



El Colegio de la Frontera Sur

Cambios espacio-temporales en la agrobiodiversidad de  
los huertos familiares de Tabasco

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural  
con orientación en Gestión de Ecosistemas y Territorios

por

Andrea Alejandra Serrano Ysunza

2016



# El Colegio de la Frontera Sur

Villahermosa, Tabasco, 14 de abril de 2016.

Las personas abajo firmantes, integrantes del jurado examinador de:

**Andrea Alejandra Serrano Ysunza**

hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada:

**“Cambios espacio-temporales en la agrobiodiversidad de los huertos familiares de Tabasco”**

para obtener el grado de **Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural.**

	Nombre	Firma
Director	Dr. Johannes Cornelis van der Wal	_____
Co-Director	Dr. José Alberto Gallardo Cruz	_____
Asesora	Dra. Dora Elia Ramos Muñoz	_____
Asesor	Dr. Raúl Abel Vaca Genuit	_____
Sinodal adicional	Dra. Elda Miriam Aldasoro Maya	_____
Sinodal adicional	Dr. Fabien Charbonnier	_____
Sinodal suplente	Dr. Bruce G. Ferguson	_____

## Dedicatoria

A la vida, que no se detiene ni se rinde, que me llena de gratas sorpresas y aprendizajes diariamente.

Mamá, por toda la satisfacción compartida y el apoyo brindado.

A la gente que siembra, los que promueve y cuida la vida, a los que disfrutan de la riqueza que hay en la naturaleza.

*“—Sí pues. Volteando para mirar atrás te das cuenta dónde te quedaste. O sea que así puedes ver el camino que no te hiciste bien. Si miras para atrás te das cuenta que lo que querías es regresar y lo que pasó es que tú respondiste que había que encontrar el camino de regreso. Y ahí está el problema. Te pusiste a buscar un camino que no existe. Había que hacerlo. —*

*El viejo Antonio sonríe satisfecho.”*

Subcomandante Insurgente Marcos

## Agradecimientos

A mi comité tutelar por su guía durante mi formación. A Beto, por invitarme a Tabasco, por brindarme tu asesoría y sobre todo tu amistad. Hans, muchísimas gracias por abrirme las puertas a tu grupo de trabajo y toda la confianza que depositaste en mí. A Dora, por todas tus oportunas intervenciones, las sesiones de terapia y la contención. Raúl, gracias por el interés en mi trabajo y las largas sesiones de aprendizaje. A las personas en ECOSUR cuyo apoyo es imprescindible, sobre todo a Yadira, mil millones de gracias por todas tus sonrisas, el apoyo constante y tu impecable eficiencia. A los sinodales que revisaron y enriquecieron el trabajo con sus aportaciones.

Muchísimas gracias a l@s increíbles amig@s que hice durante este proceso. A tod@s l@s “roomis” que tuve, por hacer que cada día tuviera una sonrisa. Carlos, por compartir la experiencia de aprender a vivir en “el Edén”. Jorge y Coco, por las deliciosas cenas en la comuna y nuestras pijamadas. Gina, Fer y Diana, por adoptarme en su casa, pero también en sus corazones, por soñar junt@s y compartir alegrías. Danielle, por ser una persona tan linda, llena de luz y una amiga entrañable. A mis compañeros de unidad: Jero, Mayra, Erika, Michi, Marthita, Javy, Gisella y Juan David, sin ustedes no hubiera sido lo mismo. Y a l@s que aparecieron en mi camino, Carolina, Martha, José, Rommel, Gabi, por tantas pláticas, salidas, apapachos, carcajadas, locuras y recuerdos que me llevo. Gracias a todos estos corazones por palpar con tanta alegría y llenar de colores mi maestría.

Muchas gracias al grupo de agroecología, principalmente al “Huertos Team” por un excelente desempeño en campo y una diversión sin fin en cada una de las salidas, Pedris por tu apoyo y buena vibra y Tere, gracias por llegar en el mejor momento de este proceso y convertirte en mi mejor cómplice. Alma, Javier, Alejandro, por su compañerismo y amistad; Manuel, por todas tus asesoría y consejos estadísticos; Miriam, por reforzar mi espíritu inquieto y responder siempre al botón de pánico.

Nuevamente a la mujer más importante de mi vida ¡gracias mami, por tu apoyo incondicional! También a las personas que siempre me echan porras y me ayudan cada vez que los necesito. Néstor, por tanta complicidad, por ser tantas cositas bellas que me hacen sentir muy bien. A Lilia, porque después de tantos años me sigues acompañando y alentando nuestra pasión por la vida. A mis hermanas de vida y danza Renata, Leslie y Sylvia, por tantas sesiones catárticas sin importar la distancia geográfica. A Iván por ayudarme a vivir este proceso de forma sana y reflexiva, por ayudarme a crecer.

A todas las familias de los huertos que me abrieron la puerta de sus hogares y compartieron conmigo un poco de su tiempo. A CONACYT por la beca No. 307868 otorgada para realizar de este posgrado.

## Tabla de contenido

1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	2
3. Antecedentes .....	5
3.1. Situación agrícola y pérdida de biodiversidad .....	5
3.2. El paisaje agrícola de Tabasco .....	6
3.3. Agroecosistemas a escala local .....	7
3.4. Huertos Familiares .....	8
3.5. Agroecosistemas de conservación de agrobiodiversidad .....	10
3.6. Rol de los propietarios en la conservación .....	11
4. Justificación.....	14
5. Preguntas de investigación .....	16
6. Objetivo general y particulares .....	16
7. Metodología .....	17
7.1. Zona de estudio.....	17
7.2. Selección de huertos .....	20
7.3. Determinación de cambios .....	22
7.4. Construcción de índices .....	23
7.5. Análisis de datos .....	24
8. Resultados .....	26
8.1. Composición de los huertos familiares en 2009, 2012 y 2015.....	26
8.2. Cambios en el número de árboles y recambio de especies a escala regional.....	27
8.3. Diferencias y cambios subregionales de la agrobiodiversidad.....	29
8.4. Índices de Economía Familiar y Trabajo Evidente.....	32
9. Discusión .....	35
10. Conclusión .....	40
11. Literatura citada .....	41
Anexo 1. Lista de especies y origen biogeográfico .....	47
Anexo 2. Número de árboles y Riqueza de especies en los tres inventarios. ....	51
Anexo 3. Encuesta “Cambios en la agrobiodiversidad en función de la productividad de los huertos familiares” .....	52
Anexo 4. Construcción de los índices de Economía Familiar y Trabajo Evidente .....	55
Anexo 5. Artículo sometido a la revista Agroforestry Systems .....	59

## 1. Resumen

La agrobiodiversidad en agroecosistemas tropicales como huertos familiares se encuentra bajo presión, principalmente por la preferencia por cultivar especies comerciales. Consecuentemente, los huertos podrían dejar de contribuir a la conservación *in situ* de especies locales. Existen pocos estudios longitudinales y consenso general sobre los cambios, la disminución u homogenización de especies. Este trabajo es un estudio longitudinal regional de los cambios en abundancia, riqueza y composición en 38 huertos distribuidos sobre las subregiones de Costa, Planicie Fluvial y Montaña en Tabasco, México. Se analizó información de tres inventarios realizados en 2009, 2012 y 2015. Se identificaron 164 especies (74.39 % especies locales -nativas y neotropicales- y 25.61 % introducidas). Del total, 67 % se mantuvieron constantes y el 33 % se modificaron a lo largo de los años de medición. La riqueza observada aumentó significativamente ( $\chi^2(2)=9.021$ ,  $P=0.01$ ) de 2012 a 2015 ( $P = 0.004$ ). En ese lapso incrementaron las especies neotropicales ( $\chi^2(2)=10.25$ ,  $P =0.024$ ) e introducidas ( $\chi^2(2)=6.96$ ,  $P=0.008$ ) y se mantuvo la riqueza de nativas. La composición de especies difirió subregionalmente en 2009 ( $R=0.19$ ,  $P=0.001$ ) y persistió en 2012 y 2015 ( $P=0.003$  y  $0.0001$ ). La riqueza de especies observada se correlaciona positivamente con el número de árboles ( $r=0.79$ ,  $P<0.001$ ) y el tamaño del huerto ( $r= 0.67$ ,  $P< 0.001$ ). No se detectó que los índices de inclusión del huerto en la Economía Familiar y del Trabajo Evidente realizado, se relacionaran con la riqueza de especies o el número de árboles. Resalta que los conjuntos subregionales muestran tasas de cambio similares y sin disminución de riqueza de ningún tipo de especies. Los huertos familiares individualmente son altamente dinámicos, sin embargo, esto no involucra disminución en la riqueza de especies a escala subregional o regional. Consider los conjuntos subregionales sugiere que operan como conjuntos de conservación de agrobiodiversidad regional *in situ*.

**Palabras clave:** variación geomorfológica; conservación *in situ*; conjuntos de conservación; paisaje productivo; riqueza de especies.

## 2. Introducción

El potencial de conservación de agrobiodiversidad de los huertos familiares se ha estudiado principalmente en trabajos transversales y descriptivos enfocados en los cambios espaciales (Bernholt et al. 2009; Nair 2001). Aunque son considerados agroecosistemas sostenibles, hace falta evidencia longitudinal y cuantitativa que soporte dicha afirmación (Blanckaert et al. 2004; Kehlenbeck y Maass 2006; Scales y Marsden 2008; Torquebiau 1992). Las relaciones y cambios de la agrobiodiversidad en estos sistemas productivos pueden estudiarse a diferentes escalas: el huerto familiar individual, los conjuntos de huertos inmersos en mosaicos regionales o conjuntos más grandes que forman parte de un paisaje productivo de mayor dimensión.

Comúnmente se reportan amplios inventarios de especies a partir de la información de varios huertos y se hace énfasis en las diferencias geográficas y culturales en la composición de los conjuntos regionales (Abebe et al. 2013; Das y Das 2015). A partir de estos estudios se ha establecido que conjuntos de huertos pueden albergar valores elevados de agrobiodiversidad (Das y Das 2015; Eyzaguirre y Watson 2002; Kumar y Nair 2004; van der Wal et al. 2014), incluso se dice que son excelentes unidades de conservación regionales (Trinh et al. 2003). Con respecto a las variaciones temporales, a escala de huerto individual se hace referencia a las acciones y adaptaciones particulares que realiza cada familia propietaria, como resultado de la transformación y diversificación del entorno rural (Mohri et al. 2013), lo que genera amplia variación en composición entre los huertos (van der Wal y Bongers 2013). Queda por explorar el efecto a lo largo del tiempo sobre el potencial de conservación *in situ* de conjuntos de huertos regionales, tomando en cuenta que la interacción de los diferentes factores (agroecológicos, socio-económicos, culturales, políticos, etc.) es compleja y su importancia e influencia relativa varían longitudinalmente (Kehlenbeck et al. 2007).

Los huertos familiares son agroecosistemas en los que los propietarios promueven la coexistencia de especies vegetales y animales aprovechables, en conjunto con la biota asociada a dichas especies que se establece de manera natural (Vandermeer et al. 1998). Son espacios manejados y transformados continuamente por las unidades

campesinas, cuya producción es principalmente para el autoconsumo y el mercado (Aguilar-Stoen et al. 2009). La diversidad, composición y uso varían en cada huerto (Bernholt et al. 2009) dependiendo de la estructura espacial y temporal del paisaje productivo local (Scales y Marsden 2008), de las condiciones edáficas y climáticas (Méndez y Gliessman 2002) y en función de las estrategias económicas y necesidades de los propietarios (Reinhardt 2004). Al tomar en cuenta conjuntos de huertos a nivel regional, en lugar de cada huerto de manera autónoma, se esperaría un reservorio de agrobiodiversidad mayor, resultado del intercambio de especies a través de redes de amistad y parentesco (Buchmann 2009) y a los remanentes de vegetación natural aledaños, con los cuales intercambian material genético constantemente (Altieri 2000; Wezel y Ohi 2005).

Las interacciones entre los componentes naturales y la intervención humana han creado procesos y patrones naturales y culturales fuertemente entrelazados (Naveh 2000), en sistemas de producción como los huertos familiares constantemente se refuerzan estas interacciones y surgen nuevas. En la actualidad, el crecimiento y la intensificación de las actividades agropecuarias en conjunto con acelerados procesos de cambios de uso de suelo, han incrementado la deforestación principalmente en regiones tropicales y resultan en grandes pérdidas de biodiversidad (IPCC 2000; Morales Hernández et al. 2011). A nivel mundial México tiene una de las tasas más altas de deforestación y en la región del trópico se ha perdido poco más de la mitad de la superficie forestal (Cairns et al. 1995). Tabasco es uno de los estados del país que ha perdido mayor área de su cobertura vegetal original (Márquez et al. 2009).

En contextos post deforestación como el de Tabasco, cobran importancia sistemas dominados por árboles, como los huertos, con la potencialidad de conservar y recuperar especies locales (Kabir y Webb 2008a). Se esperaría que estos sistemas fueran capaces de resguardar además de árboles utilizados comúnmente, especies cada vez más raras en el paisaje productivo (Moreno-Black et al. 1996; Trinh et al. 2003). Sin embargo, en algunos estudios se han detectado tendencias a la homogenización de los huertos, ligadas a la intensificación de la producción agrícola (Scales y Marsden 2008), la cercanía de centros urbanos (Michon y Mary 1994; Nair 2006) y a la adopción de especies con

mayor valor comercial (Abebe et al. 2013; Bernholt et al. 2009; Peyre et al. 2006). La falta de claridad en los cambios de la cantidad y distribución de la agrobiodiversidad arbórea, vuelve acertado el estudio de sus variaciones en el tiempo, con la finalidad de plantear estrategias productivas compatibles con la conservación, en un entorno rural cambiante (Hodgkin 2001; Peyre et al. 2006).

El objetivo principal de este trabajo fue determinar si conjuntos regionales de huertos familiares tropicales, conservan la agrobiodiversidad arbórea local (especies nativas y neotropicales). Para ello se analizó el cambio de la agrobiodiversidad a lo largo de seis años en las diferentes subregiones geomorfológicas de Costa, Planicie Fluvial y Montaña en Tabasco, México. Adicionalmente se exploraron las variaciones espacio-temporales de especies nativas, neotropicales e introducidas. Por otra parte, se analizó la posible existencia de una relación entre las acciones y actividades de los propietarios en el manejo del huerto, la riqueza de especies y la abundancia de árboles.

### **3. Antecedentes**

#### **3.1. Situación agrícola y pérdida de biodiversidad**

La agricultura puede considerarse un proceso de artificialización de la naturaleza (Altieri 2000). En general, la estrategia intensiva moderna de esta actividad ha generado grandes cambios en las prácticas agrícolas (Meeus 1993) y la estructura del paisaje al reducir la complejidad del ambiente para estabilizar la producción, lo cual ha disminuido la biodiversidad y limitado las relaciones ecológicas (Altieri 2000; Morales Hernández et al. 2011). En América Latina, hace menos de 20 años, la gran mayoría de los campesinos de las zonas tropicales, sustentaban su alimentación e ingresos en la agricultura multiespecífica, desarrollada en un paisaje complejo de diversos elementos productivos y no productivos (Vandermeer et al. 1998).

Relacionados a la práctica intensiva y los cambios que conlleva, se han determinado impactos ecológicos y sociales de magnitudes globales en la viabilidad de los sistemas productivos a pequeña escala (Benton et al. 2003; Morales Hernández et al. 2011). En las regiones tropicales, los acelerados cambios de uso de suelo, el crecimiento y la intensificación de las actividades agropecuarias, han ocasionado procesos de deforestación y la pérdida generalizada de biodiversidad (IPCC 2000; Morales Hernández et al. 2011).

Las prácticas agrícolas intensivas, la expansión de monocultivos, el manejo intensivo de la tierra, los ciclos de cultivo cortos y la disminución en el número de estratos en sistemas agroforestales multi-estrato, disminuyen la riqueza y abundancia de especies tanto en el interior de los agroecosistemas, como en el paisaje en general (Benton et al. 2003). Por otra parte, también se ha propuesto que los sistemas de producción agrícola a pequeña escala presentan diferente potencialidad para conservar biodiversidad, relacionados con su función económica, la intensidad de manejo, la extensión de los remanentes naturales en el paisaje aledaño e influencias culturales (Scales y Marsden 2008).

Al considerar que el uso agrícola de la tierra está tan ampliamente distribuido, la contribución de los diferentes sistemas de producción a la conservación de la

biodiversidad debiera ser prioritaria (Perfecto et al. 2009). Cada vez la conservación de la agrobiodiversidad depende más de la calidad de los mosaicos de usos.

### 3.2. El paisaje agrícola de Tabasco

Se considera al paisaje como un conjunto agregado de procesos y patrones relacionados, cuyas características son auto-organizables y auto-reguladoras a lo largo de niveles jerárquicos de complejidad (Farina y Belgrano 2004). Así, el paisaje se conforma por una red de relaciones dinámicas y en constante interacción que en el sistema crean nuevas propiedades emergentes (Naveh 2000). Es conveniente abordar los estudios del paisaje a partir de diferentes escalas y no sólo considerar independientemente los distintos componentes (Naveh 2000).

Tabasco presenta una diversidad paisajística peculiar, la cobertura vegetal previa al proceso de industrialización es propia de clima de tierra baja tropical, no obstante, el estado presenta un patrón complejo de diversas formaciones debido a factores edáficos y el alto grado de alteraciones causadas por la actividad humana (West et al. 1987). En distintas combinaciones, estos factores han dado paso a la formación de pantanos, manglares y selvas subperenifolias y perennifolias (West et al. 1987). Esta diversidad paisajística puede ser comprendida como una secuencia de mosaicos de complejidad variable, en la que habita una sociedad rural extensa y compleja.

El territorio ha sido caracterizado y regionalizado de acuerdo con diferentes criterios, en general hay características ecológicas como el sistema hidrológico, los procesos geomorfológicos y los componentes bióticos que permiten identificar zonas significativamente diferentes. La actividad humana también ha jugado un papel importante en la conformación del paisaje tabasqueño, particularmente el uso del fuego para establecer potreros (Geissen et al. 2008), la deforestación, el establecimiento de asentamientos humanos y la expansión de infraestructura (Márquez et al. 2009), además del establecimiento de huertos familiares.

La gran riqueza y complejidad de vegetación disminuyó drásticamente, a partir de la década de los setenta. Principalmente, por el interés ganadero del modelo de desarrollo del estado, el cual promovió la aplicación de políticas de apoyo para la modernización agrícola y la ganadería extensiva (Márquez et al. 2009). El crecimiento acelerado de la

superficie agropecuaria promovió la deforestación, los asentamientos humanos y la expansión de infraestructura, hasta sustituir amplias zonas de bosques y acahuales (Geissen et al. 2008; Márquez et al. 2009). En la primera mitad del siglo XX, el 49 % de la superficie del estado estaba cubierta por vegetación selvática, cincuenta años después era menos del 10 % (Tudela 1990). El uso de suelo ha cambiado considerablemente, actualmente el 52 % está cubierto por pastizales, la zona de humedales y manglares ocupa el 20 % y el 12 % lo cubre la agricultura permanente y de temporal (Palma-López et al. 2007).

