behavior*, 18, pp.593–605.

Hatley, C. y MacMahon, J. 1980. Spider community organization: seasonal variation and the role of vegetation architecture. *Environmental Entomology*, 9, pp.632–639.

Hawkins, C.P. y MacMahon, J.A. 1989. Guilds: the multiple meanings of a concept. *Annual Review of Entomology*, 34, pp.423–51.

Höfer, H. y Brescovit, A.D. 2001. Species and guild structure of a Neotropical spider assemblage (Araneae) from reserve Ducke, Amazonas, Brazil. *Andrias*, 15, pp.99–119.

Hood, G.M. 2008. *PopTools version 3.0.6*. [Online]. Disponible en: <http://www.cse.csiro.au/poptools> (Revisado: Octubre 2010).

Hore, U. y Uniyal, V.P. 2008. Diversity and composition of spider assemblages in five vegetation types of the Terai Conservation Area, India. *Journal of Arachnology*, 36, pp.251–258.

Horton, D.R., Miliczky, E.R., Broers, D.A., Lewis, R.R., y Calkins, C.O. 2001. Numbers, diversity, and phenology of spiders (Araneae) overwintering in cardboard bands placed in pear and apple orchards of Central Washington. *Annals of the Entomological Society of America*, 94, pp.405–414.

Ibarra–Núñez, G., García–Ballinas, J.A., y Moreno, M.A.P. 1997. *Diferencia en la depredación por arañas tejedoras (Arachnida; Araneae) de redes en cafetales del Soconusco, Chiapas con diferentes sistemas de producción (Orgánico y*

Convencional). Memoria XXXII. Congreso Nacional de Entomología. Puebla. México.

Ibarra–Nuñez G. y García–Ballinas, J.A. 1998. Diversidad de tres familias de arañas tejedoras (Araneae: Araneidae, Tetragnathidae, Theridiidae) en cafetales del Soconusco, Chiapas, México. Folia Entomológica Mexicana, 102, pp.11–20.

Ibarra–Núñez G., Moreno Molina, E.B., Ruiz Colmenares, A., Trujillo Olivera, M., y. García Ballinas, J.A. 2004. *Las arañas tejedoras (Araneidae, Tetragnathidae, Theridiidae y Uloboridae) de una plantación de cacao en Chiapas, México*. En: Morales Moreno A., Ibarra González M., Rivera González A.P., Stanford Camargo S. (Eds). Entomología Mexicana. Vol. 3. Montecillo, Edo. de México: El Colegio de Postgraduados., p. 38–41.

International Cocoa Organization. 2010. ICCO *Annual Report 2009/2010*. [pdf]. Londres: International Cocoa Organization. Disponible en: <http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/1-annual-report.html>. (Revisado: Octubre 2011).

INEGI. 2006. Cuaderno Estadístico Municipal de Tapachula, Chiapas. México: INEGI.

Jaksic, F.M. y Medel, R.G. 1990. Objective recognition of guilds: testing for statistically significant species clusters. *Oecologia*, 82, pp.87–92.

Janetos, A.C. 1982a. Active foragers vs. sit–and–wait predators: a simple model. *Journal of Theoretical Biology*, 95, pp.881–385.

Janetos, A.C. 1982b. Foraging tactics of two guilds of web–spinning spiders. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 10, pp.19–27.

Jiménez–Valverde, A. y Lobo, J.M. 2006. Establishing reliable spider (Araneae, Araneidae and Thomisidae) assemblage sampling protocols: estimation of

species richness, seasonal coverage and contribution of juvenile data to species richness and composition. *Acta Oecologica*, 30, pp.21–32.

Klein, A M., Steffan–Dewenter, I., y Tscharntke, T. 2002. Predator–prey ratios on cocoa along a land–use gradient in Indonesia. *Biodiversity and Conservation*, 11, pp.683–693.

Landis, D.A., Wratten, S.D., y Gurr, G.M. 2000.Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45, pp.175–201.

Langelloto, G.A. y Denno, R.F. 2004. Responses of invertebrate natural enemies to complex–structured habitats: a meta–analytical synthesis. *Oecologia*, 139, pp.1–10

Leston, D. 1970. Entomology of the cocoa farm. *Annual Review of Entomology*, 15, pp.273–294.

Lubin, Y.D. 1978. Seasonal abundance and diversity of web–building spiders in relation to habitat structure on Barro Colorado Island, Panama. *Journal of Arachnology*, 6, pp.31–51.

Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. E.U.A.: Blackwell Publishing.

Manssour, F., Richman, D.B.,y Whitcomb, W.H. 1983. Spiders management in agroecosystems: habitat manipulation. *Environmental Management*, 7, pp.43–49.

Marc, P., Canard, M.P. y Ysnel, A. 1999. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication.*Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, pp.229–273.

Marín, L., León–Cortés, J.L. y Stefanescu, C. 2009. The effect of an aggro–pasture landscape on diversity and migration patterns of frugivorous butterflies in Chiapas, Mexico.*Biodiversity and Conservation*, 18, pp.919–934.

Marques, M.I., Adis, J., Brizzola dos Santos, G., y Battirola, L. D. 2006. Terrestrial arthropods from tree canopies in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 50, pp.257–267.

Maya–Morales, J., Ibarra–Núñez, G., Cortés, J.L. e Infante, F. 2012. Understory spider diversity in two remnants of Tropical Montane Cloud Forest in Chiapas, Mexico. *Journal of Insect Conservation*, 16, pp.25–38.

McCune, B. y Grace, J.B. 2002. *Analysis of Ecological Communities*.Oregon, E.U.A.: MjM Software Design.

Minitab. 2006. *Minitab® Versión 15.1.0.0.*Minitab Inc.

Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, España: M&T–Manuales y Tesis SEA.

Muñoz, D., Estrada. A., Naranjo, E., y Ochoa, S. 2006. Foraging ecology of howler monkeys in a cacao (*Theobroma cacao*) plantation in Comalcalco, Mexico. *American Journal of Primatology*, 68, pp.127–142.

Okuyama, T. 2002. The role of antipredator behavior in an experimental community of jumping spiders with intraguild predation. *Population Ecology*, 44, pp.121–125.

Pérez–De la Cruz, M., Sánchez–Soto, S., Ortíz–García, C.F., Zapata–Mata, R., y De la Cruz–Pérez, A. 2007. Diversidad de insectos capturados por arañas tejedoras (Arachnida: Araneae) en el agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Neotropical Entomology*, 36, pp.9–10.

Philpott, S., y Armbrecht, I. 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology*, 31, pp.369–377.

Pinkus–Rendón, M.A., Ibarra–Núñez, G., Parra–Tabla, V., García–Ballinas, J.A., y Hénaut, Y. 2006. Spider diversity in coffe plantations with different management in southeast Mexico. *Journal of Arachnology*, 34, pp.104–112.

Platnick, N.I. 2013. *The World Spider Catalog, Versión 13.5.* [Online] American Museum of Natural History. Disponible en: <http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/index.html> (Revisado: Enero 2010).

Rasband, W. 2008. *ImageJ 1.6.0.* [Online]. E.U.A.: National Institutes of Health, Disponible en: <http://rsb.info.nih.gov/ij.>(Revisado: Octubre 2010).

Reitsma, R., Parrish, J.D., y McLarney, W. 2001. The role of cacao plantations in maintaining forest avian diversity in southeastern Costa Rica. *Agroforestry Systems*, 53, pp.185–193.

Rice, R.A. y Greenberg, R. 2000. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *AMBIO*, 29, pp.167–173.

Riechert, S.E. 1999. The hows and whys of successful pest suppression by spiders: Insights from case studies. *Journal of Arachnology*, 27, pp.387–396.

Riechert, S.E. y Bishop, L. 1990. Prey control by an assemblage of generalist predators in a garden test system. *Ecology*, 71, 1441–1450.

Riechert, S.E. y Lockley, T. 1984. Spiders as biological control agents. *Annual Review of Entomology*, 29, pp.299–320.

Rinaldi, I.M.P. y Trinca, L.A. 2008. Spider assemblages in widely–separated patches of cerrado in São Paulo State, Brazil. *Acta Biologica Paranaense*, 37, pp.165–180.

Robinson, M.H., Lubin, Y.D. y Robinson B. 1974. Phenology, natural history and species diversity of web–building spiders on three transects at Wau, New Guinea. *Pacific Insects*, 16, pp.117–164.

Rubio, G.D., Corronca J.A. y Damborsky M.P. 2008. Do spider diversity and assemblages change in different contiguous habitats? A case study in the protected habitats of the Humid Chaco ecoregion, north–east Argentina. Environmental Entomology, 37, pp.419–430.

Ruiz, C.A. 2004. *Diversidad de arañas de suelo en una plantación de cacao*, Mpio. de Tuxtla Chico, Soconusco, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Escuela de Biología.

Rypstra, A.L., Carter, P.E., Balfour, R.A., y Marshall, S.D. 1999. Architectural features of agricultural habitats and their impact on the spider inhabitants. *Journal of Arachnology*, 27, pp.371–377.

SAGARPA. 2004. *Plan Rector del Sistema Productor Cacao*. México: Gobierno del Estado de Chiapas.

Salgado–Mora, M.G., Ibarra–Núñez, G., y Macías–Sámano, J.E. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco. *Interciencia*, 32, pp.763–768.

Sánchez Mora, F.D., y Garcés Fiallos, F.R. 2012. *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans *et al*. en el cultivo de cacao. *Scientia Agropecuaria*, 3, pp.249-258.

Sheenan, W. 1986. Response by specialist and generalist natural enemies to agroecosystem diversification: a selective review. *Environmental Entomology*, 15, pp.456–461.

Silva, D. 1996.Species composition and community structure of Peruvian rainforest spiders: A case study from a seasonally inundated forest along the Samiria river. *Revue Suisse de Zoologie*. Vol. hors Série, pp.597–610.

Sørensen, L.L. 2004. Composition and diversity of the spider fauna in the canopy of a montane forest in Tanzania. *Biodiversity and Conservation*, 13, pp.437–452.

Sørensen, L.L., Coddington, J.A. y Scharff, N. 2002. Inventorying and estimating subcanopy spider diversity using semiquantitative sampling methods in an Afromontane Forest. *Environmental Entomology*, 31, pp.319–330.

Steffan–Dewenter, I., Kessler, M., Barkmann, J., Bos, M.M., Buchori, D., Erasmi, S., Faust, H., Gerold, G., Glenck, K., Grandstein, S.R., Guhardja, E., Harteveld, M., Hertel, D., Höhn, P., Kappas, M., Köhler, S., Leuschner, C., Maertens, M., Marggraf, R., Migge–Kleian, S., Mogea, J., Pitopang, R., Schaefer, M., Schwarze, S., Sport, S.G., Steingrebe, A., Tjitrosoedirdjo, S.S., Tjitrosoemito, S., Twele, A., Weber, R., Woltmann, L., Zeller, M., y Tscharntke, T. 2007. Tradeoffs between income, biodiversity, and ecosystem functioning during tropical rainforest conversion and agroforestry intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A*., 104, pp.4973–4978.

Stenchly, K., Clough, Y., Buchori D., y Tscharntke, T. 2011. Spider web guilds in cacao agroforestry – comparing tree, plot and landscape–scale management. *Diversity and Distributions*, 17, pp.748–756.

Suatunce J.C. 2002. *Diversidad de escarabajos estercoleros en bosques y en cacaotales de diferente estructura y composición florística, Talamanca, Costa Rica*. Tesis de Maestría. CATIE.

Sunderland, K.D., y Greenstone, M.H. 1999. Summary and future directions for research on spider in agroecosystems. *Journal of Arachnology*, 27, pp.397–400.

Symondson, W.O.C., Sunderland K.D., y Greenstone, M.H. 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review of Entomology*, 47, pp.561–594.

Tanaka K. 1989. Energetic cost of web construction and its effect on web relocation in the web–building spider Agelena limbata. *Oecologia*, 81, pp.459–464.

Trujillo O., M. 2002. *Diversidad de arañas tejedoras y su influencia sobre los insectos asociados al cultivo de cacao*. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur.

Tsai, Z.–I., Huang, P.–S., y Tso, I.–M. 2006.Habitat management by aboriginals promotes high spider diversity on an Asian tropical island. *Ecography*, 29, pp.84– 94.

Turner, M. y Polis, G.A. 1979. Patterns of co–existence in a guild of raptorial spiders. *Journal of Animal Ecology*, 48, pp.509–520.

Ubick, D., Paquin, P., Cushing, P. E., y Roth, V. 2005. *Spiders of North America. An identification manual.* E.U.A.: American Arachnological Society.

Uetz, G.W., Halaj, J., y Caddy, A.B. 1999. Guild structure of spiders in major crops. *Journal of Arachnology*, 27, pp.270–280.

Van Bael, S.A., Bichier, P., y Greenberg, R. 2007. Bird predation on insects reduces damage to the foliage of cocoa trees (*Theobroma cacao*) in western Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 23, pp.715–719.

Vaughan, C., Ramírez, O., Herrera, G., y Guries, R. 2007. Spatial ecology and conservation of two sloth species in a cacao landscape in Limón, Costa Rica. *Biodiversity and Conservation*, 16, pp.2293–2310.

Young, O.P., y Edwards, G.B. 1990. Spiders in United States and their potential effect on crop pests. *Journal of Arachnology*, 18, pp.1–27.

Zehnder, G., Gurr, G.M., Kühne, S., Wade, M.R., Wratten, S.D., y Wyss, E. 2007. Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology*, 52, pp.57–80.

ANEXO. ARTÍCULO SOMETIDO (PUBLICADO)

Disponible en www.sciencedirect.com

Revista Mexicana de Biodiversidad

Revista Mexicana de Biodiversidad 86 (2015) 143-152

Instituto de Biología UNAM

www.ib.unam.mx/revista/

Ecología

Arañas arborícolas de cacaotales con diferente tipo de manejo en Chiapas, México

Arboreal spiders from cocoa plantations with different management type in Chiapas, Mexico

César Raziel Lucio-Palacio[a,b] y Guillermo Ibarra-Núñez[a,*]

[a] *El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Tapachula, Carretera Antiguo Aeropuerto km 2.5, 30700 Tapachula, Chiapas, México*

[b] *Carmen Serdán 2 Int. 2, Col. Loma del Xáchil, 91570 Coatepec, Veracruz, México*

Recibido el 9 de agosto de 2013; aceptado el 21 de marzo de 2014

Resumen

Se estudiaron la diversidad y la estacionalidad de las arañas arborícolas de 2 cacaotales con diferente manejo agronómico en Chiapas, México, mediante recolectas directas sobre árboles seleccionados al azar. Los especímenes recolectados (8,394) representan 28 familias, 66 géneros y 89 morfoespecies, de las cuales 57 se identificaron a nivel de especie. El inventario incluye 1 especie nueva; 1 género y 9 especies como registros nuevos para México; 1 género y 4 especies como registros nuevos para Chiapas. La integridad (completeness) de todos los muestreos rebasó el 89% de las especies estimadas (Chao1). La mayor riqueza de especies correspondió al sitio con manejo tradicional en la época seca y al sitio con manejo tecnificado en la época de lluvias y para todo el periodo de muestreos. Este último sitio tuvo los valores más altos de heterogeneidad (índice de Shannon) en todos los muestreos, pero su equitabilidad y riqueza difirieron entre los sitios en cada época. La similitud cualitativa (índice de Chao-Sorensen) entre los 2 sitios fue muy elevada (> 0.9), pero los análisis de conglomerados revelaron una marcada separación entre los sitos. La similitud cuantitativa (índice de Bray-Curtis) fue solo moderada y sin una clara separación entre los sitos.
Derechos Reservados © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.

Palabras clave: Araneae; Cacao; Riqueza de especies; Diversidad; Nuevos registros

Abstract

Diversity and temporal variation of arboreal spiders were studied in 2 cocoa plantations with different agronomic management in Chiapas, Mexico. Sampling was made by direct visual collecting on cocoa trees randomly selected. The collected specimens (8 394) represent 28 families, 66 genera and 89 morphospecies, with 57 of these identified to species. The inventory includes 1 new species, 1 genus and 9 species are new records for Mexico, and 1 genus and 4 species are new records for the state of Chiapas. All samplings had a completeness value above 89% of the estimated species (Chao1). In the dry season, the site with traditional management had higher species richness, while in the rainy season and for the whole sampling period the site with modernized management had higher species richness. This site had the higher values of diversity (Shannon index) for all samplings, but its evenness and species richness components differ between sites in each season. Although qualitative similarity (Chao-Sorensen index) was very high between sites (> 0.9), cluster analyses showed a clear division between sites, while quantitative similarity (Bray-Curtis index) was only modest and without a clear division between sites.
All Rights Reserved © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

Keywords: Araneae; Cocoa; Species richness; Diversity; New records

* Autor para correspondencia.
Correo electrónico: gibarra@ecosur.mx (G. Ibarra-Núñez).

http://dx.doi.org/10.7550/rmb.41027
1870-3453/Derechos Reservados © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L., Magnoliophyta: Malvacea) es un árbol originario de Sudamérica, cultivado en Mesoamérica desde épocas prehispánicas y que actualmente también se cultiva en África Occidental y Asia. Es un cultivo perenne de zonas tropicales de gran importancia para la generación de productos y servicios ambientales (Rice y Greenberg, 2000). Los cacaotales tienen una complejidad estructural elevada, debido a prácticas de cultivo y a la presencia de relictos de vegetación original arbórea y de otros árboles nativos y exóticos usados a manera de sombreado para el cultivo (Salgado-Mora, Ibarra-Núñez y Macías-Sámano, 2007). Existe evidencia de que los cacaotales tienen funciones similares a los bosques húmedos tropicales a los que han sustituido después del cambio de uso de suelo (Rice y Greenberg, 2000). Las características agroecológicas de los cacaotales exhiben un gradiente de intensidad de manejo en el que es posible distinguir cacaotales con manejo tecnificado, orgánico, tradicional, y prácticamente abandonados (Rice y Greenberg, 2000). La complejidad ecológica y de manejo de las plantaciones de cacao han propiciado el interés por conocer la diversidad biológica de la flora y fauna asociada, y los fenómenos ecológicos que regulan la distribución y abundancia de los taxones asociados a estos agroecosistemas (Faria, Barradas-Paciencia, Dixo, Laps y Baumgarten, 2007).