### 3.3. Agroecosistemas a escala local

La FAO (2009) define a los agroecosistemas como sistemas naturales o seminaturales modificados y gestionados por los seres humanos, para la producción agroalimentaria. Estos ecosistemas agrícolas se caracterizan por su agrobiodiversidad, es decir, por la variación genética, espacial y temporal de especies silvestres, razas y cultivos e individuos vegetales, animales y microbianos, los cuales han sido domesticados (FAO 2009; UNEP 1995) para su uso y consumo (Galluzzi et al. 2010) y se unen por interacciones tróficas complejas en un espacio determinado (Fahrig et al. 2011). Se trata de elementos dinámicos que cambian de manera conjunta con los componentes bióticos del paisaje y el grupo cultural que los maneja (García de Miguel 2000). Las formas tradicionales de los agroecosistemas se transforman y contribuyen a la reestructuración del paisaje rural (Hecht 2010). Las grandes modificaciones hacia agroecosistemas industriales poco diversos compromete la biodiversidad local y global (Fahrig et al. 2011), al disminuir las redes de interacciones complejas de los agroecosistemas. Así como la soberanía alimentaria de las familias rurales (Altieri, 2000).

Los enfoques tradicionales y alternativos en la agricultura, crean o mantienen agroecosistemas multifuncionales, que involucran de manera integral, la mayor cantidad posible de procesos ecológicos (Hecht 2010). Un ejemplo son los sistemas agroforestales que integran distintos elementos del paisaje y tienen gran potencial en la conservación de la biodiversidad de los paisajes agrícolas (Torquebiau 2000). Las sociedades campesinas latinoamericanas suelen utilizar, mantener y preservar, ecosistemas naturales (bosques, laderas, lagos, pastizales, pantanos, riachuelos), dentro o alrededor

de sus agroecosistemas cultivados, bajo el entendido de que la heterogeneidad del mosaico resultante permite el uso múltiple de los recursos (Altieri 2000) del cual dependen para su alimentación e ingresos (Vandermeer et al. 1998).

Los huertos familiares en comunidades rurales, cumplen con funciones ecológicas, económicas y sociales (van der Wal et al. 2011) a pequeña escala. Conforman agroecosistemas diversos en matrices perturbadas, permite que diferentes especies vegetales se mantengan en un proceso de adaptación evolutiva constante, dando pie a que se diversifique su utilidad y aumente la resiliencia del conjunto de unidades productivas (Reinhardt, 2004).

La agrobiodiversidad, las estrategias de las personas y el paisaje, interactúan y forman procesos de adaptación y experimentación continuos (Galluzzi et al. 2010). Se considera que los sistemas productivos complejos, pueden ser de dos a cuatro veces más eficientes energéticamente, obtener mayor rendimiento productivo y ser más sostenibles en términos de conservación de recursos, que aquellas prácticas agrícolas simples, intensivas y convencionales (Chappell y LaValle 2009; Vandermeer et al. 1998). Particularmente son clave en procesos de recuperación de la biodiversidad ligada a la expansión de áreas de vegetación natural (Hecht 2010). Debe considerarse que los agroecosistemas son espacios dominados por la actividad humana en las que el manejo y las prácticas son claves para mejorar la capacidad de albergar la agrobiodiversidad (IAvH 2005).

#### 3.4. Huertos Familiares

Los huertos familiares son considerados como el principal sistema de producción que provee de múltiples satisfactores a la familia campesina y tienen un papel fundamental en la conservación de agrobiodiversidad (Mariaca Méndez 2012). Se trata del área alrededor de las casas rurales en la que crecen especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, al mismo tiempo que alojan animales domésticos (Fernandes y Nair 1986). Los huertos son manejados y transformados continuamente por las unidades campesinas y rurales. Su producción es principalmente para el autoconsumo y el mercado, pero también son espacios de experimentación y aprendizaje en los que se aprovecha la

variabilidad de recursos disponibles en el entorno heterogéneo circundante (Aguilar-Stoen et al. 2009).

Entre los diferentes agroecosistemas que operan a pequeña escala, los huertos familiares representan unidades productivas tradicionales en las que interactúan estrechamente aspectos biológicos, sociales y económicos (Buchmann 2009). Esto los convierte en espacios apropiados para la investigación desde una aproximación holística. En este trabajo distinguimos tres escalas: 1) El huerto familiar individual, con características y dinámica que dependen de la estrategia económica de la familia que la posee, y que intercambia material genético con su entorno de huertos inmerso en el paisaje productivo regional. 2) El conjunto de huertos a nivel subregional que contiene un reservorio mucho mayor de biodiversidad, resultado de las estrategias de las familias de las localidades; este conjunto es parte del mosaico productivo más grande, del cual recibe y al cual da material genético. 3) El paisaje o mosaico productivo local que incluye además de los huertos otros agroecosistemas como los cacaotales, potreros, pastizales, plantaciones forestales, monocultivos o sistemas silvopastoriles. Entre estas tres escalas: huerto, conjunto de huertos y paisaje productivo local, se establecen relaciones bidireccionales de intercambio de agrobiodiversidad (Figura 1).

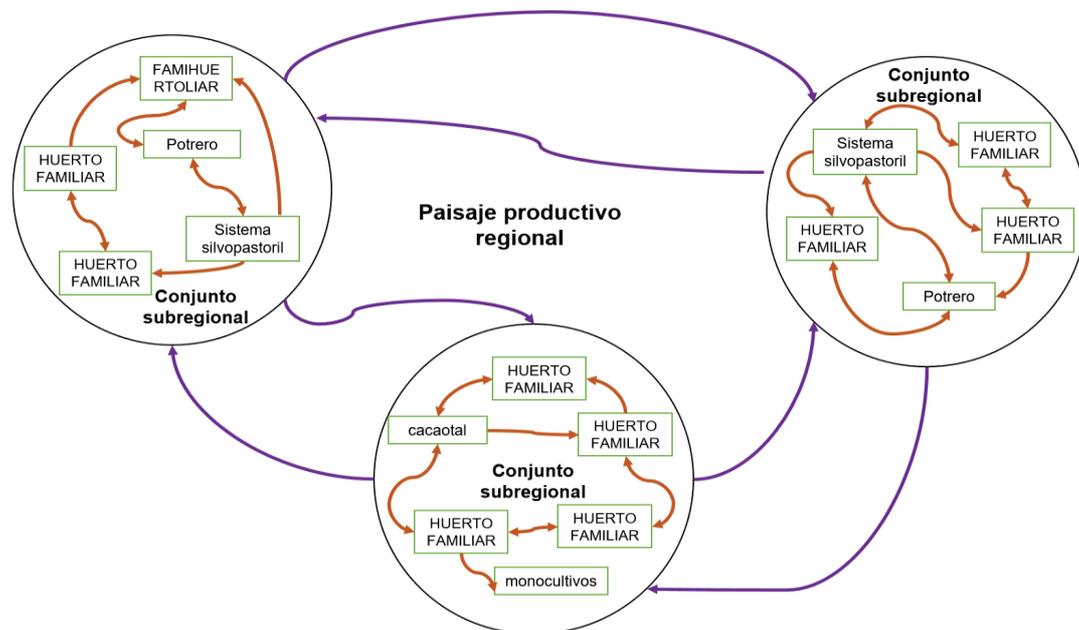


Figura 1. Relaciones locales de agrobiodiversidad. Las flechas indican interacciones (flujo de materia y energía) entre las distintas escalas: 1) huerto familiar individual; 2) conjunto regional de huertos familiares; y 3) paisaje o mosaico productivo local.

### 3.5. Agroecosistemas de conservación de agrobiodiversidad

Los agroecosistemas son dinámicos, en general es aceptado que su composición y uso varían, dependiendo por una parte de la estructura espacial del paisaje productivo circundante (Scales y Marsden 2008), y por otra en función de las circunstancias y necesidades de los propietarios (Reinhardt 2004). La composición de especies también se relaciona con las condiciones climáticas y las características de los suelos (Méndez y Gliessman 2002). Ningún factor por sí solo determina la agrobiodiversidad, que resulta de la compleja combinación de factores agro-ecológicos, socio-económicos, culturales y políticos que hace que exista variación espacial y temporal de las especies de plantas (Kehlenbeck et al. 2007).

Pueden distinguirse dos categorías de agrobiodiversidad: 1) planeada, referente a todas las plantas y ganado incorporado de manera deliberada; 2) asociada, que incluye el resto de la biota que llega al agroecosistema sin la intervención del hombre y que influye en las relaciones ecológicas y en la productividad del sitio (Vandermeer et al. 1998). La agrobiodiversidad planeada influye considerablemente en la composición de la

agrobiodiversidad asociada (Vandermeer et al. 1998). Por otra parte, los huertos contribuyen a la economía familiar con ingresos en efectivo, disminuyen el gasto, y gracias a las redes sociales que se forman en su entorno, posibilitan a los usuarios a acceder a productos más allá de los disponibles en el propio huerto (van der Wal y Bongers 2013). En décadas recientes este papel se ha modificado con los cambios en la economía rural hacia una nueva ruralidad, en la que las estrategias familiares se diversifican e incorporan actividades de distintos sectores productivos para adaptarse a los constantes cambios sociales y/o económicos del entorno (Gómez 2001).

Los huertos familiares son valorados por su potencialidad para conservar recursos genéticos *in situ*, en particular de las especies que se están perdiendo en el paisaje productivo (Bernholt et al. 2009; Kabir y Webb 2008b; Moreno-Black et al. 1996; Trinh et al. 2003). Se ha reportado que pueden ser igualmente eficientes que los bosques naturales para la conservación de especies arbóreas (Bardhan et al. 2012). No obstante, varios estudios recientes detectan un proceso de homogenización de las combinaciones de especies vegetales cultivadas en los huertos. Dicha tendencia se ha relacionado con factores como: la intensificación de la producción agrícola que simplifica la estructura de la matriz en la que se encuentran los sistemas y disminuye la complejidad y las interacciones a diferentes escalas entre los elementos del paisaje productivo (Scales y Marsden 2008); los bajos beneficios económicos de la producción a pequeña escala de los sistemas cercanos a centros urbanos (Michon y Mary 1994; Nair 2006); y a la preferencia de los dueños por especies con mayor valor comercial para obtener beneficios económicos a corto plazo (Abebe et al. 2013; Bernholt et al. 2009; Peyre et al. 2006). Estos factores tienen repercusiones principalmente en las especies locales, ya que promueven o favorecen el uso y establecimiento de especies comerciales que suelen ser introducidas.

### 3.6. Rol de los propietarios en la conservación

La riqueza de especies se ha relacionado con la dependencia familiar hacia el huerto como fuente de ingresos (Mendez et al. 2001). Las familias manejan diferentes especies para obtener bienes y servicios, en concordancia con su ambiente, cultura y preferencias

(Aguilar-Stoen et al. 2009; Mariaca-Méndez 2012). Los cambios en los modos de vida (actividades, activos y accesos) de una familia, inciden en la diversidad de plantas cultivadas y los cambios culturales pueden implicar una disminución o aumento de la agrobiodiversidad (Reinhardt 2004). Las familias que manejan los huertos desarrollan estrategias económicas particulares relacionadas con los modos de vida de la población rural (Mendez et al. 2001). Dichas estrategias, juegan un papel determinante en la variación en estructura y composición de los huertos (van der Wal et al. 2014). En la actualidad, las estrategias se han diversificado ampliamente e incorporan actividades de distintos sectores productivos, este proceso se da en el contexto de la nueva ruralidad, en la que existe la necesidad de adaptarse a los frecuentes cambios sociales y/o económicos del entorno (Gómez 2001).

Varios autores consideran que las decisiones de estos agentes son el principal motor de cambio de los agroecosistemas. Esto se debe a que las acciones que realizan en sus sistemas productivos giran en torno a su propia subsistencia (Ellis 1998) y en función de las opciones y oportunidades que perciben (Buchmann 2009; Vandermeer et al. 1998). De esta forma, los propietarios de sistemas productivos a pequeña escala, juegan un papel crucial en la conservación de la agrobiodiversidad (Reinhardt 2004) y de la heterogeneidad espacial de los paisajes agrícolas (Fahrig et al. 2011).

Las variaciones en la riqueza y diversidad natural y socio-cultural repercuten en las diferentes escalas de análisis propuestas en este trabajo: 1) En el interior del huerto, donde los cambios en los modos de vida de una familia tienen efectos directos en la diversidad genética de plantas y animales, por lo que las pérdidas culturales pueden implicar a su vez disminución de la agrobiodiversidad (Reinhardt 2004). 2) En los beneficios de la agrobiodiversidad de conjuntos regionales de huertos, los cuales puede ser aprovechados y mantenidos por una comunidad, siempre y cuando haya relaciones de intercambio y cierto conocimiento de la existencia y uso de las especies (Buchmann 2009). 3) En la conservación de características complejas, como la agrobiodiversidad, en el mosaico agrícola, que contribuye a mantener recursos necesarios para los propietarios (Altieri 2000; Wezel y Ohl 2005).

En concreto, la estructura y composición de los huertos pueden aumentar la resiliencia ante los cambios ambientales y socioeconómicos (Chávez-García et al. 2012), tanto para una familia (Arias 2012), como en el conjunto de unidades familiares en una comunidad en condiciones similares, o a escala regional en la que se engloben condiciones distintas (Forman 1995).

Las adaptaciones que realizan las familias en sus estrategias económicas, tienen que ver principalmente con el mejoramiento de su calidad de vida y con el propósito de enfrentar diversas situaciones de estrés, riesgo u oportunidades (Buchmann 2009; Cai et al. 2004; Kabir y Webb 2009; Marsden et al. 2000). Relacionado con esto, se han identificado ciertas acciones que además favorecen la conservación de la agrobiodiversidad. En este trabajo se consideraron: 1) las decisiones de sembrar y conservar ciertas especies (Vandermeer et al. 1998); 2) la diversificación de propósitos que cumple un huerto (i.e. autoconsumo, comercialización, recreación, etc.), 3) la dependencia económica familiar hacia el sistema productivo (Mendez et al. 2001) y 4) la comercialización de productos (Wezel y Ohi 2005).

#### **4. Justificación**

Tabasco representa un paisaje de tierra baja tropical, con alta pérdida de cobertura vegetal y de biodiversidad (Márquez et al. 2009). En el territorio, los huertos familiares abarcan una superficie de alrededor de 50,000 hectáreas (van der Wal y Bongers 2013) que representan el 2.03 % de la superficie del estado. La riqueza de especies arbóreas y arbustivas en estos agroecosistemas es estimada en más de 200 especies (van der Wal et al. 2014). Este valor es elevado en comparación con otros registros a nivel mundial (Bernholt et al. 2009; Wiehle et al. 2014). Esto lo vuelve un ejemplo conveniente para el estudio sobre las variaciones espaciales y temporales de la agrobiodiversidad en agroecosistemas pequeños, inmersos en entornos deforestados.

Hay evidencia de la importancia de los huertos familiares como reservorios de biodiversidad, tanto en estudios internacional (Das y Das 2015; Eyzaguirre y Watson 2002), como nacional (Mariaca Méndez 2012; van der Wal et al. 2014). En ambos casos se han realizados amplios listados de especies y reportado diferencias geográficas y culturales en la composición (Das y Das 2015). Sin embargo, es escasa la información, particularmente en regiones tropicales, que integre variables biofísicas y socioeconómicas para el entendimiento de agroecosistemas complejos (Mendez et al. 2001), así como es escaso el entendimiento de la evolución de la estructura y funcionalidad de los huertos en el tiempo (Peyre et al. 2006). Han sido poco explorados los cambios temporales de la agrobiodiversidad, considerando la variabilidad ecológica y social de los sistemas a lo largo del tiempo (Scales y Marsden 2008). Dada la rápida pérdida de cobertura vegetal del estado de Tabasco ligada a la expansión de la frontera agrícola y la consecuente pérdida de biodiversidad, agroecosistemas como los huertos familiares son elementos claves en la conservación de la agrobiodiversidad. No obstante, enfrentan retos ambientales y socio-culturales considerables, por lo que es crucial obtener un mayor entendimiento de estos sistemas y trabajar para propiciar su conservación.

En este trabajo se exploran las variaciones espacio-temporales del componente arbóreo de la agrobiodiversidad. Este juega un papel relevante en las estrategias familiares, ya que la calidad y cantidad de alimentos, medicinas, fertilizantes orgánicos,

materiales de construcción, combustibles, objetos religiosos, entre otros productos, están ligados a la riqueza y abundancia de especies de árboles (Altieri 2000; Wezel y Ohi 2005). En la vida cotidiana, se obtienen diferentes productos de la agrobiodiversidad en los huertos (Galluzzi et al. 2010). Particularmente los árboles son recursos de los que se pueden obtener bienes en distintos periodos del año. Tradicionalmente hay árboles frutales de temporada (e.g. mango, *Mangifera indica*), otros con producción a lo largo de todo el año (e.g. carambola, *Averrhoa carambola*) y también especies maderables cuyo aprovechamiento requiere periodos prolongados de crecimiento (e.g. cedro, *Cedrela odorata*). La mayoría de estas especies arbóreas tienen fines de autoconsumo (Veteto y Skarbo 2009) y comerciales (Mendez et al. 2001). Además, forman el estrato de vegetación superior de estos agroecosistemas, lo que contribuye a su complejidad y a proporcionar beneficios ecológicos semejantes a los de ecosistemas naturales (Abebe et al. 2013; Kabir y Webb 2008b).

La amplia variedad de usos, el potencial comercial y la importancia ecológica de las especies arbóreas, vuelve transcendental su estudio a lo largo del tiempo, para entender los cambios que se presentan en diferentes contextos. Este trabajo recopila la información de tres inventarios arbóreos realizados a lo largo de seis años. Se identificaron las variaciones de la agrobiodiversidad en huertos familiares y se exploran posibles relaciones entre las acciones y actividades concretas de los propietarios de huertos y la abundancia y riqueza de especies arbóreas en tres diferentes subregiones geomorfológicas en las tierras bajas de Tabasco. Los resultados permiten entender a los huertos familiares como agregados de elementos vinculados y explorar su potencial de conservación *in situ*, más allá de listados de especies de cada unidad. Además, representa uno de los pocos esfuerzos por indagar el papel del tiempo en las variaciones de riqueza y diversidad de diferentes grupos de especies arbóreas en agroecosistemas tropicales latinoamericanas. Esto con el propósito de evaluar conjuntos de huertos como un reservorio de agrobiodiversidad genética regional a largo plazo.

## 5. Preguntas de investigación

- ¿Los valores de agrobiodiversidad varían a lo largo del tiempo a escala regional?
- ¿Las variaciones se relacionan con la subregión geomorfológica?
- ¿Las variaciones son detectables en grupos de especies con diferentes orígenes geográficos?
- ¿Cómo se relacionan acciones y actividades concretas de los propietarios en la abundancia y riqueza de la agrobiodiversidad arbórea?
- ¿Las acciones y actividades son diferentes en las distintas subregiones geomorfológicas?