Las arañas (Arachnida, Araneae) son importantes por su acción depredadora y antagonista de insectos fitófagos en los cultivos (Maloney, Drummond y Alford, 2003; Riechert y Bishop, 1990; Sunderland, 1999). A pesar de ser reconocidas como enemigas naturales de las plagas, hay pocos estudios enfocados en conocer la riqueza y/o la ecología de este grupo en los cacaotales de otras regiones del mundo (Korinus, 2007; Stenchly, Clough, Buchori y Tscharntke, 2011). En México, la riqueza y diversidad de arañas de cacaotales ha sido estudiada por Ibarra-Núñez, Moreno-Molina, Ruiz-Colmenares, Trujillo-Olivera y García-Ballinas (2004); Moreno-Mendoza, Ibarra-Núñez, Chamé-Vázquez y Valle-Mora (2012); Moreno-Molina, Ibarra-Núñez y García-Ballinas (2001); Pérez-De la Cruz y De la Cruz-Pérez (2003); Pérez-De la Cruz, Sánchez-Soto, Ortiz-García, Zapata-Mata y De la Cruz-Pérez (2007) y Trujillo-Olivera (2002), quienes se enfocaron en la riqueza de especies de arañas tejedoras y su actividad depredadora sobre poblaciones de insectos fitófagos, y por Ruiz-Colmenares (2004) y Ruiz-Colmenares, Ibarra-Núñez y García-Ballinas (2001) para las arañas del suelo de un cacaotal de Chiapas. Debido al énfasis puesto en conocer a los grupos de arañas tejedoras, solo algunos estudios abarcan parcialmente a los grupos de arañas errantes en cacaotales (Moreno-Molina et al., 2001; Ruiz-Colmenares, 2004; Ruiz-Colmenares et al., 2001).

Los objetivos de este trabajo fueron determinar y analizar las diferencias en composición, riqueza de especies y diversidad, así como su correspondiente variación estacional de los ensambles de arañas arborícolas de 2 cacaotales con diferente tipo de manejo agronómico (tradicional y tecnificado), ubicados en la región del Soconusco, en Chiapas, México.

Materiales y métodos

Área de estudio

Los sitios de estudio se ubican en la región del Soconusco, Chiapas, donde el clima corresponde al tipo Aw(w)ig, cálido húmedo tropical con lluvias en verano (Inegi, 2006), su temperatura media anual es de 26.8 °C, el promedio máximo mensual es de 36.4 °C, el promedio mínimo mensual es de 20 °C y la precipitación media anual es de 2 201 mm (Baumann, 1999). El tipo de suelo es andosol fluvisol y la vegetación original era selva mediana perennifolia, aunque actualmente el uso de la tierra es agrícola de temporal (Inegi, 2006). Los sitios están separados entre sí por 17 km, y difieren en el tipo de manejo agronómico. El Rancho San Antonio (municipio de Huehuetán, 14°59'53.82" N, 92°26'25.23" O, 50 m de altitud), con manejo tecnificado: con canales de riego para reducir el déficit de agua durante los meses secos; podas periódicas (anuales) a los árboles de cacao, para mantener su altura reducida entre 3 y 4 m, con el fin de facilitar la cosecha de frutos; y aplicación de algunos agroquímicos para el control de enfermedades y plagas, además de cal como agente desinfectante al momento de realizar las podas. El segundo sitio forma parte del ejido Hidalgo (municipio de Tapachula, 14°48'55.07" N, 92°21'11.13" O, 30 m de altitud), con manejo tradicional: sin canales de riego, podas irregulares y sin aplicación de agroquímicos, ni de cal (fig. 1).

Trabajo de campo

Las recolectas se llevaron a cabo en febrero, marzo y abril (época seca) y julio, agosto y septiembre (época de lluvias) de 2008. Entre esos 2 periodos se presenta una fuerte variación de las lluvias, ya que de febrero a abril hay un promedio histórico de precipitación de 126.8 mm (para el conjunto de esos 3 meses), y de julio a septiembre el promedio histórico de precipitación es de 1 102.5 mm (para el conjunto de esos 3 meses), mientras que los promedios históricos de las temperaturas medias mensuales varían solo entre los 26.4 y los 28.6 °C a lo largo del año (Inegi, 2006). En cada una de las localidades se delimi-

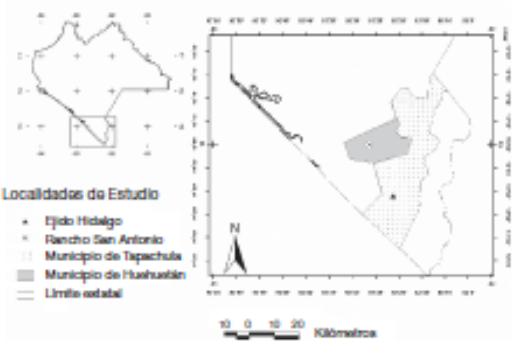

Figura 1. Localización de los sitios de estudio en la región del Soconusco, Chiapas, México. Ejido Hidalgo: sitio tradicional; Rancho San Antonio: sitio tecnificado.

taron 3 parcelas contiguas de 50×50 m. Dentro de las parcelas se consideraron todos los árboles de cacao con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 5 cm, marcándolos con una cinta plástica y asignándoles una clave única con numeración consecutiva para cada sitio, no por parcela. La muestra de estudio original incluyó 48 árboles por sitio (seleccionados al azar mediante el método de "muestreo aleatorio simple" de PopTools 3.0.6; Hood, 2008), pero debido a alteraciones de los árboles por el manejo agronómico, la muestra se redujo a 43 árboles por sitio, 22 en la temporada seca y 21 en lluvias, con diferente número de árboles en cada parcela. Para las arañas se empleó el método de recolecta directa, que consiste en la localización visual de las arañas en el tronco, las ramas, el follaje y la hojarasca acumulada entre las ramas del cacao, a partir de 1 m sobre el nivel del suelo hasta la altura de la copa de cada árbol (con la ayuda de una escalera). Los muestreos fueron realizados en cada ocasión por 2 personas. Como apoyo de la búsqueda visual, se usó un atomizador para asperjar agua sobre las áreas donde las arañas tejedoras ubican normalmente sus redes, con objeto de hacer a estas más visibles y facilitar su localización. Las arañas capturadas se depositaron en frascos con etanol al 75%, con sus respectivos datos de colecta.

Identificación

Para la identificación de las especies se usaron las claves taxonómicas de Ubick, Paquin, Cushing y Roth (2005), así como otras de literatura especializada, y también se compararon con ejemplares de la Colección de Arácnidos de la Unidad Tapachula (ECOTAAR) de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Siempre que fue posible, los juveniles se asignaron a una especie por comparación con ejemplares de la colección de referencia y/o por características morfológicas somáticas en común con los organismos adultos recolectados. Las arañas que no pudieron ser identificadas a nivel de especie, por ser juveniles o por no corresponder con ninguna de las especies descritas en la literatura taxonómica, fueron asignadas a morfoespecies. Los ejemplares recolectados quedaron depositados en la ECOTAAR de ECOSUR. La recolecta de las arañas se realizó al amparo de la autorización de colecta científica (oficio núm. SGPA/DGVS/03022/08) otorgada por la Dirección General de Vida Silvestre; Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Análisis de datos

Se emplearon los estimadores de riqueza no paramétricos ACE y Chao1, calculados con el programa EstimatesS, versión 9.1 (Colwell, 2013) con 100 aleatorizaciones para evaluar la integridad de los inventarios (completeness *sensu* Sorensen, Coddington y Scharff, 2002), es decir, el porcentaje de especies encontradas con relación al número de especies pronosticadas por los estimadores, por sitio, época y en conjunto. Se usó el programa Ecosim 7 (Gotelli y Entsminger, 2001) para construir curvas de rarefacción basadas en ejemplares, por sitio y época, para hacer comparaciones de la riqueza ponderadas por el esfuerzo de muestreo (número de individuos). Las curvas se hicieron con 1,000 aleatorizaciones y la comparación fue con intervalos de confianza a 95%. Se calculó la diversidad (heterogeneidad) de los ensambles mediante el índice de Shannon (H') (Moreno, 2001), y se aplicó la prueba t modificada por Hutcheson para determinar la significancia de las diferencias entre los valores de H' obtenidos (Magurran, 1988). Los valores de H' se analizaron para separar los valores correspondientes a sus 2 componentes: riqueza (ln S) y equitabilidad (ln E, donde $E = e^{H'}/S$) (Magurran, 2004), con objeto de determinar su variación tanto entre sitios como entre temporadas. Para estimar la diversidad beta, entre transectos y entre sitios, por cada época y para la totalidad de los datos, sin hacer distinción de época, se emplearon 2 coeficientes de similitud: uno basado en incidencia (Chao basado en Sorensen) y el otro basado en abundancia (Bray-Curtis o Sorensen cuantitativo). Ambos coeficientes fueron calculados mediante el programa EstimateS y los valores resultantes se emplearon para determinar las similitudes entre los transectos, por época y sitio, mediante un análisis de conglomerados en el programa PAST, versión 2.17 (Hammer, Harper y Ryan, 2001).