## 6. Objetivo general y particulares

- Determinar si conjuntos regionales de huertos familiares tropicales, conservan la agrobiodiversidad arbórea local de especies nativas y neotropicales.
  - Analizar el cambio regional de la agrobiodiversidad a lo largo de seis años.
  - Analizar los cambios en tres subregiones geomorfológicas.
  - Explorar variaciones espacio-temporales de especies nativas, neotropicales e introducidas.
  - Detectar acciones y actividades concretas relacionadas con el uso y la producción de las especies de árboles.
  - Analizar si existe una relación entre las acciones y actividades detectadas y la abundancia y riqueza arbórea.

## 7. Metodología

### 7.1. Zona de estudio

El estado de Tabasco está ubicado en el sureste de México entre las coordenadas 17°19'00" y los 18°39'00" de latitud norte y los 90°57'00" y 94°08'00" de longitud oeste. Limita al norte con el Golfo de México, al sur con Chiapas, al oeste con Veracruz, al noreste con Campeche y al sureste con la República de Guatemala. De acuerdo con el último censo del INEGI (2010) está habitado por 2,238,603 habitantes y se extiende por una superficie de 24, 737.81 km<sup>2</sup>. De acuerdo con el sistema de clasificación de Köeppen, el clima transita de cálido húmedo con lluvias en verano (Am(w)"(i)g) en la costa, al cálido húmedo con alta precipitación todo el año Af(m)w"(i)g en los confines con Chiapas. La temporada de lluvias es de junio a noviembre, aunque continúan de manera moderada hasta el mes de marzo, la temporada seca abarca de abril a junio. La precipitación anual varía de la costa a la montaña, de 1,617 mm a 2,123 mm respectivamente, y las medias anuales máximas y mínimas de temperatura van de 30.7°C a 21.9°C en la costa y de 39.7°C y 13.2°C en la subregión montañosa (Palma-López et al. 2007), mientras que la temperatura media anual varía entre 24° y 28 °C (INEGI 2001).

Tabasco está conformado por mosaicos de ecosistemas con una marcada variación en su composición, de acuerdo a la subregión geomorfológica y geográfica en la cual se encuentran (Palma-López et al. 2007). Puede distinguirse tres mosaicos relevantes para este trabajo:

- 1) Un mosaico en la Costa donde se encuentra una combinación de tierras inundables con plantaciones de macuilis (*Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC) en potreros, plantaciones de coco (*Cocos nucifera* L.), y lagunas costeras y manglares. La fertilidad de los suelos es media-baja y son arenosos y profundos (Arenosoles) (Palma-López et al. 2008). Las principales actividades económicas son las del sector pesquero (pesca ribereña y de alta mar, cultivo de ostión y camarón, captura de cangrejo y jaiba) y agropecuario (cultivo cocotero, ganadería extensiva, explotación forestal de mangle y cultivo de hortalizas). Existe poca presencia del sector turístico, contrario a la industria petrolera, cuya presencia se asocia a la degradación de los ecosistemas y afectaciones económicas regionales (Palma-López et al. 2007) (Imagen 1).

- 2) Otro mosaico en la Planicie Fluvial, con remanentes de vegetación arbórea en la cercanía de cuerpos de agua, agroecosistemas de agricultura mecanizada, cacaotales y potreros con cercas vivas. Los suelos son profundos y ricos en nutrimentos, pero con problemas de anegamiento y falta de aireación (Gleysoles y Vertisoles) (Palma-López et al. 2008). A pesar de la alta fertilidad de los suelos, esta región ha sido afectada por programas de desarrollo gubernamentales que fomentan el establecimiento de extensos monocultivos (arroz, caña de azúcar, cacao, plátano, pastos para ganadería, entre otros) y la eliminación de la vegetación primaria (selva mediana perennifolia) (Palma-López et al. 2007) (Imagen 2).
- 3) Y un tercero formado en las laderas de Montaña, en los confines con el estado de Chiapas, con alturas de hasta 400 msnm, donde remanentes de vegetación selvática original alternan con potreros y pequeñas áreas de cultivos básicos bajo el sistema de roza-tumba-quema. Los suelos son de origen calcáreo, con buen contenido de materia orgánica y disponibilidad de nutrimentos (Leptosoles y Vertisoles) (Palma-López et al. 2008). Sin embargo, la sustitución de la cobertura de selva por pastizales y agricultura han generado severos problemas de erosión hídrica. Esfuerzos para frenar este proceso de degradación, a través de la conservación de selvas, se han emprendido a través del ecoturismo. Dicha actividad ha resultado una alternativa de desarrollo para los pequeños grupos indígenas –Choles y Zoques– de la zona (Imagen 3).

En los tres mosaicos descritos, se encuentran pequeños poblados rurales denominados rancherías (West et al. 1987), la tenencia de la tierra es mayoritariamente ejidal. La composición botánica de los huertos presenta ciertas variaciones entre los mosaicos (van der Wal et al. 2014). La cual se renueva en cada caso a partir de intercambios de plantas entre familiares y amigos, la adopción de plantas de valor comercial y la implementación de programas gubernamentales ocasionales.



Imagen 1. Mosaico ubicado en Costa en los municipios Cárdenas, Centla y Paraíso.



Imagen 2. Mosaico ubicado en Planicie Fluvial en los municipios Emiliano Zapata, Huimanguillo, Jonuta, Nacajuca y Teapa.



Imagen 3. Mosaico ubicado en laderas de Montaña en los municipios Huimanguillo, Teapa y Tenosique.

## 7.2. Selección de huertos

En este trabajo se distinguieron tres escalas: 1) El huerto familiar individual que depende principalmente de la estrategia económica familiar y el intercambio de material genético con los huertos y ecosistemas cercanos. 2) El conjunto de huertos ubicados en una misma subregión geomorfológica, con un reservorio de biodiversidad mayor, resultado de las estrategias de las familias de la localidad. 3) El conjunto regional de huertos tropicales estudiados en Tabasco, conjunto que forma parte del mosaico productivo local, con el cual cada huerto y los conjuntos regionales intercambian material genético.

En 2009 se realizó una selección de comunidades representativas de las tres principales zonas geomorfológicas de Tabasco: Costa, Planicie Fluvial y Montaña. En estas comunidades, se seleccionaron de uno a tres huertos cuyos propietarios tuvieran disposición para trabajar con nosotros y mostraran un manejo activo (van der Wal y Bongers 2013). En un periodo de seis años se realizaron tres visitas a los mismos 38 huertos familiares, ubicados en las tres subregiones geomorfológicas descritas (Figura 2). En total se visitaron 38 huertos, 8 ubicados en Costa, 17 en Planicie Fluvial y 13 en Montaña. (Imágenes 4 a 6).

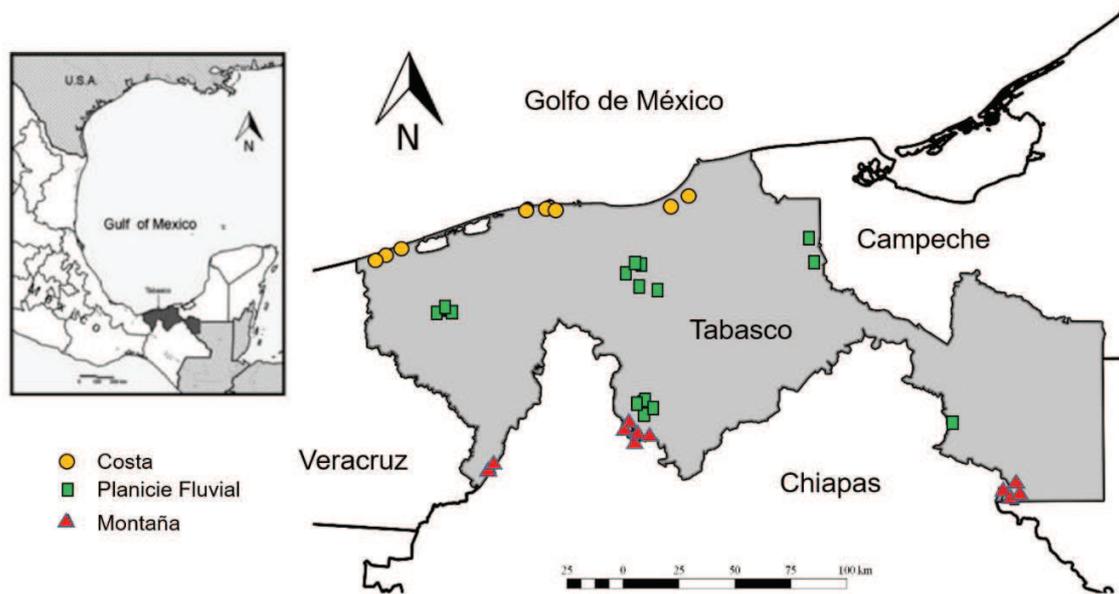


Figura 2. Distribución de los huertos estudiados en tres zonas geomorfológicas de Tabasco: 8 en la Costa, 17 en la Planicie Fluvial y 13 en Montaña.



Imagen 4. Huertos familiares de la subregión Costa.



Imagen 5. Huertos familiares de la subregión Planicie Fluvial.



Imagen 6. Huertos familiares de la subregión Montaña.

### 7.3. Determinación de cambios

En los huertos de la muestra se realizó un primer inventario en 2009, un segundo en 2012, y un tercero en 2015. En el primer inventario se identificó a todos los árboles con un DAP mayor a 2 cm y se realizó un mapa *in situ* del huerto en el cual se indicaba la posición de todos los árboles (van der Wal y Bongers 2013). En los inventarios se consideraron todas las especies arbóreas, arbustos, palmas y plátanos, sin considerar herbáceas, ni arbustos ornamentales. En 2012 y 2015 se actualizaron los inventarios, de esta manera, se determinaron para cada huerto los cambios en riqueza entre las fechas

de muestreo y los cambios en la abundancia de las especies. En campo se identificó el nombre común y científico de los ejemplares detectados, con base en guías de identificación de especies de la región y el conocimiento de campo del equipo. Se identificó el origen biogeográfico de las especies, recurriendo a las bases de datos de Trópicos y WCSP (Missouri botanical garden 2015; WCSP 2015). Para determinar cambios diferenciales en grupos de especies, se distinguió entre nativas cuya distribución está limitada al sureste mexicano, Belice y Guatemala; neotropicales aquellas que se han registrado ampliamente en la parte tropical de América; e introducidas.

#### 7.4. Construcción de índices

A partir de los inventarios de 2009 y 2012, se identificaron las especies más abundantes, las que más aumentaron y las eliminadas en el intervalo de tiempo estudiado. Con estos datos se realizaron encuestas específicas para cada huerto, en las cuales se consideraron las especies más abundantes y las de mayor cambio (aumento o disminución) (Anexo 3). Cada encuesta aplicada en campo, fue previamente caracterizada con las especies que en el lapso de 2009 a 2012 fueron sembradas, eliminadas y las más abundantes. Además, se incluyó una sección sobre la generación de ingresos a partir de las principales actividades económicas que conforman las estrategias familiares. Estas actividades fueron identificadas en un estudio anterior realizado en la zona de Los Ríos, Tabasco (Checa Rivas 2015).

Con los resultados de las encuestas se construyeron dos índices de sumatoria ponderada. Para ello se asociaron valores a cada uno de los elementos de la sumatoria en función del efecto y la importancia relativa que tienen sobre los rangos a evaluar (Anexo 4). Uno refiere al papel del huerto en la Economía Familiar (EF) en función de la orientación económica del huerto, distinguiendo entre autoconsumo, venta y regalo o intercambio (inversión social). Se corroboró la información de los individuos más abundantes, los eliminados y los nuevos individuos registrados, indagando los motivos por los que plantaron o eliminaron ciertos árboles. Los valores cercanos al cero reflejan que los productos arbóreos del huerto no parecen ser incluidos significativamente en la EF, ya que la producción no está orientada para el autoconsumo o venta y más bien se regala, o en su defecto no es aprovechada. Por otra parte, los valores cercanos al 1

indican mayor inclusión de los productos arbóreos en esta dinámica, son agroecosistemas de los que se obtienen diferentes productos que consume la familia -lo cual implica un ahorro en la compra de estos productos- o los venden de manera constante.

El segundo índice refiere al Trabajo Evidente (TE) realizado en el huerto, incorpora información sobre los motivos por los que ciertos árboles fueron removidos y se complementa con registros sistemáticos (fotográficos y escritos) de la abundancia y manejo de basura<sup>1</sup>, la presencia de plagas en los árboles y las acciones de atención y cuidado de las plantas por parte de los propietarios. Se refiere a la apreciación del trabajo que se realiza en el huerto para generar productos. Valores cercanos al uno hacen referencia a un espacio en el que parece haber mayor trabajo para obtener producción agrícola considerable, supone mayor interés por la calidad y cantidad de los productos, al realizar prácticas de mejoramiento y mantenimiento del huerto. Los valores cercanos al cero reflejan menor trabajo evidente del huerto para la producción agrícola, el espacio parece ser utilizado como una extensión de la vivienda en el que no se aprovecha tanto su potencial agrícola, su utilidad es para otro tipo de actividades de la familia (construcción, basurero, almacén, espacio de trabajo, etc.).

#### 7.5. Análisis de datos

Los análisis se realizaron en la muestra Regional (38 huertos) y en los conjuntos subregionales de Costa (8 huertos), Planicie Fluvial (17 huertos) y Montaña (13 huertos). Se calcularon coeficientes de correlación entre el número de árboles y la riqueza de especies en cada huerto, al igual que las relaciones con el tamaño del huerto, en todos los casos se realizó la prueba de Pearson. Para identificar diferencias subregionales en composición de especies, se realizó un análisis de similitud (ANOSIM) y se utilizó la corrección secuencial de Bonferroni. Los cambios entre inventarios se analizaron con pruebas de Friedman, para las variables: número de árboles y riqueza de especies. Adicionalmente, en los cuatro conjuntos mencionados, se evaluaron los cambios por grupos de especies nativas, neotropicales e introducidas. En los casos en los que hubo

---

<sup>1</sup> Se consideró como basura los residuos familiares producidos en casa como: bolsas de plástico, papeles, latas, envases (de plástico, cartón, vidrio, tetrapack, etc.), trapos, ropa, desechos sanitarios, así como los contenedores de insumos agrícolas y llantas.

diferencias significativas se realizaron análisis pareados de Wilcoxon con la corrección secuencial de Bonferroni.

El índice de diversidad verdadera reporta el número de especies efectivas que tendría una comunidad teórica en la que todas las especies tuvieran la misma abundancia (Jost 2006). Para cada uno de los huertos en los tres inventarios, se calculó la diversidad verdadera de grado 1 ( ${}^1D$ ), que determina el número de especies efectivas sin sobrevalorar las especies raras o las comunes. Esto a partir de la función exponencial del índice de Shannon-Wiener  $H'$ , de manera que:

$${}^1D = f(x) = e^{H'}$$

Para determinar las variaciones de los valores de diversidad verdadera entre inventarios, se realizaron pruebas de Friedman y análisis pareados de Wilcoxon con la corrección secuencial de Bonferroni en los casos que presentaron diferencias significativas.

Por último, se exploró el comportamiento de ambos índices (EF y TE) en las tres subregiones geomorfológicas. Los valores medios entre subregiones se compararon con la prueba de Kruskal-Wallis. En esta sección se estandarizaron los valores de riqueza de especies a partir del método de rarefacción basado en individuos. Se calcularon coeficientes de correlación entre los valores de los índices y el número de árboles y la riqueza especies en cada huerto, en estos casos se utilizó la prueba de Spearman.

Todos los análisis se llevaron a cabo en el programa estadístico Past versión 3.09.

## 8. Resultados

### 8.1. Composición de los huertos familiares en 2009, 2012 y 2015

Los huertos visitados se encuentran distribuidos en 30 localidades pertenecientes a 9 municipios del estado de Tabasco. El tamaño de los huertos está entre los 178 m<sup>2</sup> y los 5,497 m<sup>2</sup>, con un promedio de 1,781.68 ( $\pm 1110.61$ ) m<sup>2</sup>. De los tres inventarios, el número de árboles en cada huerto varió de 5 a 319 con promedio general de 94 ( $\pm 63.48$ ) individuos por huerto. La riqueza de especies oscila entre 4 y 44, con un promedio general de 23 ( $\pm 8.97$ ) especies en cada huerto. La riqueza de especies está directamente relacionada con el número de árboles presentes en el huerto ( $r = 0.79$ ,  $p < 0.001$ ). A su vez, el número de árboles ( $r = 0.67$ ,  $p < 0.001$ ) y la riqueza de especies observada ( $r = 0.69$ ,  $p < 0.001$ ) se relacionan positivamente con el tamaño de los huertos.

En los 3 años de inventarios se registraron 164 especies pertenecientes a 120 géneros y 46 familias (Tabla 1). La familia dominante fue Fabaceae con 19 géneros y 25 especies, seguida de Arecaceae, Malvaceae y Rutaceae con 9 especies cada una y Moraceae y Sapindaceae con 8 y 7 respectivamente. Los géneros con más especies fueron *Citrus* (7 especies), *Musa* (6), *Annona* (5), *Ficus* (4) e *Inga* (4) (Anexo 1 para lista de especies detallada, incluyendo nombre científico, familia y origen biogeográfico). Las especies registradas en más del 70 % de los huertos fueron: *Annona muricata* L. (guanábana, 31 huertos), *Citrus limón* (L.) Osbeck (limón, 31), *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (naranja, 31), mango *Mangifera indica* L. (31), *Cocos nucifera* L. (palma de coco, 30) y *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC (macuilis, 28). Por otra parte, 28 especies ocurrieron en un solo huerto.

Tabla 1. Composición de familias, géneros y especies en cada uno de los años de muestreo (la columna total refiere a los valores acumulados de los 3 años) y valores promedio de número de árboles y riqueza de especies por huerto.

	2009	2012	2015	Total
Familias	45	44	45	46
Géneros	102	104	108	120
Especies	131	137	145	164
Árboles por huerto (±sd)	90.8 (±60.42)	91 (±67.84)	100.3 (±63.20)	-
Especies por huerto (±sd)	22.3 (±8.34)	21.9 (±8.81)	24.9 (±9.65)	-

## 8.2. Cambios en el número de árboles y recambio de especies a escala regional

En cada huerto se registraron cambios entre los inventarios, tanto en el número de árboles como en la riqueza de especies (Anexo 2 para tabla detallada). Del 2009 al 2012 disminuyeron ambas variables en más de la mitad de los huertos. Mientras que en los intervalos 2012 a 2015 y 2009 a 2015, aumentaron en la gran mayoría (Tabla 2). No hubo diferencias significativas en los valores medios del número total de árboles ( $\chi^2(2) = 4.76$ ,  $p = 0.09$ ). Se identificó mayor número de árboles introducidos entre los años ( $\chi^2(2) = 8.75$ ,  $P = 0.01$ ), los cuales aumentaron del 2012 al 2015 ( $P = 0.01$ ).

Tabla 2. Huertos familiares en los que el número de árboles y la riqueza de especies aumentaron, disminuyeron o permanecieron entre los inventarios.

	Número de árboles			Riqueza de especies		
	2009-2012	2012-2015	2009-2015	2009-2012	2012-2015	2009-2015
Aumentaron	16	28	20	15	25	24
Disminuyeron	22	10	16	20	10	11
Permanecieron	0	0	2	3	3	3

El número de especies efectivas difirió entre los años de muestreo ( $\chi^2(2) = 6.96$ ,  $P = 0.03$ ), hubo más especies efectivas en 2015 que en 2012 ( $P = 0.01$ ). Las diferencias

entre 2009 y 2012 y entre 2009 y 2015 no fueron significativas ( $P = 0.38$  and  $0.09$ ). Al analizar la riqueza de los grupos de especies, tanto las neotropicales ( $\chi^2(2) = 10.25$ ,  $P = 0.005$ ) como las introducidas ( $\chi^2(2) = 6.96$ ,  $P = 0.03$ ) presentaron diferencias significativas entre años. Fue mayor la riqueza de especies neotropicales en 2015 que en 2009 ( $P = 0.02$ ) y que en 2012 ( $P = 0.01$ ) y en el caso de las introducidas en 2015 la riqueza fue mayor que en 2012 ( $P = 0.003$ ).

De las 164 especies identificadas 49 (29.88 %) son nativas de la subregión sureste de México, 73 (44.51 %) son de origen neotropical y 42 (25.61 %) son introducidas. En los tres inventarios permanecieron 110 especies, la mayoría neotropicales (40.90 %) y en menor proporción nativas (28.20 %) e introducidas (30.90 %). Los árboles nativos más abundantes son especies principalmente maderables (cedro *Cedrela odorata*, moté *Erythrina americana*, escobillo *Eugenia rubella* y caoba *Swietenia macrophylla*) y algunos frutales (nance *Byrsonima crassifolia* y guayaba *Psidium guajava*). Los árboles neotropicales más abundantes, son especies con usos variados de consumo (guanábana *Annona muricata*, papaya *Carica papaya* y cacao *Theobroma cacao*), maderables (cocoite *Gliricidia sepium* y macuilis *Tabebuia rosea*), para construcción y cercos (mulato *Bursera simaruba* y tatuán *Colubrina ferruginosa*). Las especies introducidas son principalmente comestible (naranja *Citrus sinensis*, limón *C. limón*, palma de coco *Cocos nucifera*, mango *Mangifera indica*, plátano macho *Musa paradisiaca*, p. cuadrado *M. balbisiana*, p. roatán *M. sapientum* y p. dátil *M. acuminata*) y son comerciables.

En 2015 se identificaron 20 especies (7 nativas, 12 neotropicales y 1 introducida) que no se habían detectado anteriormente. Hubo pocas especies cuya ocurrencia fuera únicamente en 2009 (1 nativa y 1 introducida) o en 2012 (1 nativa y 2 neotropicales). Entre los años de muestreos consecutivos se compartieron mayor cantidad de especies (14 entre 2009 y 2012, y 10 entre 2012 y 2015) que las especies compartidas entre los muestreos más alejados temporalmente (5 ente 2009 2015) (Figura 3).

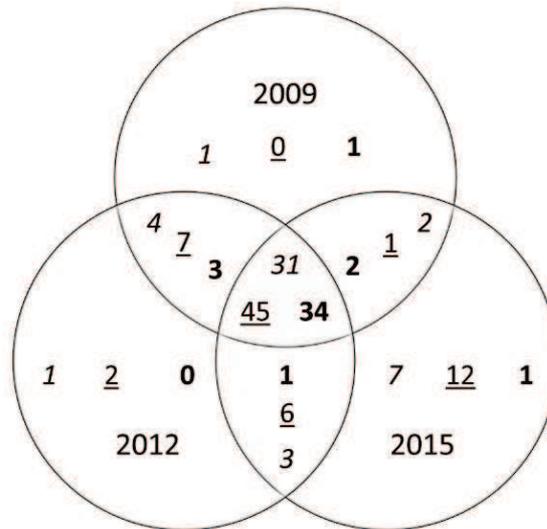


Figura 3. Diagrama de Venn con el número de especies nativas, neotropicales e introducidas que se comparten o no entre los años de muestreo. Cada círculo representa uno de los inventarios: 2009 (superior), 2012 (inferior izquierdo) y 2015 (inferior derecho). Diferentes estilos de fuente indican la cantidad de especies *nativas*, *neotropicales* e *introducidas* en cada uno de los años.

### 8.3. Diferencias y cambios subregionales de la agrobiodiversidad

El ANOSIM indica diferencias significativas en composición entre las tres subregiones ( $R = 0.19$ ,  $P = 0.001$ ), con diferencias en las tres partes de comparación ( $P = 0.03$ ,  $0.01$ ,  $0.00$ ). El mismo análisis mostró diferencias subregionales en la composición de especies ( $R = 0.14$ ,  $P = 0.003$ ) entre Planicie Fluvial y Montaña en 2012 ( $P = 0.005$ ). Las diferencias subregionales significativas se mantuvieron en 2015 ( $R = 0.22$ ,  $P < 0.0001$ ) y se detectaron entre Costa y Planicie Fluvial ( $P = 0.004$ ) y entre Planicie Fluvial y Montaña ( $P = 0.0000$ ). No hubo diferencias significativas entre Costa y Montañas ( $P = 0.07$ ).

La subregión Costa se caracteriza por especies como: zapote de agua (*Pachira aquatica*), caoba (*Swietenia macrophylla*) (nativas), mulato *Bursera simaruba*, amate *Ficus insipida* (neotropicales), palma de coco (*Cocos nucifera*) y plátano macho (*Musa paradisiaca*) (introducidas). En la Planicie Fluvial abunda moté (*Erythrina americana*) (nativas), cacao (*Theobroma cacao*), tatuán (*Colubrina ferruginosa*) (neotropicales), plátano dátil (*Musa acuminata*) y p. cuadrado (*M. balbisiana*) (introducidas). Mientras que, en la Montaña, las especies características son chichón (*Guarea chichon*), escobillo

(*Eugenia rubella*) (nativas), cocoite (*Gliricidia sepium*), bojón (*Cordia alliodora*) (neotropicales), plátano roatán (*Musa sapientum*) y café (*Coffea arabica*) (introducidas).

El número de especies efectivas varía de 12.5 a 14.7 en Montaña, de 12.4 a 13.8 en Planicie Fluvial y de 11.9 a 14.7 en Costa (Tabla 3). Entre los años de muestreo hubo diferencias significativas en el número de especies efectivas en la Costa ( $\chi^2(2) = 7.5$ ,  $P = 0.02$ ), en 2015 hubo más especies efectivas que en 2009 ( $P = 0.01$ ). La diversidad verdadera no presentó diferencias significativas en la Planicie Fluvial ( $\chi^2(2) = 2.4$ ,  $P = 0.30$ ), ni en la Montaña ( $\chi^2(2) = 5.89$ ,  $P = 0.05$ ). La diversidad verdadera promedio de los huertos familiares de la Costa con respecto a la Montaña aumentó consistentemente, en 2009 representaba el 94 % de la diversidad de los huertos de Montaña, en 2012 el 97 % y en 2015 casi el 100 %. El aumento también fue constante en comparación con la diversidad verdadera de los huertos de la Planicie Fluvia, de los cuales representó el 89 % en 2009, el 98 % en 2012 y 106 % en 2015. En el caso de la Planicie Fluvial la diversidad verdadera media de los huertos disminuyó, de representar el 106 % de la diversidad verdadera de los huertos de Montaña en 2009, bajó al 99 % en 2012 y a 94 % en 2015.

Los valores medios de riqueza variaron entre 22.88 y 28.88 en la Costa, entre 21.88 a 24.24 en la Planicie Fluvial y 20.77 a 23.38 en la Montaña. Entre los tres años de muestreo hubo diferencias significativas en la riqueza media regional de especies ( $\chi^2(2) = 9.021$ ,  $P=0.01$ ), la cuál aumentó de 2012 a 2015 ( $P = 0.004$ ) de 21.92 especies a 24.92. (Tabla 3).

Tabla 3. Valores medios y desviación estándar del número de árboles, riqueza de especies y diversidad verdadera de los conjuntos de huertos familiares en las tres subregiones geomorfológicas.

	Año	Número de árboles		Riqueza de especies		Diversidad verdadera(1D)	
		Media	SD	Media	SD	Media	SD
Costa	2009	113.13	59.86	22.88 <sup>a</sup>	8.34	11.93	0.91
	2012	105.00	54.08	23.63 <sup>a</sup>	8.47	12.19	1.30
	2015	127.25	57.29	28.88 <sup>b</sup>	7.77	14.65	0.92
Planicie Fluvial	2009	91.41	67.09	23.29	8.94	13.40	1.33
	2012	86.00	65.88	21.88	8.87	12.42	1.18
	2015	100.41	67.06	24.24	10.03	13.81	1.49
Montaña	2009	76.31	51.04	20.77	7.97	12.61	1.23
	2012	89.00	80.80	20.92	9.46	12.51	1.33
	2015	83.54	60.13	23.38	10.20	14.67	1.83
Regional	2009	90.8	60.4	22.34 <sup>ab</sup>	8.34	12.82	4.59
	2012	91	67.8	21.92 <sup>a</sup>	8.81	12.41	4.50
	2015	100	63.2	24.92 <sup>b</sup>	9.65	14.28	5.64

Para los valores regionales se detectaron diferencias significativas en la riqueza media de especies neotropicales ( $\chi^2(2) = 10.25$ ,  $P = 0.01$ ), este valor aumentó significativamente del 2012 al 2015 ( $P = 0.02$ ) de 7.67 a 8.87 especies. Lo mismo ocurrió con la riqueza de especies introducidas ( $\chi^2(2) = 6.96$ ,  $P = 0.03$ ), que incrementó del 2012 al 2015 ( $P = 0.008$ ) de 8 a 9.32 especies (Tabla 4). En los conjuntos subregionales, únicamente el de huertos de la Costa presentó diferencias significativas en la riqueza de especies entre los años de muestreo, tanto al considerar todas las especies ( $\chi^2(2) = 6.797$ ,  $P = 0.03$ ), como en las especies nativas ( $\chi^2(2) = 7.0105$ ,  $P = 0.03$ ) y neotropicales ( $\chi^2(2) = 6.259$ ,  $P = 0.04$ ) (Tabla 4).

Tabla 4. Medias de la riqueza de los tres grupos de especies en cada una de las subregiones geomorfológicas. Letras diferentes indican diferencias significativas.

	Año	Nativas	Neotropicales	Introducidas
Costa	2009	6.5 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	8.38
	2012	6.9 <sup>ab</sup>	7.38 <sup>ab</sup>	9.38
	2015	8 <sup>b</sup>	10.13 <sup>b</sup>	10.75
Planicie Fluvial	2009	6.76	7.76	8.76
	2012	6.12	7.59	8.18
	2015	6.12	8.65	9.47
Montaña	2009	5.77	7.62	7.46
	2012	5.85	8.23	6.92
	2015	6.77	8.38	8.23
Regional	2009	6.36	7.76 <sup>ab</sup>	8.24 <sup>ab</sup>
	2012	6.18	7.67 <sup>a</sup>	8.00 <sup>a</sup>
	2015	6.73	8.87 <sup>b</sup>	9.32 <sup>b</sup>

\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre los valores.

#### 8.4. Índices de Economía Familiar y Trabajo Evidente

Los valores medios más elevados del índice de EF se presentan en la Costa ( $0.67 \pm 0.07$ ), seguidos por la Planicie Fluvial ( $0.57 \pm 0.05$ ) y por último en la Montaña ( $0.53 \pm 0.05$ ). Comportamiento distinto a lo que ocurre con el índice de TE, en el que los valores medios más elevados son los de la Montaña ( $0.68 \pm 0.07$ ), mientras que en Costa y Planicie Fluvial son más bajos ( $0.67 \pm 0.06$  y  $0.63 \pm 0.05$  respectivamente) (Figura 4).

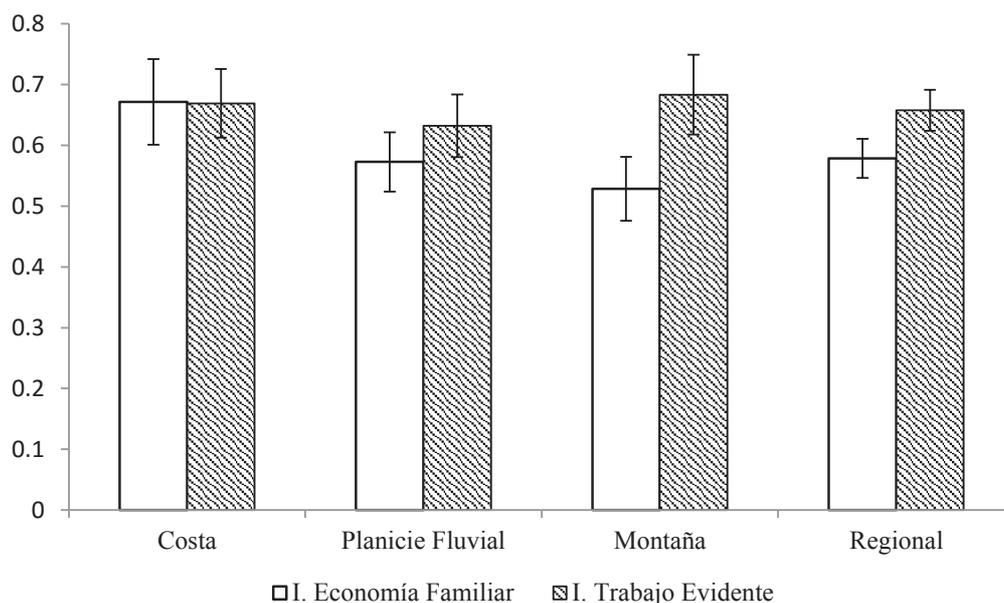


Figura 4. Valor medio ( $\pm$  e.e.) de los índices de Economía Familiar y Trabajo Evidente, en las tres subregiones geomorfológicas y en el conjunto regional de huertos.

En la Costa el valor medio de ambos índices es prácticamente el mismo. En la Planicie Fluvial el índice TE tiene valores medios más altos que el de EF. Tendencia que es más marcada en la Montaña, donde se presenta el valor más alto de TE y el más bajo de EF. Aun cuando ambas subregiones presentan el mismo comportamiento que los valores medios de la muestra regional, no detectamos diferencias significativas en los valores regionales de EF ( $X^2 = 2.30$ ,  $p = 0.32$ ) ni de TE ( $X^2 = 0.42$ ,  $p = 0.81$ ).

No hubo correlación entre los índices EF y TE ( $r_s = -0.18$ ,  $p = 0.28$ ) en el conjunto regional de huertos. Tampoco las detectamos en el análisis por subregiones: Costa ( $r_s = 0.47$ ,  $p = 0.24$ ), Planicie Fluvial ( $r_s = -0.30$ ,  $p = 0.24$ ) ni Montaña ( $r_s = -0.17$ ,  $p = 0.58$ ) (Figura 5). En el caso de las relaciones de los índices con el número de árboles y la riqueza de especies, los valores de  $p$  obtenidos a partir de las correlaciones, no aportan evidencia de algún tipo de relación lineal significativa entre las variables (Tabla 5).

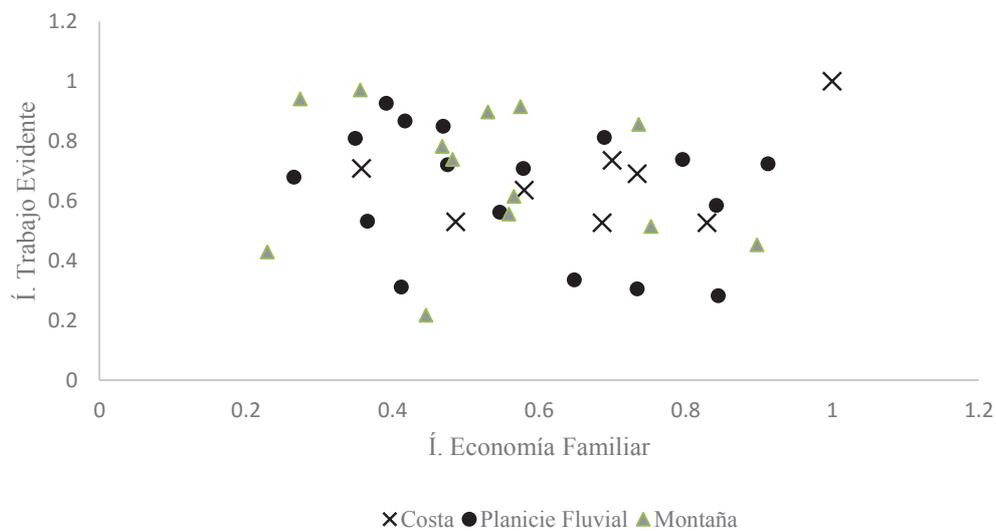


Figura 5. Relación de los valores de los índices de EF y TE en las tres subregiones geomorfológicas.

Tabla 5. Valores de los coeficientes de correlación de Spearman en las tres subregiones geomorfológicas y en el conjunto regional de huertos.

		EF		TE	
		$r_s$	$p$ - <i>valor</i>	$r_s$	$p$ - <i>valor</i>
Costa	# de árboles	-0.46	0.25	-0.47	0.24
	Riqueza	-0.68	0.06	-0.46	0.25
	Rarefacción	-0.02	0.98	-0.31	0.45
Planicie Fluvial	# de árboles	0.25	0.33	-0.16	0.53
	Riqueza	0.10	0.70	-0.25	0.33
	Rarefacción	-0.01	0.98	0.20	0.43
Montaña	# de árboles	-0.09	0.76	0.03	0.93
	Riqueza	-0.07	0.82	0.09	0.77
	Rarefacción	0.19	0.56	-0.05	0.88
Regional	# de árboles	0.08	0.64	-0.11	0.49
	Riqueza	-0.01	0.97	-0.12	0.49
	Rarefacción	0.01	0.97	0.00	0.99

## 9. Discusión

La agrobiodiversidad arbórea registrada es elevada en los tres años de muestreo (131,137, 145 especies cronológicamente), incluso son valores superiores a los obtenidos en otras zonas tropicales del mundo (Bernholt et al. 2009; Nair y Kumar 2006; Wiehle et al. 2014). El tamaño de los huertos fue un factor determinante en el número de árboles y la riqueza de especies, patrón que se ha reportado también en otros estudios (Kehlenbeck et al. 2007; Wiersum 2006). Esto es de esperarse ya que los árboles frutales y maderables requieren mayor superficie para establecerse y producir. La riqueza de especies depende entonces del espacio destinado a la producción agrícola, en función de las prioridades y objetivos de la familia (Chávez-García et al. 2012), ya que la realización de otras actividades (cría de animales, aserraderos, etc.) o la expansión de la vivienda, compromete el área destinada para el huerto (testimonios registrados en campo). Cabe resaltar que los valores elevados representan el listado total de los tres conjuntos subregionales, por lo que destaca la importancia de la vinculación de estos conjuntos, como se describe en Vietnam (Trinh et al. 2003) y Bangladesh (Kabir y Webb 2008a) dónde los conjuntos de huertos familiares promueven la conservación *in situ* de especies locales, más que cada unidad independientemente.