Resultados

Se recolectaron 8 394 arañas, pertenecientes a 28 familias, 66 géneros y 89 morfoespecies, de las cuales 57 fueron identificadas plenamente, más 1 especie que corresponde a un nuevo taxón para la ciencia (*Gertschosa* sp.). Las familias con mayor riqueza específica para el conjunto de datos fueron Theridiidae (17 especies), Araneidae (11), Salticidae (11), Anyphaenidae (7), Uloboridae (6) y Tetragnathidae (5). En total, se encontraron 79 especies en el sitio tecnificado y 76 en el tradicional. En el sitio tecnificado las familias con mayor riqueza de especies fueron Theridiidae (15 especies), Salticidae (11) Araneidae (10), Anyphaenidae (7) y Uloboridae (6). En el sitio tradicional las familias con mayor riqueza fueron Theridiidae (16 especies), Araneidae y Anyphaenidae (7 especies cada una), Salticidae y Uloboridae (6 especies cada una). En la época de secas se registraron 63 especies en el sitio tecnificado y 65 en el sitio tradicional, mientras que en la época de lluvias, el tecnificado presentó 71 y el tradicional 62 (Anexo). Para el conjunto de datos las especies más abundantes fueron, en orden descendente, *Uloborus segregatus*, *Ariston albicans*, *Uloborus campestratus* (Uloboridae), *Leucauge venusta* (Tetragnathidae), *Lyssomanes jemineus* (Salticidae), *Metagonia asintal* (Pholcidae), *Philoponella signatella* (Uloboridae), *Chrysso cambridgei*, *Tidarren sisyphoides* (Theridiidae) y *Leucauge argyra* (Tetragnathidae). Para el sitio tecnificado las especies más abundantes fueron *U. segregatus*, *A. albicans*, *L. venusta*, *U. campestratus*, *L. jemineus* y *L. argyra*; mientras que para el sitio tradicional las especies más abundantes fueron *U. segregatus*, *A. albicans*, *U. campestratus*, *C. cambridgei* y *M. asintal*.

Integridad de los inventarios. Los porcentajes de integridad de los 2 estimadores empleados indican que los inventarios fueron bastante completos, con más de 90% en todos los casos, excepto para el sitio tecnificado en la época de lluvias. Las curvas de acumulación de especies mostraron una eficiencia de recolecta similar entre los 2 sitios durante la época de secas

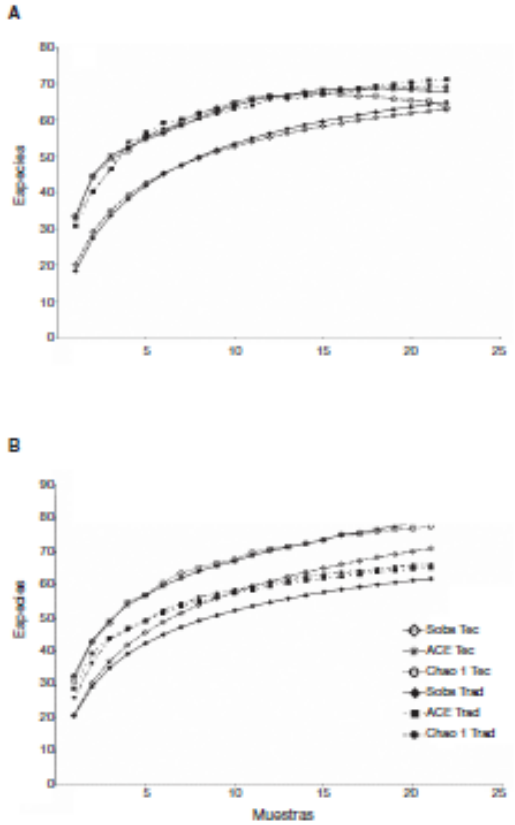

Figura 2. Curvas de acumulación de especies, basadas en la muestras de cada sitio y época. Las curvas corresponden a los valores de las especies observadas (Sobs) y a los de los estimadores Chao1 y ACE. Tec: tecnificado; Trad: tradicional. A: secas; B: lluvias.

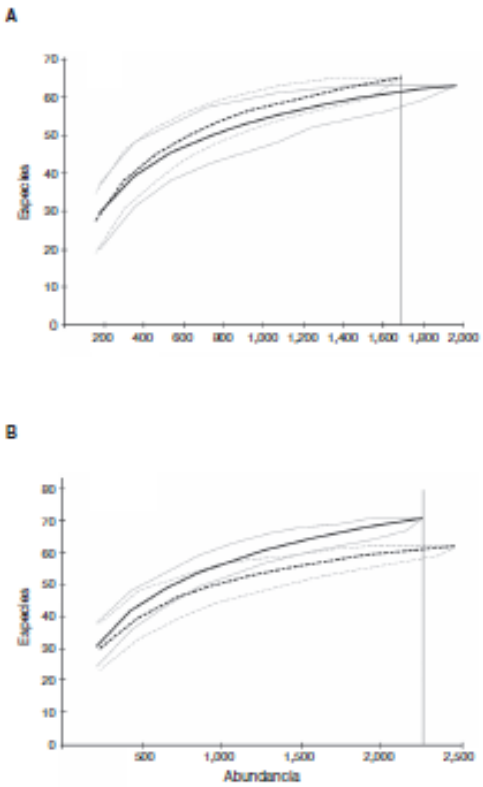

Figura 4. Curvas de rarefacción del número de individuos de cada sitio y época, con sus correspondientes intervalos de confianza de 95%. Líneas continuas: tecnificado; líneas discontinuas: tradicional. A: secas; B: lluvias.

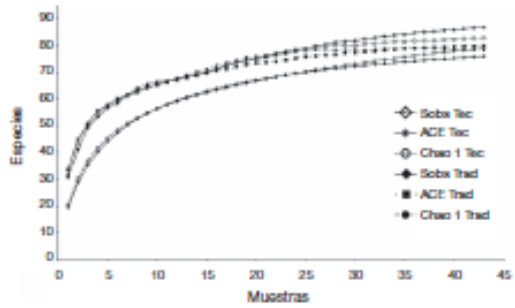

Figura 3. Curvas de acumulación de especies, basadas en el conjunto de muestras de los 2 periodos de estudio de cada sitio. Se incluyen los valores de las especies observadas (Sobs) y los de los estimadores Chao1 y ACE. Tec: tecnificado; Trad: tradicional.

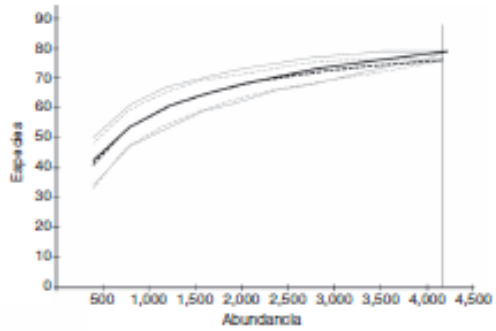

Figura 5. Curvas de rarefacción del número de individuos del conjunto de muestras de los 2 periodos de estudio de cada sitio, con sus correspondientes intervalos de confianza de 95%. Líneas continuas: tecnificado; líneas discontinuas: tradicional.

(fig. 2A), con 92.2% (ACE) y 96.4% (Chao I) en el sitio tecnificado, así como de 91.1% (ACE) y 93.5% (Chao 1) en el sitio tradicional. Durante la época de lluvias (fig. 2B) la eficiencia fue de 89.7% (ACE) y 89.9% (ChaoI) en el sitio tecnificado y de 95.2% (ACE) y 92.2% (ChaoI) en el sitio tradicional. De manera global (fig. 3), la integridad del inventario del sitio tecnificado fue de 90.98% (ACE) y 95.47% (ChaoI), mientras que la del sitio tradicional fue de 95.12% (ACE) y 97.03% (ChaoI).

Riqueza de especies

En las curvas de rarefacción para cada temporada (figs. 4A y 4B) al igual que para el conjunto de los datos (fig. 5), los intervalos de confianza no se intersectaron en el punto correspondiente al sitio con menor abundancia (línea vertical), evidenciando diferencias en la riqueza, pero en sentido opuesto según la época, con una notable mayor riqueza para el sitio tecnificado en la época de lluvias y para el conjunto de datos, y una ligera mayor riqueza para el sitio tradicional solamente en la época de secas.

Heterogeneidad

En todos los casos los valores del índice de Shannon fueron mayores para el sitio tecnificado y los resultados de la comparación entre sitios mediante la prueba t de Hutcheson (tabla 1) indican que el sitio tecnificado fue significativamente más heterogéneo que el tradicional. Al disgregar los 2 componentes de la heterogeneidad (tabla 1), se observa que en la época de secas el componente de riqueza (ln S) fue mayor para el sitio tradicional que para el tecnificado, en cambio el componente de equitabilidad (E y ln E) fue más alto en el sitio tecnificado. En la época de lluvias tanto el componente de riqueza como el de equitabilidad fueron más altos para el sitio tecnificado, y la misma relación se observa para el conjunto de los muestreos (tabla 1).

Diversidad beta

Todos los valores de los índices de similitud de Chao-Sorensen entre parcelas de ambos sitios y épocas fueron superiores al 0.90 (tabla 2A), mientras que de los valores de los índices de similitud de Bray-Curtis el más alto fue 0.773 y la mayoría fue menor a 0.65. Los análisis de conglomerado de los valores del índice de similitud de Chao-Sorensen por parcela y época (tabla 2A; figs. 6CS y 6CL) muestran una tendencia de separación entre las parcelas de cada sitio para cada época, aunque con la inclusión de una parcela del sitio tradicional, diferente en cada época, con las parcelas del sitio tecnificado. Al agrupar los datos de las 2 épocas para cada parcela, los 2 sitios se separaron claramente (tabla 3; fig. 6CT). Por su parte, los análisis de conglomerado de los valores del índice de Bray-Curtis por parcela y época (tabla 2B; fig. 7BS) indican una clara separación entre los 2 sitios en la época de secas; sin embargo, en la época de lluvias (fig. 7BL) y para el conjunto de los muestreos (tabla 3; fig. 7BT), las 3 parcelas del sitio tradicional formaron un grupo que incluye además, a la parcela 3 del sitio tecnificado.

Tabla 1
Valores del índice de Shannon (H') y su desagregación en riqueza (ln S) y equitabilidad (ln E) por sitio y época, con los valores de las comparaciones entre sitios mediante la prueba t de Hutcheson (gl: grados de libertad; * $p < 0.001$)

Sitio / Época	Secas	Lluvias	Total
Tecnificado H'	3.07	3.00	3.14
Tecnificado ln S	4.143	4.263	4.369
Tecnificado E	0.343	0.284	0.291
Tecnificado ln E	–1.070	–1.258	–1.234
Tradicional H'	2.89	2.85	2.95
Tradicional ln S	4.174	4.127	4.331
Tradicional E	0.277	0.279	0.252
Tradicional ln E	–1.284	–1.275	–1.378
t de Hutcheson	4.034	3.850	6.171
	(gl 3 311)*	(gl 4 726)*	(gl 8 289)*

Tabla 2
Valores del índice de similitud de Chao-Sorensen (2A) y de Bray-Curtis (2B), por parcela (P1 a P3) de cada sitio (TE: sitio tecnificado, TR: sitio tradicional) y por época. Los valores por arriba de la diagonal (indicada con XX) corresponden a la época de secas y por debajo de la diagonal a la época de lluvias

	TE-P1	TE-P2	TE-P3	TR-P1	TR-P2	TR-P3
2A						
TE-P1	XX	0.978	1	0.954	1	0.955
TE-P2	0.997	XX	0.984	0.954	0.980	0.937
TE-P3	0.976	0.993	XX	0.989	0.994	0.982
TR-P1	0.990	1	0.947	XX	0.980	1
TR-P2	0.932	0.994	0.939	0.987	XX	1
TR-P3	0.933	0.970	0.930	0.986	0.982	XX
2B						
TE-P1	XX	0.635	0.660	0.550	0.538	0.497
TE-P2	0.610	XX	0.773	0.631	0.612	0.534
TE-P3	0.558	0.404	XX	0.570	0.576	0.573
TR-P1	0.625	0.554	0.625	XX	0.673	0.663
TR-P2	0.567	0.503	0.599	0.726	XX	0.677
TR-P3	0.485	0.442	0.629	0.754	0.684	XX

Discusión

Las familias Theridiidae, Araneidae, Salticidae y Anyphaenidae sobresalieron en ambos sitios de estudio por su riqueza de especies, lo cual es similar a lo encontrado en el dosel de árboles de otros estudios efectuados con arañas en regiones tropicales (Álvares, Machado y Acevedo, 2004; Flores, 1999; Ibarra-Núñez, Maya-Morales y Chamé-Vázquez, 2011; Russell-Smith y Stork, 1995; Sorensen, 2004). Esto también concuerda parcialmente con un estudio sobre las 4 principales familias de arañas tejedoras en árboles de cacao en la región del Soconusco, donde Theridiidae y Araneidae son las 2 familias con mayor riqueza de especies (Ibarra-Núñez et al., 2004), y con otro estudio en Tabasco, donde las familias Salticidae, Araneidae y Theridiidae son las de mayor riqueza de especies en un cacaotal (Pérez-De la Cruz y De la Cruz-Pérez, 2003).

Los resultados de este trabajo incrementan el número de taxones de arañas registrados en México y en el estado de Chiapas, además de presentar los primeros registros de diversas especies de arañas errantes arborícolas para cacaotales de México. Entre los taxones determinados se detectaron 1 género y 9 especies como nuevos registros para el país y 1 género y 4 especies como nuevos registros para el estado de Chiapas (Anexo).

Para México, se registra por primera vez al género *Pippuhana* (Anyphaenidae) (registrado previamente en EUA, Panamá y

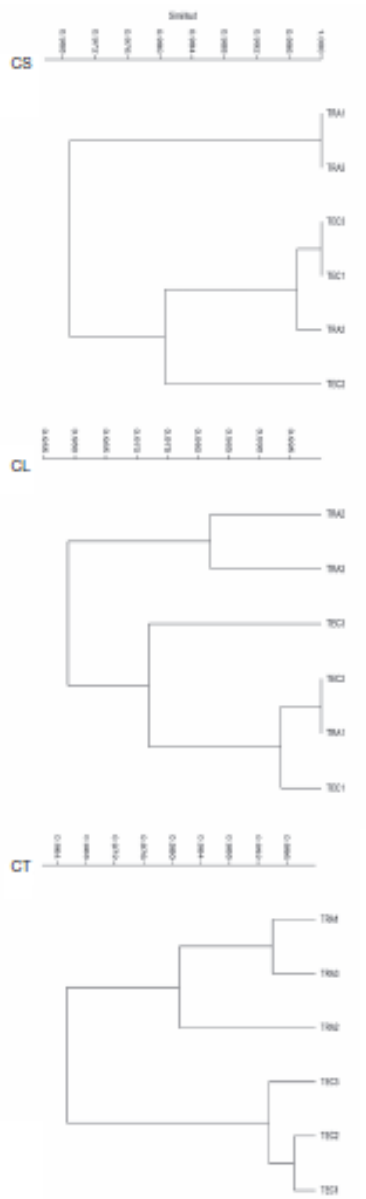

Figura 6. Análisis de conglomerados de los valores de similitud cualitativa (índice de Chao-Sorensen) entre las parcelas de ambos sitios para cada época y para el conjunto. CS, similitud para la época de secas; CL, para la época de lluvias; CT, para el conjunto de las 2 épocas.

Brasil; Brescovit, 1997) y a las especies *Hamataliwa circularis* (Kraus, 1955) (Oxyopidae) (en El Salvador; Brady, 1970), *Castianeira dentata* Chickering, 1937 (Corinnidae) (en Panamá; Reiskind, 1969), *Nops largus* Chickering, 1967 (Caponiidae) (en Panamá; Chickering, 1967) y cuya presencia en el país había

Tabla 3
Valores del índice de similitud de Chao-Sorensen (por arriba de la diagonal, indicada con XX) y de Bray-Curtis (por debajo de la diagonal), por parcela (P1 a P3) de cada sitio (TE: sitio tecnificado; TR: sitio tradicional) para el conjunto de las 2 épocas

Parcelas	TE-P1	TE-P2	TE-P3	TR-P1	TR-P2	TR-P3
TE-P1	XX	0.997	0.991	0.965	0.972	0.957
TE-P2	0.728	XX	0.996	0.971	0.971	0.954
TE-P3	0.610	0.617	XX	0.965	0.967	0.966
TR-P1	0.624	0.625	0.632	XX	0.982	0.994
TR-P2	0.585	0.622	0.606	0.749	XX	0.980
TR-P3	0.509	0.532	0.695	0.748	0.715	XX

sido supuesta a partir de ejemplares juveniles (Medina-Soriano, 2005), 4 especies del género *Wulfila*: *W. innoxius* Chickering, 1940, *W. modestus* Chickering, 1937, *W. sublestus* Chickering, 1940 y *W. tantillus* Chickering, 1940 (Anyphaenidae) (en Panamá; Platnick, 2013), *Trachelas spinulatus* F. O. P. Cambridge, 1899 (Corinnidae) (en Guatemala, Nicaragua y El Salvador; Platnick y Shadab, 1974) y *Dipoena atlantica* Chickering, 1943 (Theridiidae) (de Panamá hasta Paraguay; Platnick, 2013).

Como nuevos registros de arañas para el estado de Chiapas se detectaron *Myrmecotipus fuliginosus* O. P Cambridge, 1894 (Corinnidae) (previamente en Tabasco; Resikind, 1969), *Thallumetus octomaculellus* (Gertsch y Davis, 1937) (Dictynidae) (en San Luis Potosí; Gertsch y Davis, 1937). *Apollophanes longipes* (O. P. Cambridge, 1896) (Philodromidae) (en Guerrero; Dondale y Redner, 1975) y *Goeldia tizamina* (Chamberlin e Ivie, 1938) (Titanoecidae) (en Yucatán; Reddell, 1971). Del género *Gertschosa* (Gnaphosidae) se han descrito 4 especies, 2 para México, pero ninguna de Chiapas (Platnick y Shadab, 1981). Los organismos adultos recolectados y determinados de este género no corresponden a ninguna de las 4 especies descritas, por lo que seguramente representan una especie nueva para la ciencia.

Respecto a las especies más abundantes de cada sitio, resalta el que las especies del género *Leucauge* ocupen el tercero (*L. venusta*) y el quinto (*L. argyra*) lugares de abundancia en el sitio tecnificado, mientras que en el sitio tradicional estas 2 especies son mucho menos abundantes, ocupando, respectivamente, los sitios 12 y 18. Ambas especies tienen una amplia distribución en el continente americano y se pueden considerar como oportunistas por ser abundante en áreas naturales perturbadas, así como en varios cultivos (Dimitrov y Hormiga, 2010; Hénaut, Pablo, Ibarra-Núñez y Williams, 2001; Ibarra-Núñez y García-Ballinas, 1998; Ibarra-Núñez et al., 2004). La relativa mayor abundancia de estas especies en el sitio tecnificado pudiera estar relacionada con la mayor intensidad de manejo agronómico en ese sitio.