La composición y dominancia de especies es particular de cada subregión geomorfológica y se mantuvo constante a lo largo del tiempo. La particularidad se atribuye, por una parte, a características edáficas y climáticas (Hodgkin 2001; Méndez y Gliessman 2002) o las diferencias de altitud (Abebe et al. 2009), que favorecen el establecimiento y desarrollo de unas u otras especies. Por ejemplo, los árboles utilizados como cerco vivo son propios en cada subregión. En la Costa dominan mulato (*Bursera simaruba*) y zapote de agua (*Pachira aquatica*), en la Planicie Fluvial moté (*Erythrina americana*) y en la Montaña cocoite (*Gliricidia sepium*) y escobillo (*Eugenia rubella*). Por otra parte, los patrones subregionales de composición y diversidad de árboles, también dependen de las estrategias económicas que desarrollan los propietarios de acuerdo con los recursos con los que cuentan y las características de su entorno (van der Wal et al. 2014). Dichas estrategias se asemejan al compartir contextos productivos comunes

(Altieri, 2000) y al establecer redes de intercambio entre familiares y conocidos (Buchmann, 2009). Ejemplo de esto fue la abundancia diferencial de especies comerciales en cada subregión: cocos (*Cocos nucifera*) en Costa, cacao (*Theobroma cacao*) en Planicie Fluvial y café (*Coffea arabica*) en Montaña.

Los valores más altos de especies efectivas se reportaron en Montaña, e indican huertos más diversos. En la subregión Montaña se encuentran los remanentes de vegetación de selva más grandes, lo cual puede representar una fuente de recursos genéticos aprovechada por los propietarios (Das y Das 2015) que eleva la riqueza de los huertos de esta subregión. Es posible que también influyan los proyectos de ecoturismo realizados por poblaciones indígenas, que fomentan la conservación de estos remanentes (Palma-López et al. 2008). Además, la falta de vías de comunicación de localidades en serranías, se ha ligado a procesos de diversificación de productos para satisfacer necesidades diarias (Kehlenbeck et al. 2007). Los valores bajos de especies efectivas en Costa se pueden atribuir a la incidencia de inundaciones, la salinidad (van der Wal et al. 2014) y baja fertilidad del suelo (Palma-López et al. 2008) de la subregión, sin embargo, hubo un aumento constante en la diversidad verdadera de 2009 a 2015 y representaron cada vez más la diversidad registrada en Montaña y Planicie Fluvial, que puede indicar mayor atención a los huertos por la disminución en la rentabilidad de la actividad pesquera (testimonios registrados en campo). Los huertos de la Planicie Fluvial perdieron representatividad de diversidad en comparación con los de Montaña, esto podría deberse a la eliminación de la vegetación primaria subregional fuertemente propiciada por programas de desarrollo gubernamental como el “Plan Chontalpa” (Palma-López et al. 2008). Es conveniente investigar con mayor profundidad los diferentes factores que rigen los cambios temporales subregionales, tales como la presencia de mercados, la geografía, la cultura (Trinh et al. 2003) entre otros, ya que pareciera que contribuyen a mantener la heterogeneidad de la riqueza de especies, la diversidad verdadera y composición arbórea en cada subregión.

Los resultados de este trabajo sugieren un proceso continuo de recambio de especies a lo largo de los años de estudio y no se percibe tendencia a la homogenización regional de la agrobiodiversidad. El recambio ha mantenido la riqueza de los tres grupos de especies, particularmente han aumentado las especies introducidas, pero también aumentaron las neotropicales y no disminuyeron los valores de agrobiodiversidad de nativas. Esto apunta a que, hasta ahora, los conjuntos subregionales, han resistido la presión ejercida por un entorno deforestado y con tendencia a la intensificación agrícola y no parece haber pérdidas significativas de especies características del tipo de vegetación regional. Las complejas interacciones de factores como la comercialización y la globalización, han sido relacionadas con la disminución de especies, por conducir un proceso de intensificación del cultivo de ciertos productos dentro de los huertos (Das y Kumar, 2015; Kehlenbeck et al, 2007). Mientras que el conocimiento y las necesidades culturales de plantas específicas incrementan la conservación de una mayor variedad de especies, particularmente nativas y que no sólo tienen interés comercial (Trinh et al. 2003). El comportamiento conjunto de estos sistemas productivos puede estar resistiendo la tendencia a incrementar las especies comerciales, posiblemente por las vinculaciones entre los huertos familiares a partir de procesos socio-culturales y agro-ecológicos. No obstante, si continúa el aumento de especies introducidas podrían sustituir a las especies locales al interior de los huertos, cómo lo reportan Bernholt et al. (2009).

Las especies locales (nativas y neotropicales) conforman 75 % del listado de árboles, proporciones semejantes han sido reportadas en Etiopía (Abebe et al. 2013). La gran mayoría de las especies introducidas son comunes en huertos tropicales a nivel mundial como la palma de coco (*Cocos nucifera*), el mango (*Mangifera indica*) o las pertenecientes a los géneros *Citrus* y *Musa*, cuyo principal uso es comestible y tienen interés comercial (Das y Das 2015). Por otra parte, la agrobiodiversidad local está conformada por árboles que satisfacen diferentes necesidades, adicional al consumo de frutos (e.g. achiote *Bixa orellana*, papaya *Carica mexicana*), se utilizan como combustibles (e.g. coscorrón *Crataeva tapia*, bojón *Cordia alliodora*), maderables para construcción (e.g. cedro *Cedrela odorata*, macuilis *Tabebuia rosea*) y muebles (e.g.

caoba *Swietenia macrophylla*), plantas de ornato (e.g. huele de noche *C. nocturnum*) o como cercos (e.g. amate *Ficus insipida*, tatuán *Colubrina ferruginosa*). Los resultados se contraponen con los reportes de tendencias a la homogenización de los agroecosistemas tropicales de África y Asia (Abebe et al. 2013; Bernholt et al. 2009; Scales y Marsden 2008; Michon y Mary 1994; Nair 2006; Peyre et al. 2006). Una posibilidad es que la alta agrobiodiversidad de árboles se deba a una apropiada mezcla de especies comerciales y de subsistencia, como sugieren Kehlenbeck et al. (2007). La conservación de especies locales puede estar ligada a la multifuncionalidad de los árboles locales, mientras que la función principal de especies introducidas se concentra en especies comestibles, tal como lo sugiere Kabir y Webb (2008) en Bangladesh.

La composición regional de los huertos es altamente dinámica en el tiempo, se mantuvo constante el 67 % de la agrobiodiversidad acumulada (110 especies), mientras que el 33 % cambió en el transcurso de seis años. Esto podría ligarse a los constantes cambios que realizan las familias propietarias en sus espacios productivos para satisfacer sus necesidades (Mohri et al. 2013). En este trabajo no se encontró correlación entre los valores generales de EF y TE y diferencias de estrategias no fueron visibles a escala subregional. Las acciones y actividades consideradas y analizadas no mostraron relación con los valores de abundancia ni con la riqueza de árboles. Parece haber poca correspondencia entre las actividades que los propietarios realizan en sus huertos con la producción y la posibilidad de obtener una remuneración económica. Este resultado parece indicar que el estudio de este tipo de sistemas productivos requiere de enfoques que más allá de la búsqueda de relaciones lineales, interrelacionan combinaciones de factores. Varios autores proponen considerar en conjunto los efectos múltiples de las diferentes prácticas agrícolas (Benton et al. 2003), las estrategias de subsistencia familiar (Galluzzi et al. 2010) y las condiciones ambientales para el establecimiento y desarrollo de las especies (Hodgkin 2001).

En el estudio de estos socioecosistemas, Hecht (2010) propone ciertos principios básicos como el reconocimiento de interacciones fundamentales entre la agricultura, la

cultura y los conflictos sociales relativos al sistema alimenticio actual. La construcción de estos índices no permitió identificar dichas relaciones, posiblemente por el mismo procedimiento de condensar un conjunto de valores en uno solo. Por ello se sugiere su re-construcción a partir de explorar A) El intercambio de plantas y semillas entre personas de una comunidad (Buchmann 2009). B) La conservación arbitraria de remanentes de vegetación natural aledaña (Altieri 2000). C) La infraestructura vial y la cercaría a ciudades (Mertens et al. 2000). D) La división de trabajo en función del género (Checa Rivas 2015). E) La preservación y transmisión del conocimiento sobre el uso y valor de las especies (Calvet-Mir et al. 2015). Este replanteamiento puede realizarse desde tres perspectivas: 1) realizar simulaciones matemáticas en las que se cambien los valores ponderados de las ecuaciones ya planteadas, 2) trabajar con grupos de expertos en los temas para priorizar acciones y actividades claves, y 3) realizar técnicas participativas y grupos focales, para incorporar la perspectiva y valorización de los propietarios.

## 10. Conclusión

Este trabajo, propone estudiar los huertos familiares como unidades autónomas que al interactuar entre ellos conforman conjuntos relacionados en diferentes escalas del paisaje productivo. A partir de esta concepción, es posible explorar el potencial de conservación *in situ* de estos agroecosistemas mediante la valoración de las variaciones de cada unidad, sus aportaciones en conjuntos subregionales y el comportamiento integral de los huertos regionales inmersos en el paisaje productivo estudiado.

El estado de Tabasco representa un paisaje altamente deforestado, en el que diferentes sistemas productivos están presentes. Los huertos familiares son uno de estos agroecosistemas que presentan variaciones individuales constantes, su vinculación a escala subregional y de paisaje permite que actúen en conjunto como un sistema de conservación de agrobiodiversidad arbórea regional. Gracias a esto, la agrobiodiversidad se puede mantener a lo largo del tiempo, a pesar de la presión ejercida por la alta deforestación estatal y la variedad de estrategias económicas familiares.

La conservación del componente arbóreo y perene es de suma importancia en los huertos, ya que conforma el estrato de vegetación superior, el cual contribuye a mantener los beneficios ecológicos de un sistema complejo integrado. Este trabajo señala la importancia de plantear estrategias que apoyen y promuevan la conservación de los huertos en conjunto y no sólo como unidades autónomas, para conformar sistemas con mayor resistencia a los cambios que la de una unidad independiente.

Los resultados indican que la incorporación de especies es una actividad común en el quehacer experimental cotidiano de las familias rurales y cada vivienda desarrolla estrategias particulares de selección de especies. La agrobiodiversidad regional surge entonces de los conjuntos subregionales que reflejan estrategias familiares particulares. Se considera que esfuerzos deben ser dirigidos a mantener y fortalecer la agrobiodiversidad subregional del componente arbóreo, a partir de la integración de especies comerciales en los mercados locales, al mismo tiempo que se procura la perpetuación del conocimiento de los múltiples usos de las especies locales.

## 11. Literatura citada

- Abebe T, Sterck FJ, Wiersum KF, Bongers F. 2013. Diversity, composition y density of trees y shrubs in agroforestry homegardens in southern Ethiopia. *Agroforestry Systems*. 87(6):1283-1293.
- Abebe T, Wiersum KF, Bongers F. 2009. Spatial y temporal variation in crop diversity in agroforestry homegardens of southern Ethiopia. *Agroforestry Systems*. 78(3):309-322.
- Aguilar-Stoen MC, Moe SR, Camargo-Ricalde SL. 2009. Home gardens sustain crop diversity y improve farm resilience in candelaria Loxicha, Oaxaca, Mexico. *Human Ecology*. 37:55-77.
- Altieri MA. 2000. Multifunctional dimensions of ecologically-based agriculture in Latin America. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 7(1): 62-74.
- Arias RL. 2012. El huerto familiar o solar maya - yucateco actual. In: Mariaca Méndez R, editor. *El huerto familiar del sureste de México*. Villahermosa, Tabasco, México: Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco. p. 544.
- Bardhan S, Jose S, Biswas S, Kabir K, Rogers W. 2012. Homegarden agroforestry systems: An intermediary for biodiversity conservation in Bangladesh. *Agroforestry Systems*. 85(1):29-34.
- Benton TG, Vickery JA, Wilson JD. 2003. Farmland biodiversity: Is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology y Evolution*. 18:182-188.
- Bernholt H, Kehlenbeck K, Gebauer J, Buerkert A. 2009. Plant species richness y diversity in urban y peri-urban gardens of niamey, Niger. *Agroforestry Systems*. 77:159-179.
- Blanckaert I, Swennen RL, Paredes Flores M, Rosas López R, Lira Saade R. 2004. Floristic composition, plant uses y management practices in homegardens of San Rafael Coxcatlán, valley of Tehuacán-Cuicatlán, México. *Journal of Arid Environments*. 57:39-62.
- Buchmann C. 2009. Cuban home gardens y their role in social-ecological resilience. *Human Ecology* 37:705-721.
- Cai CT, Luo JS, Nan YZ. 2004. Energy y economic flow in homegardens in subtropical Yunnan, Sw China: A case study on sanjia village. *International Journal of Sustainable Development y World Ecology*. 11(2):199-204.
- Cairns MA, Dirzo R, Zadroga F. 1995. Forests of Mexico a diminishing resource? *Journal of Forestry*. 93:21-24.
- Calvet-Mir L, Riu-Bosoms C, González-Puente M, Ruiz-Mallén I, Reyes-García V, Molina JL. 2015. The transmission of home garden knowledge: Safeguarding

- biocultural diversity y enhancing social-ecological resilience. *Society & Natural Resources*. 29(5):556-571.
- Chappell MJ, LaValle LA. 2009. Food security y biodiversidad: Can we have both? An agroecological analysis. *Agriculture y Human Values*. 28(1):3-26.
- Chávez-García E, Rist S, Galmiche-Tejeda A. 2012. Lógica de manejo del huerto familiar en el contexto del impacto modernizador en Tabasco, México. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Checa Rivas J. 2015. Economic strategies of families y agrobiodiversidad of home gardens in the Los Ríos region, Tabasco, Mexico [Tesis de Maestría]. Wageningen University.
- Das T, Das AK. 2015. Conservation of plant diversity in rural homegardens with cultural y geographical variation in three districts of Barak valley, northeast India. *Economic Botany*. 69(1):57-71.
- Ellis F. 1998. Household strategies y rural livelihood diversification. *Journal of Development Studies*. 35:1-38.
- Eyzaguirre PB, Watson J. 2002. Homegardens y agrobiodiversidad: An overview across regions. In: Watson JW, Eyzaguirre PB, editors. Home gardens y in situ conservation of plant genetic resources in farming systems. Witzhausen, Germany: IPGRI. p. 10-13.
- Fahrig L, Baudry J, Brotons L, Burel FG, Crist TO, Fuller RJ, Sirami C, Siriwardena GM, Martin JL. 2011. Functional landscape heterogeneity y animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*. 14:101-112.
- FAO. 2009. Glosario de agricultura orgánica. Inter-departmental working group on Organic Agriculture.
- Farina A, Belgrano A. 2004. The eco-field: A new paradigm for landscape ecology. *Ecological Research*. 19(1):107-110.
- Fernandes ECM, Nair PKR. 1986. An Evaluation of the Structure and Function of Tropical Home Gardens. *Agricultural Systems*. 21(4): 279-310.
- Forman, RT. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*. 10(3): 133-142.
- Galluzzi G, Eyzaguirre PB, Negri V. 2010. Home gardens: Neglected hotspots of agrobiodiversidad y cultural diversity. *Biodiversity Conservation*.
- García de Miguel J. 2000. Etnobotánica maya: Origen y evolución de los huertos familiares de la península de Yucatán, México [PhD]. [Cordoba]: Universidad de Cordoba.
- Geissen V, Sánchez-Hernández R, Kampichler C, Ochoa Gaona S, De Jong BHJ, Hernández S, Huerta E, Ramos Reyes R. 2008. Efecto del cambio del uso del suelo sobre el estado de la fertilidad en Tabasco, México. Primer encuentro de investigación científica de tabasco [disco compacto]. Tenosique, Tabasco,

México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica Multidisciplinarias de los Ríos.

- Gómez S. 2001. ¿Nueva ruralidad? Un aporte al debate. *Estudios Sociedade e Agricultura*. 17:5-32.
- Hecht S. 2010. The new rurality: Globalization, peasants y the paradoxes of landscapes. *Land Use Policy*. 27: 161-172.
- Hodgkin T. 2001. Home gardens and the maintenance of genetic resources. In: Watson JW, Eyzaguirre PB, editors. *Home gardens y in situ conservation of plant genetic resources in farming systems*. Rome: International Plant Genetic Resources Institute.
- IAvH. 2005. *Manual de métodos para la caracterización biológica y socioeconómica de paisajes rurales: Fundamentos y desarrollos preliminares*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2001. *Síntesis de información geográfica del estado de Tabasco*. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- IPCC. 2000. *Land use, land-use change, and forestry*. Cambridge: Intergovernmental Panel on Climate Change University Press. p. 377.
- Jost L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*. 113:363-375.
- Kabir ME, Webb EL. 2008a. Can homegardens conserve biodiversity in Bangladesh? *Biotropica*. 40(1):95-103.
- Kabir ME, Webb EL. 2008b. Floristics y structure of southwestern Bangladesh homegardens. *International Journal of Biodiversity Science & Management*. 4(1):54-64.
- Kabir M, Webb EL. 2009. Household y homegarden characteristics in southwestern Bangladesh. *Agroforestry Systems*. 75:129-145.
- Kehlenbeck K, Arifin H, Maass B. 2007. Plant diversity in homegardens in a socio-economic y agro-ecological context. In: Teja Tscharntke CL, Manfred Zeller, Edi Guhardja y Arifuddin Bidin, editor. *Stability of tropical rainforest margins linking ecological, economic y social constraints of land use y conservation*. Berlin: Springer. p. 297-319.
- Kehlenbeck K, Maass BL. 2006. Are tropical homegardens sustainable? Some evidence from central Sulawesi, Indonesia. In: Kumar BM, Nair PKR, editors. *Tropical homegardens a time-tested example of sustainable agroforestry*. Dordrecht, The Netherlands: Springer. p. 25-41.
- Kumar BM, Nair PKR. 2004. The enigma of tropical homegardens. *Agroforestry Systems*. 61:135-153.