El nivel de integridad alcanzado en los muestreos de este estudio se puede considerar como exhaustivo (mayor al 90%), según el criterio propuesto por Cardoso (2009), y como casi exhaustivo para el único caso inferior al 90%, que fue el muestreo correspondiente al sitio tecnificado en la época de lluvias (89.7%). Estos niveles de integridad indican que los muestreos proporcionaron datos que son confiablemente representativos de los ensambles estudiados, lo que contribuye a dar confianza en los resultados de los distintos análisis realizados, apoyando a la robustez de las conclusiones que se derivan de estos.

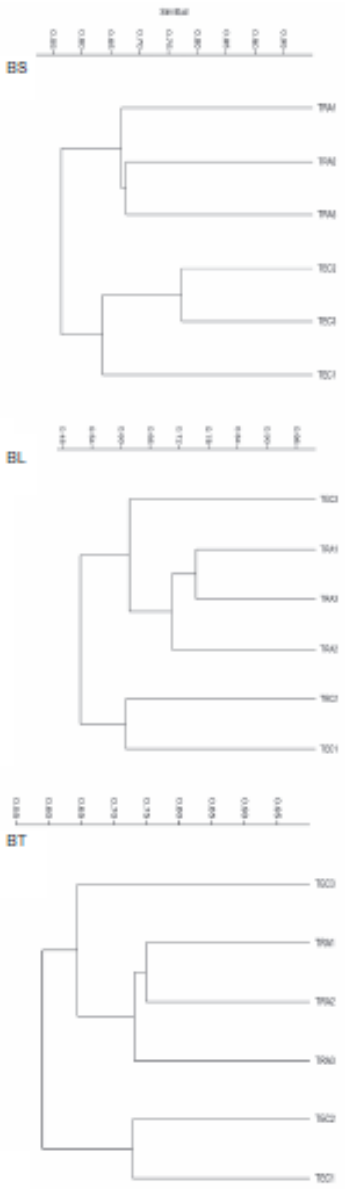

Figura 7. Análisis de conglomerados de los valores de similitud cuantitativa (índice de Bray-Curtis) entre las parcelas de ambos sitios para cada época y para el conjunto. BS, similitud para la época de secas; BL, para la época de lluvias; BT, para el conjunto de las 2 épocas.

Las curvas de rarefacción sugieren que las diferencias de manejo agronómico entre los sitios afectan la riqueza de especies encontradas tanto para el conjunto como para cada época. Sin embargo, al analizar las épocas por separado se hace evidente que las condiciones climáticas de cada época podrían haber ocasionado efectos diferentes sobre los ensambles de arañas, ya que se encontró una mayor riqueza de especies en el sitio tradicional en la época de secas y a la inversa en la época de lluvias. Al revisar los cambios en riqueza para cada sitio, en función de la época, se observa que hubo una ligera disminución de la riqueza en el sitio tradicional (de secas a lluvias), mientras que en el sitio tecnificado (y en la misma transición temporal) hubo un notable aumento de la riqueza, evidenciando que los cambios de época afectan en forma diferente a cada sitio. Las variaciones temporales en la riqueza de especies ya han sido registradas para diferentes tipos de hábitats (Lubin, 1978; Maya-Morales, Ibarra-Núñez, León-Cortés e Infante, 2012; Rubio, Corronca y Damborsky, 2008). El que estas diferencias ocurran en sentido opuesto entre los 2 sitios, parece indicar que las diferencias en manejo agronómico afectan de forma distinta su capacidad para integrar a un mayor o menor número de especies en función de las condiciones ambientales. En el caso de los sistemas manejados por el ser humano, se ha señalado que la intensidad de manejo (el grado de intervención humana a través del conjunto de prácticas agrícolas o forestales) afecta la riqueza de especies de diferentes artrópodos (Bos, Steffan-Dewenter y Tscharntke, 2007; Coyle, 1981; Delabie et al., 2007; Floren y Deeleman-Reinhold, 2005; Hore y Uniyal, 2008; Philpott y Armbrecht, 2006; Pinkus-Rendón, Ibarra-Núñez, Parra-Tabla, García-Ballinas y Hénaut, 2006; Tsai, Huang y Tso, 2006; Willett, 2001). Las prácticas agronómicas de los 2 sitios estudiados involucran diferentes niveles de intensidad de manejo en los aspectos de riego, podas y uso de agroquímicos. Trabajos futuros se deberían enfocar a determinar los efectos de las diferentes variables agronómicas sobre las arañas, lo que requiere diseñar un estudio con un registro más detallado de esas variables y de su variación temporal.

A diferencia de la variación en la riqueza, la heterogeneidad fue siempre más alta para el sitio tecnificado tanto globalmente como para cada una de las épocas. Sin embargo, al descomponer el valor de H' correspondiente, se observa que la componente de riqueza es más alta en el sitio tradicional que en el tecnificado en la época de secas, y a la inversa en la época de lluvias, así como para el conjunto, lo que coincide con los resultados obtenidos con las curvas de rarefacción. A pesar de presentar una menor riqueza en la época de secas, la mayor equitabilidad del sitio tecnificado en esa época es lo que promueve un valor más alto de H' para ese sitio, condición que posiblemente está relacionada con las diferencias en manejo agronómico, pero que con los datos disponibles no es posible determinar.

Los análisis de conglomerados de la similitud cualitativa (índice de Chao-Sorensen) de las parcelas para cada época por separado indican que los 2 sitios tienen una composición de especies parcialmente similar. La similitud en la composición de especies entre sitios puede ser derivada de la composición a nivel regional o paisajístico, donde la conectividad entre fragmentos favorece el mantenimiento de un acervo común de especies, pese a las diferencias en vegetación (Rinaldi y Trinca, 2008). En este estudio, cada cacaotal corresponde a un fragmento que forma parte de una matriz paisajística, mayormente agrícola, con la que comparte un acervo de especies, lo cual es común en zonas con cultivos perennes o en zonas de bosques en regeneración

alejados de zonas con vegetación primaria (Floren y Deeleman-Reinhold, 2005). La similitud de especies entre los sitios de estudio puede verse favorecida por la dispersión de las arañas a partir de las fuentes de colonización cercanas, que son los distintos cultivos y los fragmentos de vegetación secundaria (Samu, Sunderland y Szinetár, 1999). Esta tendencia de similitud entre fragmentos ha sido observada en otros grupos de artrópodos con una alta capacidad de dispersión (Marín, León-Cortés y Stefanescu, 2009). Sin embargo, el análisis de conglomerados de la similitud cualitativa para las 2 épocas combinadas muestra una clara separación entre los sitios que parece indicar que las diferencias entre los 2 sistemas de manejo influyen sobre la composición de especies de arañas, generando 2 conjuntos globalmente diferenciados, como se observó en un estudio sobre arañas de un bosque mesófilo de montaña de esta misma región, donde la similitud (en composición de especies) entre los sitios, uno conservado y otro perturbado, fue solamente moderada, a pesar de estar separados por menos de 1 km (Maya-Morales et al., 2012). Asimismo, los resultados de los análisis de heterogeneidad y de similitud cuantitativa (medidas a través de los índices de Shannon y de Bray-Curtis, respectivamente) indican diferencias en las abundancias relativas de las especies que los integran y en consecuencia en la estructura de los ensambles de arañas. Derivado de esto, es entonces posible que las diferencias en manejo afecten su desempeño como enemigos naturales de los insectos asociados a esos cultivos, como se ha observado en cacaotales de Sulawesi, Indonesia (Klein, Steffan-Dewenter y Tscharntke, 2002). Falta por determinar cuáles son los factores que contribuyen a estas diferencias en composición y abundancia relativa. Estudios que incluyan un mayor número de cacaotales con diferentes sistemas de manejo agrícolas permitirían tener una visión a nivel de paisaje del efecto del cambio del uso del suelo en la diversidad de arañas de cacaotales.

Agradecimientos

A José Álvaro García-Ballinas por su ayuda en el trabajo de campo. A la Dra. Marisela Salgado por su apoyo en la ubicación de los sitios de trabajo; al Ing. Roberto Monterrosas, dueño del Rancho San Antonio, por las facilidades para la realización del trabajo en su propiedad. A los 2 revisores anónimos y al editor asociado por sus valiosas sugerencias al manuscrito. Al Conacyt por la beca otorgada al primer autor para sus estudios de maestría, de los cuales se deriva este trabajo.