- Mariaca Méndez R. 2012. El huerto familiar del sureste de México. Villahermosa, Tabasco, México: Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco.
- Márquez RI, De Jong BHJ, Ochoa Gaona S, Hernández S. 2009. Análisis de los factores condicionantes del uso del suelo en la región oriental de Tabasco. In: Niño N, Sampedro M, Rueda R, Colina A, editors. Antología de estudios territoriales fomento de los estudios territoriales en iberoamérica: Estudios territoriales. La Habana, Cuba: GEOTECH. p. 107-125.
- Marsden T, Banks J, Bristow G. 2000. Food supply chain approaches: Exploring their role in rural development. *Sociologia Ruralis*. 40(4):424-438.
- Meeus JHA. 1993. The transformation of agricultural landscapes in Western Europe. *Science of The Total Environment*. 129:171–190.
- Méndez VE, Gliessman RS. 2002. Un enfoque interdisciplinario para la investigación en agroecología y desarrollo rural en el trópico latinoamericano. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. 64:5-16.
- Mendez VE, Lok R, Somarriba E. 2001. Interdisciplinary analysis of homegardens in Nicaragua: Micro-zonation, plant use y socioeconomic importance. *Agroforestry Systems*. 51(2):85-96.
- Mertens B, Sunderlin WD, Ndoye O, Lambin EF. 2000. Impact of macroeconomic change on deforestation in south Cameroon: Integration of household survey y remotely-sensed data. *World Development*. 28:983–999.
- Michon G, Mary F. 1994. Conversion of traditional village y new economic strategies of rural households in the area of bogor, Indonesia. *Agroforestry Systems*. 25:31-58.
- Missouri botanical garden. [Http://www.Tropicos.Org](http://www.Tropicos.Org). 2015. [accessed 28/09/2015]. <http://www.tropicos.org>.
- Mohri H, Lahoti S, Saito O, Mahalingam A, Gunatilleke N, Irham, Hoang VT, Hitinayake G, Takeuchi K, Herath S. 2013. Assessment of ecosystem services in homegarden systems in Indonesia, Sri Lanka, y Vietnam. *Ecosystem Services*. 5:124-136.
- Morales Hernández J, Muro Bowling P, Canuto J, Ochoa García H, López Ramírez M, Velázquez López L, Sarandón S, Caporal F, Costabeber J, Bernardo Hernández M et al. 2011. La agroecología en la construcción de alternativas hacia la sustentabilidad rural. México: Siglo XXI Editores/Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente.
- Moreno-Black G, Somnasang P, Thamathawan S. 1996. Cultivating continuity y creating change: Women's home garden practices in northeastern Thailand. *Agriculture y Human Values*. 13(3):3-11.
- Nair PKR. 2001. Do tropical homegardens elude science, or is it the other way around? *Agroforestry Systems*. 53:239-245.

- Nair PKR. 2006. Whither homegardens? In: Kumar BM, Nair PKR, editors. Tropical homegardens a timetested example of sustainable agroforestry. Dordrecht, The Netherlands: Springer. p. 355-370.
- Nair PKR, Kumar BM. 2006. Introduction. In: Kumar BM, Nair PKR, editors. Tropical homegardens a timetested example of sustainable agroforestry. Dordrecht, The Netherlands: Springer. p. 1-10.
- Naveh Z. 2000. What is holistic landscape ecology? A conceptual introduction. *Landscape y Urban Planning*. 50:7-26.
- Palma-López DJ, Cisneros-Domínguez J, Moreno-Cáliz E, Rincón-Ramírez JA. 2007. Suelos de Tabasco: Su uso y manejo sustentable. Villahermosa, Tabasco, México: Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco.
- Palma López D, Moreno Cáliz E, Rincón Ramírez JA, Shirma Torres ED. 2008. Degradación y conservación de los suelos del Estado de Tabasco. Colegio de Postgraduados, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco, Cárdenas, Tabasco
- Perfecto I, vandermeer J, Wright A. 2009. Nature's maatrix: linking agriculture, conservation and food sovereignty. Earthscan, London, UK
- Peyre A, Guidal A, Wiersum KF, Bongers F. 2006. Dynamics of homegarden structure y function in Kerala, India. *Agroforestry Systems*. 66:101-115.
- Reinhardt S. 2004. Home gardens – treasure troves of diversity. Issue papers People y Biodiversity. Eschborn, Germany: GTZ. p. 4.
- Scales BR, Marsden SJ. 2008. Biodiversity in small-scale tropical agroforests: A review of species richness y abundance shifts y the factors influencing them. *Environmental Conservation*. 35(2):160-172.
- Torquebiau E. 1992. Are tropical agroforestry home gardens sustainable? *Agriculture, Ecosystems y Environment* 41:189-207.
- Torquebiau EF. 2000. A renewed perspective on agroforestry concepts y classification. *Agronomy*. 323:1009-1017.
- Trinh LN, Watson JW, Hue NH, De NN, Minh NV, Chu P, Sthapit BR, Eyzaguirre PB. 2003. Agrobiodiversity conservation y development in vietnamese home gardens. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 97:317-344.
- Tudela F. 1990. Recursos naturales y sociedad en el trópico húmedo tabasqueño. In: Leff E, editor. Medio ambiente y desarrollo en México. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, UNAM, México: Ed. Porrúa. p. 149-227.
- UNEP. 1995. Global biodiversity assessment. Heywood V, editor. Cambridge: Cambridge University Press.
- van der Wal H, Bongers F. 2013. Biosocial y bionumerical diversity of variously sized home gardens in Tabasco, Mexico. *Agroforestry Systems*. 87(1):93–107.

- van der Wal H, Huerta E, Torres Dosal A. 2011. Huertos familiares en Tabasco: Elementos para una política integral en materia de ambiente, biodiversidad, alimentación, salud, producción y economía. Villahermosa, Tabasco, México: Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental.
- van der Wal H, Suárez-Sánchez J, Alcudia-Aguilar A, Cerino-Zabala M, Isidro-Hernández J, Pérez-Ramírez J, Santiago-Montejo PA, Vargas-Dominguez M. 2014. Procesos, condiciones de entorno, estrategias de supervivencia y funciones de huertos familiares en la cuenca baja del río grijalva. In: González, Brunel, editors. Montañas, pueblos y agua: Dimensiones y realidades de la cuenca grijalva. México: Juan Pablos Editor y ECOSUR.
- Vandermeer J, van Noordwijk M, Anderson J, Ong C, Perfecto I. 1998. Global change and multi-species agroecosystems: Concepts y issues. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 67(1):1-22.
- Veteto JR, Skarbo K. 2009. Sowing the seeds: Anthropological contributions to agrobiodiversity studies. *Culture & Agriculture*. 31(2):73-87.
- World checklist of selected plant families. Facilitated by the royal botanic gardens, kew. 2015. Published on the Internet; <http://apps.kew.org/wcsp/> [accessed 2015 28/09/2015]. <http://apps.kew.org/wcsp/>
- West RC, Psty NP, Thom BG, Escalante Guerra P. 1987. Las tierras bajas de Tabasco: En el sureste de México. Villahermosa, Tabasco, México: Gobierno del Estado de Tabasco, Instituto de Cultura de Tabasco.
- Wezel A, Ohl J. 2005. Does remoteness from urban centres influence plant diversity in homegardens y swidden fields?: A case study from the Matsigenka in the amazonian rain forest of Peru. *Agroforestry Systems*. 65:241-251.
- Wiehle M, Goenster S, Gebauer J, Mohamed SA, Buerkert A, Kehlenbeck K. 2014. Effects of transformation processes on plant species richness y diversity in homegardens of the Nuba mountains, Sudan. *Agroforestry Systems*. 88:539-562.
- Wiersum FK. 2006. Diversity y change in homegarden cultivation in Indonesia. In: Nair BM, Ka PKR, editor. *Tropical homegardens a timetested example of sustainable agroforestry*. Dordrecht: Springer. p. 13-24.

## Anexo 1. Lista de especies y origen biogeográfico

Familia	Nombre científico	Origen Biogeográfico	Inventario		
			2009	2012	2015
Adoxaceae	<i>Sambucus canadensis</i> L.	Neo	*	*	*
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Neo	*	*	*
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Neo	*	*	*
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i> L.	Neo	*	*	*
Annonaceae	<i>Annona cherimola</i> Mill.	Neo	*	*	*
Arecaceae	<i>Adonidia merrillii</i> (Becc.) Becc.	Int	*	*	*
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.	Neo	*	*	*
Annonaceae	<i>Annona purpurea</i> Moc. & Sessé ex Dunal	Nat	*	*	
Annonaceae	<i>Annona reticulata</i> L.	Nat	*	*	*
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i> L.	Neo			*
Apocynaceae	<i>Cascabela gaumeri</i> (Hemsl.) Lippold	Nat			*
Apocynaceae	<i>Cascabela thevetia</i> (L.) Lippold	Neo			*
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana alba</i> Mill.	Neo	*	*	
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana crysocarpa</i> S.F. Blake	Neo	*	*	*
Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson ex F.A.Zorn) Fosberg	Int	*	*	*
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	Neo	*	*	*
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Int	*	*	*
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i> A.Juss.	Int	*	*	*
Araliaceae	<i>Oreopanax capitatus</i> (Jacq.) Decne. & Planch.	Neo		*	*
Fabaceae	<i>Bauhinia monandra</i> Kurz	Int	*	*	*
Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Neo			*
Arecaceae	<i>Attalea rostrata</i> Oerst.	Nat	*	*	*
Arecaceae	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Neo	*	*	*
Arecaceae	<i>Brahea armata</i> S.Watson	Nat			*
Arecaceae	<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F.Cook	Neo	*	*	*
Arecaceae	<i>Sabal mexicana</i> Mart.	Neo	*	*	*
Bignoniaceae	<i>Crescentia alata</i> Kunth	Nat	*	*	*
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose.	Neo	*	*	*
Bignoniaceae	<i>Parmentiera aculeata</i> (Kunth) Seem.	Neo	*	*	*
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	Neo	*	*	*
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Neo		*	*
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Neo	*	*	*
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Neo	*	*	*
Fabaceae	<i>Cassia fistula</i> L.	Int	*	*	*
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Neo	*	*	*
Boraginaceae	<i>Cordia stellifera</i> I.M.Johnst.	Nat	*	*	*
Burseraceae	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	Neo		*	*

Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Neo	*	*	*
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Neo	*	*	
Calophyllaceae	<i>Mammea americana</i> L.	Neo	*	*	*
Capparaceae	<i>Crateva tapia</i> L.	Nat	*	*	*
Caricaceae	<i>Carica mexicana</i> (A.DC.) L.O.Williams.	Nat	*	*	*
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	Neo	*	*	*
Lauraceae	<i>Cinnamomum verum</i> J.Presl	Int	*	*	*
Cecropiaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Neo	*	*	*
Rutaceae	<i>Citrus limetta</i> Risso	Int	*	*	*
Rutaceae	<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	Int	*	*	*
Rutaceae	<i>Citrus nobilis</i> Lour.	Int		*	*
Rutaceae	<i>Citrus paradisi</i> Macfad.	Int	*	*	*
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Int	*	*	*
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Int	*	*	*
Rutaceae	<i>Citrus aurantium</i> L.	Int	*	*	*
Celastraceae	<i>Salacia elliptica</i> (Mart.) G.Don	Neo	*	*	*
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Neo	*	*	*
Chrysobalanaceae	<i>Couepia polyandra</i> (Kunth) Rose	Nat	*		*
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L.	Int	*	*	*
Euphorbiaceae	<i>Codiaeum variegatum</i> (L.) Rumph. ex A.Juss.	Int	*	*	*
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	Int	*	*	*
Chrysobalanaceae	<i>Licania platypus</i> (Hemsl.) Fritsch	Neo	*	*	*
Combretaceae	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	Nat	*	*	*
Euphorbiaceae	<i>Acalypha villosa</i> Jacq.	Neo			*
Euphorbiaceae	<i>Adelia barbinervis</i> Cham. & Schldl.	Nat			*
Euphorbiaceae	<i>Bernardia dodecandra</i> (Sessé ex Cav.) Govaerts	Nat		*	
Euphorbiaceae	<i>Jatropha integerrima</i> Jacq.	Neo			*
Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	Neo	*	*	
Fabaceae	<i>Crotalaria retusa</i> L.	Int	*	*	
Fabaceae	<i>Acosmium panamense</i> (Benth.) Yakovlev	Neo	*	*	*
Fabaceae	<i>Andira galeottiana</i> Standl.	Nat			*
Fabaceae	<i>Delonix regia</i> (Hook.) Raf.	Int	*	*	
Fabaceae	<i>Crotalaria longirostrata</i> Hook. & Arn.	Neo	*	*	*
Fabaceae	<i>Diphysa americana</i> (Mill.) M.Sousa	Nat	*	*	*
Asparagaceae	<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl.	Int	*	*	*
Arecaceae	<i>Dypsis lutescens</i> (H.Wendl.) Beentje & J.Dransf.	Int	*		
Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Neo	*	*	*
Fabaceae	<i>Erythrina americana</i> Mill.	Nat	*	*	*
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	Neo	*	*	*
Fabaceae	<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	Neo	*	*	*
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i> L.	Int	*	*	*
Fabaceae	<i>Inga jinicuil</i> Schldl.	Neo	*	*	*
Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	Neo			*

Fabaceae	<i>Inga vera</i> subsp. <i>spuria</i> (Willd.) J.Leon	Neo			*
Fabaceae	<i>Lonchocarpus heptaphyllus</i> (Poir.) DC.	Neo	*	*	
Lamiaceae	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Int	*		*
Fabaceae	<i>Lycianthes stephanocalyx</i> (Brandege) Bitter	Nat	*	*	*
Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Nat	*	*	*
Fabaceae	<i>Platymiscium yucatanum</i> Standl.	Nat		*	*
Fabaceae	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Neo	*	*	*
Fabaceae	<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Record	Neo	*	*	*
Hernandiaceae	<i>Gyrocarpus jatrophifolius</i> Domin	Neo	*	*	*
Icacinaceae	<i>Oecopetalum mexicanum</i> Greenm. & C.H. Thomps.	Nat	*	*	
Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	Neo	*		
Lamiaceae	<i>Volkameria ligustrina</i> Jacq.	Nat	*		
Lauraceae	<i>Nectandra salicifolia</i> (Kunth) Nees	Neo	*	*	*
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Nat	*	*	*
Lauraceae	<i>Persea schiedeana</i> Nees	Nat	*	*	*
Lythraceae	<i>Lawsonia inermis</i> L.	Neo	*		*
Malpighiaceae	<i>Ravenala madagascariensis</i> Sonn.	Nat	*	*	*
Sapindaceae	<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	Int	*	*	*
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Nat	*	*	*
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Neo	*	*	*
Malvaceae	<i>Hampea nutricia</i> Fryxell	Nat	*	*	*
Malvaceae	<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	Neo	*	*	*
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Int	*	*	*
Malvaceae	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Nat	*	*	*
Malvaceae	<i>Quararibea funebris</i> (La Llave) Vischer	Nat	*	*	*
Malvaceae	<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.	Neo	*	*	*
Malvaceae	<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.	Neo	*	*	*
Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia</i> L.	Int	*	*	*
Malvaceae	<i>Theobroma cacao</i> L.	Neo	*	*	*
Rutaceae	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Int	*	*	
Musaceae	<i>Musa acuminata</i> Colla	Int	*	*	*
Musaceae	<i>Musa balbisiana</i> Colla	Int	*	*	*
Musaceae	<i>Musa nana</i> Lour.	Int			*
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Int	*	*	*
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Nat	*	*	*
Sapindaceae	<i>Nephelium lappaceum</i> L.	Int	*	*	*
Meliaceae	<i>Guarea glabra</i> Vahl	Neo		*	*
Meliaceae	<i>Guarea megantha</i> A.Juss.	Nat	*	*	*
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Nat	*	*	*
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Nat			*
Moraceae	<i>Castilla elastica</i> Cerv.	Nat	*	*	*
Moraceae	<i>Ficus aurea</i> Nutt.	Neo	*	*	*
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus acidus</i> (L.) Skeels	Int	*	*	*

Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willd.	Neo	*	*	*
Moraceae	<i>Ficus pertusa</i> L.f.	Neo			*
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	Nat	*	*	*
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i> L.	Neo	*	*	*
Cupressaceae	<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco.	Int	*	*	*
Myrtaceae	<i>Eugenia rubella</i> Lundell	Nat	*	*	*
Myrtaceae	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	Nat	*	*	*
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Nat	*	*	*
Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Nat		*	*
Piperaceae	<i>Piper auritum</i> Kunth	Nat	*	*	
Piperaceae	<i>Piper tuberculatum</i> Jacq.	Neo		*	
Strelitziaceae	<i>Ravenala madagascariensis</i> Sonn.	Int	*		*
Polygonaceae	<i>Coccoloba humboldtii</i> Meisn.	Nat	*	*	*
Rosaceae	<i>Rubus idaeus</i> L.	Int	*	*	*
Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) L.	Nat	*	*	*
Rhamnaceae	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	Neo	*	*	*
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich. ex DC.	Neo		*	
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Neo		*	*
Bignoniaceae	<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.	Int	*	*	*
Rutaceae	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	Neo	*	*	
Salicaceae	<i>Casearia guianensis</i> (Aubl.) Urb.	Neo		*	*
Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp.	Neo			*
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> Moc. & Sessé ex DC.	Neo	*	*	*
Sapindaceae	<i>Cupania glabra</i> Sw.	Neo	*	*	*
Myrtaceae	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M.Perry	Int	*	*	*
Sapindaceae	<i>Matayba oppositifolia</i> (A.Rich.) Britton	Neo	*	*	*
Sapindaceae	<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Nat	*	*	*
Sapindaceae	<i>Melicoccus oliviformis</i> Kunth	Neo	*	*	*
Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	Int	*	*	*
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum caeruleum</i> Jacq.	Neo	*	*	*
Lamiaceae	<i>Tectona grandis</i> L.f.	Int	*	*	*
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandegee	Neo	*	*	*
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L.	Int	*	*	*
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P.Royen	Nat	*	*	*
Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni	Nat	*		*
Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E.Moore & Stearn	Nat	*	*	*
Sapotaceae	<i>Pouteria viridis</i> (Pittier) Cronquist	Nat	*	*	
Solanaceae	<i>Cestrum dumetorum</i> L.	Neo	*	*	
Solanaceae	<i>Cestrum nocturnum</i> L.	Nat		*	*
Solanaceae	<i>Witheringia meiantha</i> (Donn. Sm.) Hunz.	Neo	*	*	
Verbenaceae	<i>Citharexylum hexangulare</i> Greenm.	Neo	*	*	*

- Nat = nativas, Neo = neotropicales, Int = introducidas.

## Anexo 2. Número de árboles y Riqueza de especies en los tres inventarios.

Huerto	Área (m <sup>2</sup> )	Número de árboles			Riqueza de especies			
		2009	2012	2015	2009	2012	2015	
Costa	1	1250	71	37	53	18	19	22
	2	2808	90	105	155	22	26	34
	3	5497	200	161	206	36	36	41
	4	1680	90	106	141	22	18	33
	5	2700	183	163	176	31	29	31
	6	1632	61	48	67	14	11	20
	7	2850	46	55	67	12	18	19
	8	3867	164	165	153	28	32	31
<i>media</i>	<i>2785</i>	<i>113.1</i>	<i>105</i>	<i>127</i>	<i>22.88</i>	<i>23.63</i>	<i>28.88</i>	
Planicie fluvial	9	692	43	42	36	14	18	21
	10	1530	106	131	144	27	32	37
	11	1200	48	55	53	14	15	21
	12	1704	59	93	112	27	27	38
	13	1356	164	114	89	28	20	19
	14	3060	97	64	93	34	25	26
	15	2808	108	52	103	30	22	33
	16	1510	109	76	112	26	18	22
	17	588	23	27	31	13	13	11
	18	967	114	73	85	30	28	24
	19	2605	109	175	189	29	42	36
	20	746	59	63	58	11	12	11
	21	360	19	17	33	14	12	16
	22	540	41	39	93	14	12	9
	23	1179	99	111	125	18	17	20
	24	942	53	43	49	25	23	26
	25	2449	303	287	302	42	36	42
<i>media</i>	<i>1425</i>	<i>91.41</i>	<i>86</i>	<i>100</i>	<i>23.29</i>	<i>21.88</i>	<i>24.24</i>	
Montaña	26	1744	88	95	75	18	17	18
	27	3391	152	147	150	28	35	33
	28	306	37	30	40	14	10	19
	29	178	22	11	5	15	10	4
	30	1060	41	20	29	20	12	19
	31	1158	45	62	72	18	21	25
	32	1754	96	71	95	23	18	19
	33	1429	104	93	102	29	21	21
	34	890	36	54	31	9	14	14
	35	1850	61	47	70	20	22	36
	36	2272	30	64	60	13	23	26
	37	2646	192	319	232	39	42	44
	38	2500	88	144	125	24	27	26
<i>media</i>	<i>1629</i>	<i>76.31</i>	<i>89</i>	<i>83.5</i>	<i>20.77</i>	<i>20.92</i>	<i>23.38</i>	

### Anexo 3. Encuesta “Cambios en la agrobiodiversidad en función de la productividad de los huertos familiares”

Entrevistada/o: \_\_\_\_\_ Huerto: \_\_\_\_\_ Entrevistó: \_\_\_\_\_  
Fecha: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_  
Municipio: \_\_\_\_\_

Hola buenos días, mi nombre es Andrea, soy estudiante de ECOSUR, hace un tiempo vinieron otros compañeros míos. Ahora yo estoy realizando un trabajo sobre los cambios que realizan los dueños de los traspatios al sembrar y tumar árboles, es parte de las mediciones que vinieron a hacer de sus árboles hace unos años. No es muy largo, nos llevaremos unos 15 o 20 minutos. Muchas gracias por darme un poco de su tiempo.

#### Observaciones personales:

Huerto \_\_\_\_\_

Familia \_\_\_\_\_

1. ¿Qué árboles ha puesto en su patio desde el año pasado?

2. ¿Recuerda algún momento en el que haya sembrado muchos árboles? ¿Por qué los sembró?

3. ¿Recuerda algún momento en el que haya tumbado muchos árboles? ¿Por qué los tumbó?

4. ¿Para qué sembró los siguientes árboles? (Razón principal 1, secundaria 2, poco importante 3, no se usa 4)

	Especies (identificación previa)/uso común	Auto-consumo	Venta	Regalo	OTROS	Uso por dueño <sup>2</sup>
Especies que aumentaron	Macuilis ( <i>T. rosea</i> )	1	4	4		Cerca
	Cedro ( <i>C. odorata</i> )	2	1	4		Construcción
	Naranja ( <i>C. cinensis</i> )	2	3	1		Alimentación

\*registro incorrecto: \_\_\_\_\_

5. ¿Para qué tumbó los siguientes árboles? (Razón principal 1, secundaria 2, poco importante 3, no se usa 4)

	Especies (identificación previa)/uso común	Auto-consumo	Venta	Regalo	OTROS	Uso por dueño <sup>1</sup>
Especies que disminuyeron						

\*registro incorrecto: \_\_\_\_\_

6. ¿Cuál es el principal propósito de los siguientes árboles que tiene...? (Razón principal 1, secundaria 2, poco importante 3, no se usa 4)

	Especies (identificación previa)/uso común	Auto-consumo	Venta	Regalo	OTROS	Uso por dueño <sup>1</sup>
Más abundantes						

\*registro incorrecto: \_\_\_\_\_

7. ¿Cada cuánto toma algo que haya crecido en su patio (cualquier producto) para...?

	Diario (Sumamente frecuente)	Semanal (Muy frecuente)	Mensual (Frecuente)	Semestral (Poco frecuente)	Nunca (Nada frecuente)
Su consumo o uso					
Venta					
Regalo					

<sup>2</sup> Alimentación (frutales), construcción, combustibles, medicinales, ornamentales

8. ¿Cada cuánto utilizan su patio como un lugar de...?

	Diario (Sumamente frecuente)	Semanal (Muy frecuente)	Mensual (Frecuente)	Semestral (Poco frecuente)	Nunca (Nada frecuente)
Trabajo <sup>3</sup>					
Descanso, juego, etc.					

9. Para terminar, me interesa saber es cuáles son las actividades de la familia que les dan dinero de manera más constante. Le voy a dar una lista de actividades y usted me dice si les llega dinero de estas actividades cada semana, mes, cada seis meses, una vez al año o que no les de dinero

	SEMANAL (Sumamente constante)	MENSUAL (Muy constante)	SEMESTRAL (Constante)	ANUAL (Poco constante)	SIN INGRESOS (Nada constante)
Venta de productos frescos <sup>4</sup> del HF					
Venta de animales del patio					
Venta de productos elaborados <sup>5</sup> del HF					
Pesca					
Apoyos de gobierno					
Dinero de familiares					
Servicios <sup>6</sup>					
Agricultura					
Animales en el monte					
Jornales					
Negocios familiares <sup>7</sup>					

Eso es todo, muchas gracias por su ayuda y tiempo.

<sup>3</sup> Oficios, actividad no de cultivo.

<sup>4</sup> Productos frescos: frutas, verduras, madera, hierbas, flores

<sup>5</sup> Productos elaborados: tamales, mermeladas, dulces, leña cortada

<sup>6</sup> Servicios: empleos domésticos, puestos políticos (ayuntamiento, delegados ejidales)

<sup>7</sup> Negocios familiares: tienditas, venta de ropa, venta por catálogo, pequeñas mueblerías

## **Anexo 4. Construcción de los índices de Economía Familiar y Trabajo Evidente**

### *Papel del huerto en la Economía Familiar*

Rangos: Peso proporcional entre 0 y 1 a los valores obtenidos (fórmula proporcional). Los valores cercanos al cero hacen referencia a huertos con menos relevancia en la economía familiar. En esos huertos la producción no está orientada ni al autoconsumo ni a la venta, los productos frecuentemente son regalados o en su defecto se desperdician. Por el contrario, los valores cercanos al 1 indican mayor relevancia de los productos arbóreos del huerto en la economía familiar. En estos se obtienen frecuentemente diferentes productos que la familia vende o consume—lo que supone ahorro en la compra de estos productos—. Definimos que la frecuencia de obtención de ingresos familiares provenientes de actividades no relacionadas con la producción agrícola, merman el papel del huerto en la economía familiar, mientras que los ingresos gubernamentales y los ingresos externos tienen poco impacto (positivo o negativo) en el papel del huerto.

#### Elementos considerados:

- Motivo principal de siembras: autoconsumo, venta o regalo (Anexo 3. 1 y 2).
- Apreciación personal del uso de árboles del huerto: frecuencia de uso de productos (Anexo 3. 7).
- Frecuencia de obtención de productos (frescos, elaborados y animales) del huerto (Anexo 3. 4 y 6).
- Frecuencia de obtención de ingresos: familiares, gubernamentales o externos (Anexo 3. 9).

#### Claves:

- Uso de productos y servicios del huerto para:
  - Autoconsumo (A)
  - Venta (V)
  - Regalo (R)
- Fuentes de ingresos
  - Ingresos familiares (IF): dinero por actividades que realizan los integrantes de la familia además de la producción agrícola (oficios, venta de ropa, tiendita familiar, pesca, etc.).
  - Ingresos gubernamentales (IG): dinero recibido de programas de apoyo gubernamentales.
  - Ingresos externos (IE): dinero recibido de familiares o personas que no viven en el hogar.
- Frecuencia de uso de productos y servicios o frecuencia de obtención de ingresos:
  - Semanal (S)
  - Mensual (M)
  - Semestral (Ss)
  - en la Temporada (T)<sup>8</sup>
  - Anual (A)<sup>9</sup>
  - Nunca (N)

---

<sup>8</sup> Referente a un periodo durante el año que no tiene una fecha de inicio y final fijas (ej. cosecha de naranjas, temporada de pesca).

<sup>9</sup> Recurso disponible a lo largo de todo el año (ej. carambola, venta de plátanos)

Ecuación:

$$\sum_1^e 1.3 U + 2 AP + 1 PF + 0.7 PA + 0.3 PE + (-1) IF + 0.25 IG + 0.25 IE$$

Valores:

- U (uso)
  - Venta = 1
  - Autoconsumo = 0.5
  - Regalo = 0.01
- AP (apreciación personal)

Frecuencia de Venta	Frecuencia de Autoconsumo	Frecuencia de Regalo
○ VS = 1	○ AS = 0.5	○ RS = 0.01
○ VM = 0.98	○ AM = 0.52	○ RM = 0.02
○ VSs = 0.96	○ ASs = 0.54	○ RSs = 0.03
○ VT = 0.96	○ AT = 0.54	○ RT = 0.03
○ VA = 0.94	○ AA = 0.56	○ RA = 0.05

- PF (frecuencia y uso de productos frescos provenientes del huerto)

Frecuencia de Venta	Frecuencia de Autoconsumo	Frecuencia de Regalo
○ VS = 1	○ AS = 0.5	○ RS = 0.01
○ VM = 0.98	○ AM = 0.52	○ RM = 0.02
○ VSs = 0.96	○ ASs = 0.54	○ RSs = 0.03
○ VT = 0.96	○ AT = 0.54	○ RT = 0.03
○ VA = 0.94	○ AA = 0.56	○ RA = 0.05

- PA (frecuencia y uso de productos animales provenientes del huerto)

Frecuencia de Venta	Frecuencia de Autoconsumo	Frecuencia de Regalo
○ VS = 1	○ AS = 0.5	○ RS = 0.01
○ VM = 0.98	○ AM = 0.52	○ RM = 0.02
○ VSs = 0.96	○ ASs = 0.54	○ RSs = 0.03
○ VT = 0.96	○ AT = 0.54	○ RT = 0.03
○ VA = 0.94	○ AA = 0.56	○ RA = 0.05

- PE (frecuencia de uso de productos elaborados provenientes del huerto)

Frecuencia de Venta	Frecuencia de Autoconsumo	Frecuencia de Regalo
○ VS = 1	○ AS = 0.5	○ RS = 0.01
○ VM = 0.98	○ AM = 0.52	○ RM = 0.02
○ VSs = 0.96	○ ASs = 0.54	○ RSs = 0.03
○ VT = 0.96	○ AT = 0.54	○ RT = 0.03
○ VA = 0.94	○ AA = 0.56	○ RA = 0.05

- I (frecuencia de fuentes de ingresos)

IF (familiares no agrícolas)	IG (gubernamentales)	IE (externos)
○ S = 1	○ S = 1	○ S = 1
○ M = 0.8	○ M = 0.8	○ M = 0.8
○ Ss = 0.4	○ Ss = 0.4	○ Ss = 0.4
○ A = 0.2	○ A = 0.2	○ A = 0.2
○ N = 0	○ N = 0	○ N = 0

## *Trabajo Evidente en los huertos familiares*

### Rango:

Dimos peso proporcional entre 0 y 1 a los valores obtenidos (fórmula proporcional). Valores cercanos a cero hacen referencia a condiciones en las que los huertos son manejados como una extensión de la vivienda y en los que su potencial agrícola no es aprovechado de manera evidente. Su utilidad es para otro tipo de actividades de la familia (construcción, almacén, basurero). El uno es un espacio cuyo manejo es más hacia la producción agrícola, supone mayor interés por la calidad y cantidad de los productos.

### Elementos considerados:

- Motivo de tumbas (Anexo 3. 1 y 3).
- Especie 1, 2 y 3: motivo de tumba de las especies que más disminuyeron (Anexo 3. 5).
  - Función económica: tumbas relacionadas con la producción (venta o autoconsumo) de los árboles (incluye apertura de espacio para otras especies), acciones realizadas para mejorar las condiciones y rendimiento de los árboles.
  - Bienestar familiar: tumbas para realizar actividades familiares no agrícolas (salubridad, prevención de riesgos a la casa, construcción en el terreno). Decisiones en función del espacio.
  - Adaptación ambiental: manejo relacionado con los factores ambientales, tumbas por deslaves, inundaciones, sequías, plagas. Se relacionan con el mantenimiento del huerto por lo que esta categoría tiene más peso hacia la función económica.
- Basura: presencia de basura en el huerto
  - Abundante: dos o más espacios en los que se acumula gran cantidad de basura (depósitos).
  - Moderada: basura tirada por todo el huerto, pero sin estar acumulada intencionalmente.
  - Baja: sin basura o pequeñas acumulaciones ordenadas para quema o recolección.
- Plagas: presencia de plagas en el huerto
  - Abundante: mención recurrente de plagas como problema por los encuestados y registro personal de su presencia.
  - Moderada: mención de la pérdida de algún árbol por plagas o registro personal de su presencia.
  - Baja: no se menciona como problema en la encuesta, realizan algún manejo preventivo de la plaga o no hay registro personal de plagas.
- Atención: apreciación de la atención que se le da al HF como espacio productivo
  - Alta: conciencia ambiental del entrevistado, mención de la importancia del HF durante la encuesta, realizan buenas prácticas de manejo (compostas, control orgánico de plagas, podas planificadas y no agresivas, separación de residuos sólidos etc.).
  - Media: cuidado general del huerto (barrer, desmonte, sin podas extremas)
  - Baja: mención de poca atención (por trabajo, enfermedad, etc), plantaciones viejas y poco cuidadas, monte crecido, podas drásticas.

Ecuación:

$$\sum_1^e 1.5 M + 0.5 E_a + 0.5 E_b + 0.5 E_c + (-0.5) B + (-0.5) P + 0.7 A$$

Valores:

- Motivo (M)
  - Función económica = 1
  - Adaptación ambiental = 0.7
  - Bienestar familiar = 0.2
- Especie 1 (Ea)
  - Función económica = 1
  - Adaptación ambiental = 0.7
  - Bienestar familiar = 0.2
- Especie 2 (Eb)
  - Función económica = 1
  - Adaptación ambiental = 0.7
  - Bienestar familiar = 0.2
- Especie 3 (Ec)
  - Función económica = 1
  - Adaptación ambiental = 0.7
  - Bienestar familiar = 0.2
- Basura (B)
  - Abundante = 1
  - Media = 0.8
  - Baja = 0.2
- Plagas (P)
  - Abundante = 1
  - Moderada = 0.5
  - Baja = 0
- Atención (A)
  - Alta = 1
  - Moderada = 0.5
  - Baja = 0

## Anexo 5. Artículo sometido a la revista Agroforestry Systems



**AGFO-D-16-00087 - Submission Confirmation**

**Agroforestry Systems (AGFO) to: Hans van der Wal**

02/04/2016 23:23

**Sent by: em.agfo.0.4a428a.59a3a637@editorialmanager.com**

**Please respond to "Agroforestry Systems (AGFO)"**

---

History: This message has been forwarded.

Dear Dr. van der Wal,

Thank you for submitting your manuscript, A longitudinal study of agrobiodiversity dynamics in homegardens in Tabasco, México, to Agroforestry Systems.

The submission id is: AGFO-D-16-00087

Please refer to this number in any future correspondence.

During the review process, you can keep track of the status of your manuscript by accessing the following web site:

<http://agfo.edmgr.com/>

Should you require any further assistance please feel free to e-mail the Editorial Office by clicking on "Contact Us" in the menu bar at the top of the screen.

With kind regards,

Springer Journals Editorial Office

Agroforestry Systems

Now that your article will undergo the editorial and peer review process, it is the right time to think about publishing your article as open access. With open access your article will become freely available to anyone worldwide and you will easily comply with open access mandates. Springer's open access offering for this journal is called Open Choice (find more information on [www.springer.com/openchoice](http://www.springer.com/openchoice)). Once your article is accepted, you will be offered the option to publish through open access. So you might want to talk to your institution and funder now to see how payment could be organized; for an overview of available open access funding please go to [www.springer.com/oafunding](http://www.springer.com/oafunding).

Although for now you don't have to do anything, we would like to let you know about your upcoming options.

**A longitudinal study of agrobiodiversity dynamics in homegardens in Tabasco, México.**

A.A. Serrano-Ysunza

M.Sc. Natural Resources and Regional Development, El Colegio de la Frontera Sur,  
Carretera Villahermosa a Reforma Km 15.5,  
Ra Guineo 2da Sección, Municipio del Centro,  
C.P. 86280 Villahermosa, Tabasco, México

H. van der Wal (corresponding author)

Agroecology Group, El Colegio de la Frontera Sur,  
Carretera Villahermosa a Reforma Km 15.5,  
Ra Guineo 2da Sección, Municipio del Centro,  
C.P. 86280 Villahermosa, Tabasco, México  
e-mail: [hvanderwal@ecosur.mx](mailto:hvanderwal@ecosur.mx), phone/fax 9933136110, cellphone 9932112852

J.A. Gallardo-Cruz

Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste  
Calle Centenario del Instituto Juárez, S/N  
Col. Reforma, C.P. 86080 Villahermosa, Tabasco, México

D.E. Ramos-Muñoz

Society and Culture Department. El Colegio de la Frontera Sur,  
Carretera Villahermosa a Reforma Km 15.5,  
Ra Guineo 2da Sección, Municipio del Centro,  
C.P. 86280 Villahermosa, Tabasco, México

R.A. Vaca

Biodiversity Conservation Department, El Colegio de la Frontera Sur,

Carretera Panamericana y Periférico Sur S/N,  
Barrio de María Auxiliadora,  
C.P. 29290 San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México

#### Acknowledgments

We thank the owners of the sampled homegardens for their willingness to participate in this study. Special thanks to Teresita Ávilez-López and Pedro Antonio Santiago-Montejo for invaluable assistance in fieldwork. The Mexican National Council of Science and Technology provided fellowship 307868 for postgraduate studies at El Colegio de la Frontera Sur, and the scholarship for mobility abroad (290936) to do an internship at Wageningen UR.

## **A longitudinal study of agrobiodiversity dynamics in homegardens in Tabasco, México.**

**Abstract** Rural change and globalization may compromise *in situ* conservation of agrobiodiversity in homegardens. However, proof of this from longitudinal studies is scarce. We studied changes in richness, diversity and composition of tree species in 38 homegardens, distributed over the subregions of mountain slopes, fluvial plains and the coastal plains in Tabasco, Mexico, based on inventories in 2009, 2012 and 2015. We identified 164 species, of which 74.39% were native or neotropical and 25.61% introduced. Sixty-seven percent of the total number of species found in 2009 remained in 2015, and species turnover was 33% in the course of 6 years. Regional species richness increased significantly ( $\chi^2(2) = 9.021$ ,  $P = 0.01$ ) between 2012 and 2015 ( $P = 0.004$ ), particularly mean richness of neotropical ( $\chi^2(2) = 10.25$ ,  $P = 0.024$ ) and introduced species ( $\chi^2(2) = 6.96$ ,  $P = 0.008$ ). True diversity (Jost 2006) showed differences between sampling years ( $\chi^2(2) = 6.97$ ,  $P = 0.03$ ), with significantly more effective species in 2015 than in 2012 ( $P = 0.01$ ), but no differences between 2009 and 2015 ( $P = 0.09$ ). Neotropical and introduced species richness increased significantly in the coastal plains subregion ( $P < 0.05$ ). Differences in species composition between subregions, observed in 2009, persisted in 2012 and 2015 ( $P = 0.001$ ,  $0.003$  and  $0.0001$ ). We conclude that individual homegarden are highly dynamic in terms of species richness, diversity and composition. Its dynamics did not involve decreases of homegarden species richness on the subregional and regional scale. Homegardens thus continue providing effective *in situ* conservation networks.