Anexo. Abundancia por sitio y época de las arañas de 2 cacaotales del Soconusco, Chiapas, México

Familia y especie	TE-S	TE-L	TR-S	TR-L
Anyphaenidae				
Hibana sp.	2	0	2	0
Pippahana sp.[a]	14	21	10	4
Wulfila lenoxiae Chickering, 1940[a]	59	8	10	4
Wulfila modestus Chickering, 1937[a]	7	15	0	12
Wulfila sp. 1	100	85	1	0
Wulfila sublestus Chickering, 1940[a]	5	98	3	13
Wulfila tantillus Chickering, 1940[a]	51	45	34	27
Araneidae				
Araneidae sp. 1	2	8	1	2
Araneidae sp. 2	0	1	4	5
Araneus thaddeus (Hentz, 1847)	0	0	2	0
Cyclosa caroli (Hentz, 1850)	16	20	11	11
Eriophora edax (Blackwall, 1863)	2	1	1	6
Gasteracantha cancriformis (Linnaeus, 1758)	1	5	0	0
Micrathena sp.	2	2	2	2
Pozonia sp.	2	0	0	0
Pronous sp.	0	1	0	0
Verrucosa arenata Walckenaer, 1841	1	2	0	0
Wagneriana tauricornis F. O. P. Cambridge, 1889	1	2	1	8
Caponiidae				
Nops largus Chickering, 1967[a]	0	2	0	0
Clubionidae				
Elaver tigrinella (Roewer, 1951)	16	24	5	8
Corinnidae				
Castianeira dentata Chickering, 1937[a]	0	0	0	1
Megalostrata raptor (L. Koch, 1866)	0	3	0	0
Myrmecotypus fuliginosus O. P. Cambridge, 1894[b]	2	0	7	6
Trachelas spinalatus F. O. P. Cambridge, 1899[a]	8	10	12	19
Ctenidae				
Acanthoctenus spinifer Keyserling, 1877	0	3	0	3
Capiennius chiapanensis Medina-Soriano, 2006	0	5	5	4
Dictynidae				
Dyctina sp.	5	0	5	0
Thallamatus octomaculatus (Gertsch y Davis, 1937)[a]	8	5	20	8
Dipluridae				
Ischnothele digitata (O. P. Cambridge, 1892)	0	2	0	1
Gnaphosidae				
Gertschosa sp.[a]	0	0	1	0
Hersiliidae				
Neotama forcipata (F. O. P.- Cambridge, 1902)	8	9	5	9
Linyphiidae				
Selenyphantes longispinosus (O. P. Cambridge, 1896)	23	19	2	0
Linyphiidae sp.	0	1	0	3
Mimetidae				
Gelanor mixtus O. P. Cambridge, 1899	1	8	1	3
Mimetus verecundus Chickering, 1947	5	5	5	11
Mysmenidae				
Calodipoena sp.	2	5	4	5
Oonopidae				
Opopaea sp.	0	2	0	0
Oxyopidae				
Hamataliwa circularis (Kraus, 1955)[a]	5	2	2	0
Philodromidae				
Apollophanes longipes (O. P. Cambridge, 1896)[b]	0	1	4	1
Pholcidae				
Metagonia antistat Gertsch, 1971	21	118	35	174
Pisauridae				
Pisauridae sp.	44	4	10	0
Salticidae				
Corythalia sp.	3	19	0	0
Cylistella adjacens (O. P. Cambridge, 1896)	2	10	0	0
Dendryphantinae	3	6	3	17
Fluda sp.	1	0	0	0
Lyssomanes bilineatus Peckham y Wheeler, 1889	0	2	0	3
Lyssomanes jemineus Peckham y Wheeler, 1889	90	116	45	106
Maeviae sp.	2	4	6	2
Phidippus sp.	0	1	0	0
Sarinda sp.	1	0	0	0
Thiodina sp. 1	4	9	3	4
Thiodina sylvana (Hentz, 1846)	49	24	38	14

Familia y especie	TE-S	TE-L	TR-S	TR-L
Scytodidae				
Scytodes fusca Walckenaer, 1837	0	0	4	17
Scytodes sp. 1	0	0	0	15
Scytodes sp. 2	0	0	1	0
Selenopidae				
Selenops mexicanus Keyserling, 1880	4	9	5	21
Senoculidae				
Senoculus canaliculatus F. O. P. Cambridge, 1902	0	2	2	4
Sparassidae				
Olios ensiger (F. O. P. Cambridge, 1900)	9	0	0	4
Olios sp. 1	16	9	4	14
Tetragnathidae				
Chrysometa sp.	0	1	0	7
Dolichognatha pentagona (Hentz, 1850)	21	24	9	19
Leucauge argyra (Walckenaer, 1841)	197	4	28	1
Leucauge venusta (Walckenaer, 1841)	230	186	20	52
Tetragnatha sp.	2	0	2	0
Theridiidae				
Achaearanea sp.	0	0	0	9
Anelosimus studionus (Hentz, 1850)	28	9	32	4
Argyrodinae sp.	25	3	5	4
Chrysso albomaculata O. P. Cambridge, 1882	0	1	0	1
Chrysso cambridgei (Petrunkevitch, 1911)	36	5	86	124
Dipoena atlantica Chickering, 1943[a]	6	8	4	0
Episinus cognatus O. P. Cambridge, 1893	3	5	1	0
Exalbidion sexmaculatum (Keyserling, 1884)	43	70	34	58
Faiditus caudatus (Taczanowski, 1874)	0	1	14	6
Faiditus davisi (Exline y Levi, 1962)	1	1	6	22
Rhomphaea projiciens O. P. Cambridge, 1896	2	1	0	0
Tekellina archboldi Levi, 1957	20	14	20	1
Theridiidae sp.	0	0	12	5
Thymoites maderae (Gertsch y Archer, 1942)	9	13	2	0
Tidarren sisyphoides (Walckenaer, 1841)	19	33	48	131
Tidarren sp. 1	1	1	1	1
Wamba crispulus (Simon, 1895)	22	19	50	25
Thomisidae				
Majellula affinis (O. P. Cambridge, 1896)	0	0	2	0
Titanoecidae				
Goeldia lizamina (Chamberlin e Ivie, 1938)[b]	0	0	1	19
Uloboridae				
Ariston albicans O. P. Cambridge, 1896	232	312	331	275
Philoponella signatella (Chamberlin e Ivie, 1936)	18	96	29	149
Uloborus campestratus Simon, 1893	167	176	298	189
Uloborus segregatus Gertsch, 1936	267	475	273	668
Uloborus sp.	8	28	13	43
Uloborus trilineatus Keyserling, 1883	10	26	46	98
Totales	**1,964**	**2,265**	**1,683**	**2,482**

TE-S: sitio tecnificado en secas; TE-L: sitio tecnificado en lluvias; TR-S: sitio tradicional en secas; TR-L: sitio tradicional en lluvias.

Nuevos registros: [a] para México; [b] para Chiapas.

Referencias

Álvares, E. S. S., Machado, E. O. y Acevedo, C. S. (2004). Composition of the spider assemblage in an urban forest reserve in Southeastern Brazil and evaluation of a two sampling method protocols of species richness estimates. *Revista Ibérica de Aracnología, 10*, 185–194.

Baumann, J. (1999). Factores determinantes en el proceso hidrológico erosivo en las cuencas hidrográficas de la costa de Chiapas. In *IX Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 4: Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas* (pp. 57–68). Culiacán, Sinaloa: Asociación Nacional de Especialistas en Irrigación, A. C.

Bos, M. M., Steffan-Dewenter, I. y Tscharntke, T. (2007). The contribution of cacao agroforests to the conservation of lower canopy ant and beetle diversity in Indonesia. *Biodiversity and Conservation, 16*, 2429–2444.

Brady, A. R. (1970). The lynx spider genus *Hamataliwa* in Mexico and Central America (Araneae: Oxyopidae). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoolooology, 140*, 75–128.

Brescovit, A. D. (1997). Revisão de Anyphaeninae Bertkau a nivel de gêneros na região Neotropical (Araneae, Anyphaenidae). *Revista Brasileira de Zoologia, 13*, 1–187.

Cardoso, P. (2009). Standardization and optimization of arthropod inventories-the case of Iberian spiders. *Biodiversity and Conservation, 18*, 3949–3962.

Colwell, R. K. (2013). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 9.1* Recuperado el 15 junio 2013, de http://purl.oclc.org/estimates

Coyle, F. (1981). Effects of clearcutting on the spider community of a Southern Appalachian forest. *Journal of Arachnology, 9*, 285–298.

Chickering, A. M. (1967). The genus *Nops* (Araneae, Caponiidae) in Panama and the West Indies. *Brevioria of the Museum of Comparative Zoology, 274*, 1–19.

Delabie, J. H. C., Jahyny, B., Cardoso do Nascimento, I., Mariano, C. S. F., Lacau, S., Campiolo, S. et al. (2007). Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of Southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation, 16*, 2359–2384.

Dimitrov, D. y Hormiga, G. (2010). Mr. Darwin's mysterious spider: on the type species of the genus *Leucauge* White, 1841 (Tetragnathidae, Araneae). *Zootaxa, 2396*, 19–36.

Dondale, C. D. y Redner, J. H. (1975). Revision of the spider genus *Apollophanes* (Araneida: Thomisidae). *Canadian Entomologist, 107*, 1175–1192.

Faria, D., Barradas-Paciencia, M. I., Dixo, M., Laps, R. R. y Baumgarten, J. (2007). Ferns, frogs, lizards, birds and bats in forest fragments and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic forest, Brazil. *Biodiversity and Conservation, 16*, 2335–2357.

Floren, A. y Deeleman-Reinhold, C. (2005). Diversity of arboreal spiders in primary and disturbed tropical forests. *Journal of Arachnology, 33*, 323–333.

Flores, E. (1999). Estudio de comunidades de arañas (Araneae) del Parque Nacional Farallones de Cali, Colombia. *Cespedesia, 23*, 99–113.

Gertsch, W. J. y Davis, L. I. (1937). Report on a collection of spiders from Mexico. I. *American Museum Novitates, 951*, 1–29.

Gotelli, N. J. y Entsminger, G. L. (2001). *Ecosim: null models software for ecology. Versión 7.0.* Acquired Intelligence Inc. y Kesey-Bear. Recuperado el 16 febrero 2005, de http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm

Hammer, Ø., Harper, D. A T. y Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica, 4*, 9 p.

Hénaut, Y, Pablo, J., Ibarra-Núñez, G. y Williams, T. (2001). Retention, capture and consumption of experimental prey by orb-web weaving spiders in coffee plantations of Southern Mexico. *Entomologia Experimentalis et Applicata, 98*, 1–8.

Hood, G. M. (2008). *PopTools, Version 3.0.6.* Recuperado el 03 febrero 2008, de http://www.cse.csiro.au/poptools

Hore, U. y Uniyal, V. P. (2008). Diversity and composition of spider assemblages in five vegetation types of the Terai conservation area, India. *Journal of Arachnology, 36*, 251–258.

Ibarra-Núñez, G. y García-Ballinas, J. A. (1998). Diversidad de tres familias de arañas tejedoras (Araneae: Araneidae, Tetragnathidae, Theridiidae) en cafetales del Soconusco, Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana, 102*, 11–20.

Ibarra-Núñez, G., Maya-Morales, J. y Chamé-Vázquez, D. (2011). Las arañas del bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, 82*, 1183–1193.

Ibarra-Núñez, G., Moreno-Molina, E. B., Ruiz-Colmenares, A., Trujillo-Olivera, M. y García-Ballinas, J. A. (2004). Las arañas tejedoras (Araneidae, Tetragnathidae, Theridiidae y Uloboridae) de una plantación de cacao en Chiapas, México. In A. Morales-Moreno, M. Ibarra-González, A. P. Rivera-González y S. Stanford-Camargo (Eds.), *Entomología mexicana. Vol. 3* (pp. 38–41). Montecillo, Texcoco: El Colegio de Posgraduados.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2006). *Cuaderno estadístico municipal de Tapachula, Chiapas. México*. México D. F.: Inegi.

Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I. y Tscharntke, T. (2002). Predator-prey ratios on cocoa along a land-use gradient in Indonesia. *Biodiversity and Conservation, 11*, 683–693.

Korinus, L. M. (2007). *Diversity and seasonality of tropical spiders in cacao agroforestry systems of North Sulawesi, Indonesia*. (Master Thesis). Department of Biological Sciences. University of Alberta.

Lubin, Y. D. (1978). Seasonal abundance and diversity of web-building spiders in relation to habitat structure on Barro Colorado Island, Panama. *Journal of Arachnology, 6*, 31–51.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press.

Magurran, A. E. (2004). *Measuring ecological diversity*. Oxford: Blackwell Science.

Maloney, D., Drummond, F. A. y Alford, R. (2003). Spider predation in agroecosystems: can spiders effectively control pest populations? The University of Maine. Maine Agricultural and Forest Experiment Station. *Technical Bulletin, 190*, 32.

Marín, L., León-Cortés, J. L. y Stefanescu, C. (2009). The effect of an agro-pasture landscape on diversity and migration patterns of frugivorous butterflies in Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation, 18*, 919–934.

Maya-Morales, J., Ibarra-Núñez, G., León-Cortés, J. L. e Infante, F. (2012). Understory spider diversity in two remnants of Tropical Montane Cloud Forest in Chiapas, Mexico. *Journal of Insect Conservation, 16*, 25–38.

Medina-Soriano, F. J. (2005). *Las arañas errantes del manglar de Chiapas, México*. (Tesis de maestría). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: Manuales y Tesis SEA.

Moreno-Mendoza, S. D., Ibarra-Núñez, G., Chamé-Vázquez, E. R. y Valle-Mora, F. J. (2012). Gama de presas capturadas por cuatro especies de arañas tejedoras (Arachnida: Araneae) en un agroecosistema de cacao en Chiapas, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems, 15*, 457–469.

Moreno-Molina, E. B., Ibarra-Núñez, G. y García-Ballinas, J. A. (2001). Diversidad de arañas en follaje de cacao en el Soconusco, Chiapas, México. *Memorias del XXXVI Congreso Nacional de Entomología*. (17 p.) Querétaro: Sociedad Mexicana de Entomología.

Pérez-De la Cruz, M. y De la Cruz-Pérez, A. (2003). *Estudio de la diversidad de cuatro familias de arañas (Araneae: Araneidae, Gnaphosidae, Salticidae y Theridiidae), en cuatro tipos de asociación vegetal, en el ejido de Las Delicias del municipio de Teapa, Tabasco*. (Tesis de Licenciatura). División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Pérez-De la Cruz, M., Sánchez-Soto, S., Ortiz-García, C. F., Zapata-Mata, R. y De la Cruz-Pérez, A. (2007). Diversidad de insectos capturados por arañas tejedoras (Arachnida: Araneae) en el agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Neotropical Entomology, 36*, 9–10.

Philpott, S. y Armbrecht, I. (2006). Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology, 31*, 369–377.

Pinkus-Rendón, M. A., Ibarra-Núñez, G., Parra-Tabla, V., García-Ballinas, J. A. y Hénaut, Y. (2006). Spider diversity in coffee plantations with different management in Southeast Mexico. *Journal of Arachnology, 34*, 104–112.

Platnick, N. I. (2013). *The world spider catalog. Version 13.5*. American Museum of Natural History. Recuperado el 23 julio 2013, de http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog

Platnick, N. I. y Shadab, M. U. (1974). A revision of the *tranquillus* and *speciosus* groups of the spider genus *Trachelas* (Araneae, Clubionidae) in North and Central America. *American Museum Novitates, 2553*, 134.

Platnick, N. I. y Shadab, M. U. (1981). A new genus of the spider family Gnaphosidae (Arachnida, Araneae). *Bulletin of the American Museum of Natural History, 170*, 176–182.

Reddell, J. (1971). A preliminary bibliography of Mexican cave biology with a checklist of published records. *Association for Mexican Cave Studies Bulletin, 3*, 1–184.

Reiskind, J. (1969). The spider subfamily Castianeirinae of North and Central America (Araneae, Clubionidae). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, 138*, 163–325.

Rice, R. A. y Greenberg, R. (2000). Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *AMBIO, 29*, 167–173.

Riechert, S. E. y Bishop, L. (1990). Prey control by an assemblage of generalist predators: spiders in garden test systems. *Ecology, 71*, 1441–1450.

Rinaldi, I. M. P. y Trinca, L. A. (2008). Spider assemblages in widely-separated patches of cerrado in São Paulo State, Brazil. *Acta Biologica Paranaense, 37*, 165–180.

Rubio, G. D., Corronca, J. A. y Damborsky, M. P. (2008). Do spider diversity and assemblages change in different contiguous habitats? A case study in the protected habitats of the Humid Chaco ecoregion, North-East Argentina. *Environmental Entomology, 37*, 419–430.

Ruiz-Colmenares, A., Ibarra-Núñez, G. y García-Ballinas, J. A. (2001). Diversidad de arañas de suelo en una plantación de cacao en Chiapas, México (16 p.). *Memorias del XXXVI Congreso Nacional de Entomología*. Querétaro: Sociedad Mexicana de Entomología.

Ruiz-Colmenares, A. (2004). *Diversidad de arañas de suelo en una plantación de cacao, municipio de Tuxtla Chico, Soconusco, Chiapas, México*. (Tesis de Licenciatura). Escuela de Biología, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Russell-Smith, A. y Stork, N. E. (1995). Composition of spider communities in the canopies of rainforest trees in Borneo. *Journal of Tropical Ecology, 11*, 223–235.

Salgado-Mora, M. G., Ibarra-Núñez, G. y Macías-Sámano, J. E. (2007). Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco. *Interciencia, 32*, 763–768.

Samu, F., Sunderland, K. D. y Szinetár, C. (1999). Scale-dependent dispersal and distribution patterns of spiders in agricultural systems: a review. *Journal of Arachnology, 27*, 325–332.

Sorensen, L. L. (2004). Composition and diversity of the spider fauna in the canopy of a montane forest in Tanzania. *Biodiversity and Conservation, 13*, 437–452.

Sorensen, L. L., Coddington, J. A. y Scharff, N. (2002). Inventorying and estimating subcanopy spider diversity using semiquantitative sampling methods in an Afromontane Forest. *Environmental Entomology, 31*, 319–330.

Stenchly, K., Clough, Y., Buchori, D. y Tscharntke, T. (2011). Spider web guilds in cacao agroforestry-comparing tree, plot and landscape-scale management. *Diversity and Distributions, 17*, 748–756.

Sunderland, K. (1999). Mechanisms underlying the effects of spiders on pest populations. *Journal of Arachnology, 27*, 308–316.

Trujillo-Olivera, M. (2002). *Diversidad de arañas tejedoras y su influencia sobre los insectos asociados al cultivo de cacao*. (Tesis de maestría). Departamento de Entomología Tropical, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).

Tsai, Z. I., Huang, P. S. y Tso, I. M. (2006). Habitat management by aboriginals promotes high spider diversity on an Asian tropical island. *Ecography, 29*, 84–94.

Ubick, D., Paquin, P., Cushing, E. y Roth, V. (Eds.). (2005). *Spiders of North America: an identification manual*. American Arachnological Society.

Willett, T. R. (2001). Spiders and other arthropods as indicators in old-growth versus logged redwood stands. *Restoration Ecology, 9*, 410–420.