**Keywords:** conservation networks; geomorphology; *in situ* conservation; productive landscape; species richness.

## Introduction

Homegardens are agroecosystems where families promote the coexistence of useful plants and animals with the naturally occurring biota (Vandermeer et al. 1998). They are located around rural homesteads, and managed on the basis of family labour in order to obtain products for household consumption, selling on local markets and exchange (Fernández and Nair 1986; Aguilar-Stoen et al. 2009).

Regional species richness of homegardens is generally large (Eyzaguirre and Watson 2002; Kumar and Nair 2004). Variation between individual homegardens in similar geographical conditions (subregions), motivated by families' preferences and economic strategies (Reinhardt, 2004), adds up to regional variation in geographical conditions, including soil characteristics, climatic conditions, vegetation types with which species are exchanged (Méndez and Gliessman 2002; Vandermeer et al. 1998), and cultural, social and economic differences (Poot-Pool et al. 2015; Das and Das 2015). In general, the agrobiodiversity and species composition of homegardens varies with characteristics of the subregional landscapes (Bernholt et al. 2009; Scales and Marsden 2008), resulting from homegardens' interaction with the productive landscape and the vegetation types this includes (Altieri 2000).

Subregional and regional variation in homegardens' agrobiodiversity is at the basis of the exchange of species through social networks (Buchmann, 2009). High agrobiodiversity and social exchange makes homegardens excellent agrobiodiversity networks (Trinh et al., 2003), which can play a part in regional schemes of biodiversity conservation. In post-deforestation tropical landscapes, where changes in land use have led to a widespread biodiversity loss (IPCC, 2000; Morales Hernández et al., 2011), there is a need to combine distinct ways to maintain and restore vegetation cover (Lamb et al., 2005). One of them is to regenerate populations of naturally occurring species, from local agroecosystems dominated by trees onwards (Kabir and Webb, 2008). As *in situ* conservation banks that, in addition to common, globally distributed species, include naturally occurring species that are becoming increasingly scarce in the productive landscape (Moreno-Black et al., 1996; Trinh et al., 2003), homegardens can play a major role in this regard.

Some studies have detected trends towards a homogenisation and decreasing agrobiodiversity of homegardens, linked to the intensification of agricultural production (Scales and Marsden, 2008), proximity to urban areas (Michon and Mary, 1994; Nair, 2006), and the introduction of species with high commercial

value (Abebe et al., 2013; Bernholt et al., 2009; Peyre et al., 2006). Changes in individual homegardens are common, as families continuously adapt their strategies and preferences as a part of the transformation of rural areas. Changes may balance or add up to a net positive or negative effect within subregional homegarden networks, and these may balance or add up on the regional level. This may influence the contribution to *in situ* conservation of regional networks of homegardens (Kehlenbeck et al., 2007; Mohri et al., 2013).

Most research on homegarden agrobiodiversity is, however, based on one-time inventories (Bernholt et al., 2009; Nair, 2001), whereas longitudinal studies that support assertions on whether agrobiodiversity increases or decreases are scarce. In this article, we determine if homegardens lose agrobiodiversity based on repeated inventories over a six-year period in Tabasco, México. We document changes in agrobiodiversity in individual home gardens, aggregated changes in subregional areas with particular geographic and geomorphological conditions and productive landscape, and aggregate changes on the summed regional all-Tabasco scale, México. Our prime interest concerns the maintenance of naturally occurring native and neotropical tree species richness in tropical homegardens. In our hypothesis, general as well as native and neotropical agrobiodiversity is maintained on the regional and subregional scale, whereas we expect both gains and losses in individual homegardens. Acceptance of our hypothesis would confirm the effective agrobiodiversity conservation contribution of homegarden networks in post-deforestation conditions.

## **Methodology**

### *Study area*

We carried out this research in the state of Tabasco, in southeast Mexico. The original vegetation is typical of tropical areas and is composed mainly of periodically flooded forests and medium and high evergreen rainforests. Today, forest cover is a tiny fraction of what it was in the 1960s, as a consequence of high rates of deforestation induced by development policies that encouraged agricultural modernisation and extensive animal husbandry (Márquez et al., 2009). A post-deforestation landuse mosaic with forest fragments embedded in largely anthropogenic components has evolved. Over 50% of the lands are currently under animal husbandry, whereas hydrophilic vegetation and mangroves occupy 20%, agricultural activities 12%

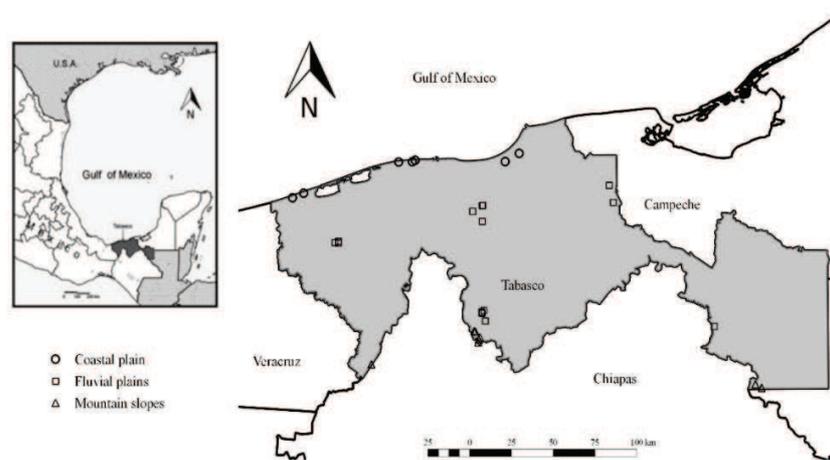
and remaining forest fragments 8%. There are marked variations in the land-use mosaic, depending on geomorphology and geography (Palma-López et al., 2007). The mountain slope mosaic on the border with the state of Chiapas, with altitudes up to 400 masl, presents fragments of the original vegetation, pasturelands and fields with staple crops. The fluvial plain mosaic is characterised by remnants of riparian vegetation adjacent to waterbodies, mechanized agroecosystems, cacao farms and life-fenced pasturelands. In the coastal mosaic, pasturelands are interspersed with “macuilis” (*Tabebuia rosea* DC), coconut plantations (*Cocos nucifera* L.), coastal lagoons and mangrove forests. Within the above mentioned landscape mosaics, homegardens are located in villages and smaller rural settlements, termed ‘rancherías’ (West et al., 1987). The botanical composition of homegardens varies according to the different landscape mosaics (van der Wal et al., 2014) and is regenerated through the exchange of plants between neighbours, friends and family members, the planting of trees obtained through commercial circuits and the occasional implementation of government programs.

Climate in the study area transits from warm and humid with summer rains (Am(w)(i)g) in the coastal area and warm and humid with high rainfall all year round (Af(m)w(i)g) in the mountain area. Rains concentrate in the rainy season from June to November, although they continue to until March; the dry season runs from April to June. Annual rainfall increases from the coast to the mountains, with rates ranging from 1,617 mm to 2,123 mm respectively. Mean annual temperatures in Tabasco fluctuate between 21.6 °C in the mountain area and 30°C on the coast (West et al. 1987).

#### *Homegarden selection*

We observed homegardens on three scales: (1) the individual homegarden, where the household’s economic situation and preferences determine agrobiodiversity; (2) the set of homegardens in a subregion, where particular geomorphological and geographical conditions, as well as characteristic soils and vegetation types in the landscape, result in a particular aggregate agrobiodiversity; (3) and all regional homegardens, where agrobiodiversity combines subregional variation. In 2009, representative communities were selected in the main subregions in Tabasco: coastal plains, fluvial plains and mountain slopes. In these communities, actively managed homegardens were selected, whose owners accepted repeated species

inventories. We thus obtained a sample of 38 homegardens, distributed over the three subregions (Figure 1).



**Fig. 1** Distribution of the sample of repeatedly inventoried homegardens over the coastal plains, fluvial plains and mountain slopes subregions in Tabasco, Mexico.

### *Change monitoring*

We first inventoried trees in homegardens in 2009, for the second time in 2012 and again in 2015. In the first inventory, we identified all trees with a DBH greater than 2 cm and indicated tree positions on an *in situ* map of each homegarden. The successive inventory updates enabled us to determine changes in tree richness, abundance and diversity. Common and scientific names were determined at the sample site with the aid of species identification guides and research team knowledge. In case of uncertainty, we took samples for later identification by botanists. We determined the biogeographical origin of each species using Tropicos and WCSP databases (Tropicos.org, 2015; WCSP,2015), distinguishing between native species, with distribution limited to southeast Mexico, Belize and Guatemala; neotropical species, widely recorded in tropical America; and introduced species. This allowed us to determine whether recorded changes affected species distribution over the three groups.

### *Data analysis*

To identify regional differences in species composition, we performed similarity analysis (ANOSIM) on presence absence data with the Simpson distance measure, applying the sequential Bonferroni correction to determine differences between pairs. To identify changes in the number of trees and species' richness, we used the Friedman test, applying sequential Bonferroni corrected significances in the Wilcoxon pair test. We performed analyses on the total sample (38 homegardens) and on each subregional group: homegardens in coastal plains (8), fluvial plains (17) and mountain slopes (13). For each group, we studied the changes in the numbers of native, neotropical and introduced species. To compare diversities, we calculated true diversity indices of order 1 ( ${}^1D$ ) according to Jost (2006), obtaining the effective number of species. True diversity refers to the exponential function of the Shannon-Wiener diversity index  $H'$ , according to:

$${}^1D = \exp(H) = \exp[-(\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i)]$$

Where  ${}^1D$  notes the diversity of order 1,  $H$  is Shannon entropy, and  $p_i$  is the proportion of individuals belonging to the  $i^{\text{th}}$  species, i.e. the abundance of the  $i^{\text{th}}$  species divided by the total sum of  $S$  species abundances that form the community. True diversity index reports the number of species ("effective species") that a theoretical community, consisting of equally abundant species, would have (Jost, 2006). By weighing all species by their abundance, neither common nor rare species are favoured. We used the Estimates software, version 9.01 to calculate this index.

## **Results**

### *Taxa and number of trees in homegardens in 2009, 2012 and 2015*

We identified 164 species in the three inventories, belonging to 120 genera and 46 families (Table 1). The Fabaceae family contributed most species (25), followed by Arecaceae, Malvaceae and Rutaceae with nine species each, and Moraceae and Sapindaceae with eight and seven species respectively. The most abundant genera were *Citrus* (seven species), *Musa* (six species), *Annona* (five species), and *Ficus* and *Inga* (four species). Electronic Supplementary Material 1 provides a detailed list of the recorded species, with family and biogeographical origin.

The most frequent species, registered in more than 70% of the homegardens, were *Annona muricata* L. (31 homegardens), *Citrus limon* (L.) Osbeck (31), *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (31), *Mangifera indica* L. (31), *Cocos nucifera* L. (30) and *Tabebuia rosea* DC (28). On the other hand, 28 species were unique, with presence in only one homegarden.

**Table 1** Number of families, genera and species recorded in inventories in 38 homegardens in Tabasco, México in 2009, 2012 and 2015. "Total" column refers to the aggregate value of all inventories.

	2009	2012	2015	Total
Families	45	44	45	46
Genera	102	104	108	120
Species	131	137	145	164
Number of trees per homegarden	90.8	91.0	100.3	-
Number of species per homegarden	22.8	22.3	24.9	-

*Change in numbers of trees and species and species turnover in Tabasco (regional level)*

Change of the number of trees and species richness was the common case in individual homegardens (Table 2, see Electronic Supplementary Material 2 for the detailed table). Both variables decreased in most cases between 2009 and 2012, whereas they increased in most cases from 2012 to 2015 and over the whole period from 2009 to 2015.

**Table 2** Number of homegardens in which the number of trees and species increased, decreased or remained unchanged throughout the 2009 – 2015 inventory period.

	Number of trees			Species richness		
	2009-12	2012-15	2009-2015	2009-12	2012-15	2009-15
Increases	16	28	20	15	25	24
Decreases	22	10	16	20	10	11
No change	0	0	2	3	3	3

When taking together species of the three distinguished geographical origins, there were no significant differences in the mean number of trees ( $\chi^2(2) = 4.76$ ,  $P = 0.09$ ) between the inventory years. However, regional species richness increased significantly ( $\chi^2(2) = 9.021$ ,  $P = 0.01$ ) between 2012 and 2015 ( $P = 0.004$ ). The number of effective species was different between sampling years ( $\chi^2(2) = 6.96$ ,  $P = 0.03$ ), with significantly more effective species in 2015 than in 2012 (Wilcoxon paired test,  $P = 0.01$ ), whereas differences between 2009 and 2012 and 2009 and 2015 were not significant ( $P = 0.38$  and  $0.09$ ). When considering neotropical species and introduced species richness separately, we found significant differences between years (Friedman test  $\chi^2(2) = 10.25$ ,  $P = 0.005$  for neotropical species, and  $\chi^2(2) = 6.96$ ,  $P = 0.03$  for introduced species). Species richness was higher in 2015 than in 2009 (Wilcoxon paired test,  $P = 0.02$ ) and 2012 ( $P = 0.01$ ) for neotropical species, and higher in 2015 than in 2012 for introduced species ( $P = 0.003$ ). With regard to the number of individuals, we observed a difference in the number of introduced trees between years ( $\chi^2(2) = 8.75$ ,  $P = 0.01$ ), with more trees in 2015 than in 2012 (Wilcoxon test,  $P = 0.01$ ). Forty-nine of the 164 tree identified species (29.9%) are native to the southeast of Mexico and Guatemala; 73 (44.5%) are of neotropical origin and 42 (25.6%) are introduced. Hundred and ten species persisted in all three inventories, of which 28.2% were native, 40.9% neotropical and 30.9% introduced. In 2015 we registered 20 new species (seven native, 12 neotropical and one introduced). One native and one introduced species were only present in 2009, and one native and two neotropical species only in 2012 (Figure 2).

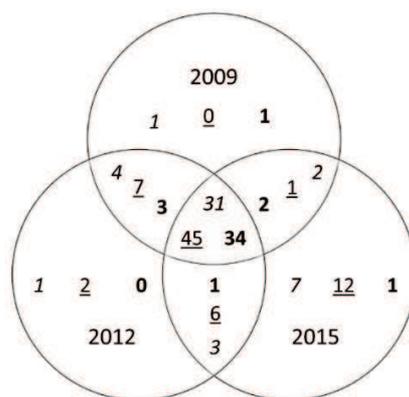


Fig. 2 Venn diagram with numbers of native, neotropical and introduced species that are shared or not between sampling years. Each circle represents an inventory: 2009 (top), 2012 (bottom left), and 2015 (bottom right). Font styles indicate native, neotropical, and introduced species.

### *Subregional agrobiodiversity differences and change*

Similarity analysis (ANOSIM) showed significant differences in composition between subregions ( $R = 0.19$ ,  $P = 0.001$ ), with significant differences between all pairs ( $P = 0.03, 0.01, 0.00$ ) in 2009. The same analysis in 2012 also showed significant differences in species composition between subregions ( $R = 0.14$ ,  $P = 0.003$ ), however the only significant difference was between fluvial plains and mountain slopes ( $P = 0.005$ ), whereas the difference of coastal plains with fluvial plains and mountain slopes was not significant ( $P = 0.06$  in both cases). In 2015 differences between subregions remained significant ( $R = 0.22$ ,  $P < 0.0001$ ). Differences between coastal and fluvial plains were significant ( $P = 0.004$ ), as were differences between fluvial plains and mountain slopes ( $P = 0.0000$ ). Differences in species composition between coastal plains and mountain slopes were not significant ( $P = 0.07$ ).

The number of effective species ranged from 12.5 to 14.7 on mountain slopes, from 12.4 to 13.8 in fluvial plains, and from 11.9 to 14.7 in the coastal plains. There were significant differences in the number of effective species in the coastal plains between years ( $\chi^2(2) = 7.5$ ,  $P = 0.02$ ), with higher number of effective species in 2015 than in 2009 (Wilcoxon pair test,  $P = 0.01$ ). In fluvial plains there were no differences in true diversity ( $\chi^2(2) = 2.4$ ,  $P = 0.30$ ), and neither were there on mountain slopes ( $\chi^2(2) = 5.89$ ,  $P = 0.05$ ). Average true diversity of homegardens in the coastal plains was 94% of that in the mountains in 2009, 97% in 2012 and 100% in 2015, thus increasing consistently. Homegardens at the coast went from representing 89% of the true diversity of the fluvial plains in 2009 to 98% in 2012 and 106% in 2015, also increasing consistently. True diversity of homegardens in fluvial plains decreased from 106% of that on mountain slopes in 2009 to 99% in 2012 and 94% in 2015.

Mean species richness in homegardens ranged from 22.9 a 28.9 in the coastal plains, from 21.9 to 24.2 on the fluvial plains, and from 20.8 to 23.4 on mountain slopes (Table 3). Of the subregional groups of homegardens, only homegardens on the coastal plains showed significant differences in species richness between years, both when considering all species together and when considering native and neotropical species separately (Table 4) (Figure 3).

**Table 3** Mean and standard deviation of the number of individuals, species richness, and true diversity of the tree component of homegardens in the 2009, 2012 and 2015 inventories in the coastal plains, fluvial plains and mountain slopes in Tabasco, México.

Region	Year	Number of trees		Species richness		True Diversity ( ${}^1D$ )	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Coastal plains	2009	113.13	59.86	22.88	8.34	11.93	0.91
	2012	105.00	54.08	23.63	8.47	12.19	1.30
	2015	127.25	57.29	28.88	7.77	14.65	0.92
Fluvial plains	2009	91.41	67.09	23.29	8.94	13.40	1.33
	2012	86.00	65.88	21.88	8.87	12.42	1.18
	2015	100.41	67.06	24.24	10.03	13.81	1.49
Mountain slopes	2009	76.31	51.04	20.77	7.97	12.61	1.23
	2012	89.00	80.80	20.92	9.46	12.51	1.33
	2015	83.54	60.13	23.38	10.20	14.67	1.83

Table 4. Mean richness of native, neotropical and introduced species in homegardens in coastal plains, fluvial plains and mountain slopes in Tabasco in 2009, 2012 and 2015.

Subregions	2009	Native			Neotropical			Introduced		
		2009	2012	2015	2009	2012	2015	2009	2012	2015
Coastal plains	6.50 <sup>a</sup>	6.90 <sup>ab</sup>	8.00 <sup>b</sup>	8.00 <sup>a</sup>	7.38 <sup>ab</sup>	10.13 <sup>b</sup>	8.38	9.38	10.75	
Fluvial plains	6.76	6.12	6.12	7.76	7.59	8.65	8.76	8.18	9.47	
Mountain slopes	5.77	5.85	6.77	7.62	8.23	8.38	7.46	6.92	8.23	
Total	6.36	6.18	6.73	7.76 <sup>a</sup>	7.76 <sup>a</sup>	8.87 <sup>b</sup>	8.24 <sup>ab</sup>	8.00 <sup>a</sup>	9.32 <sup>b</sup>	

Different exponents (<sup>a, b</sup>) indicate significant differences.

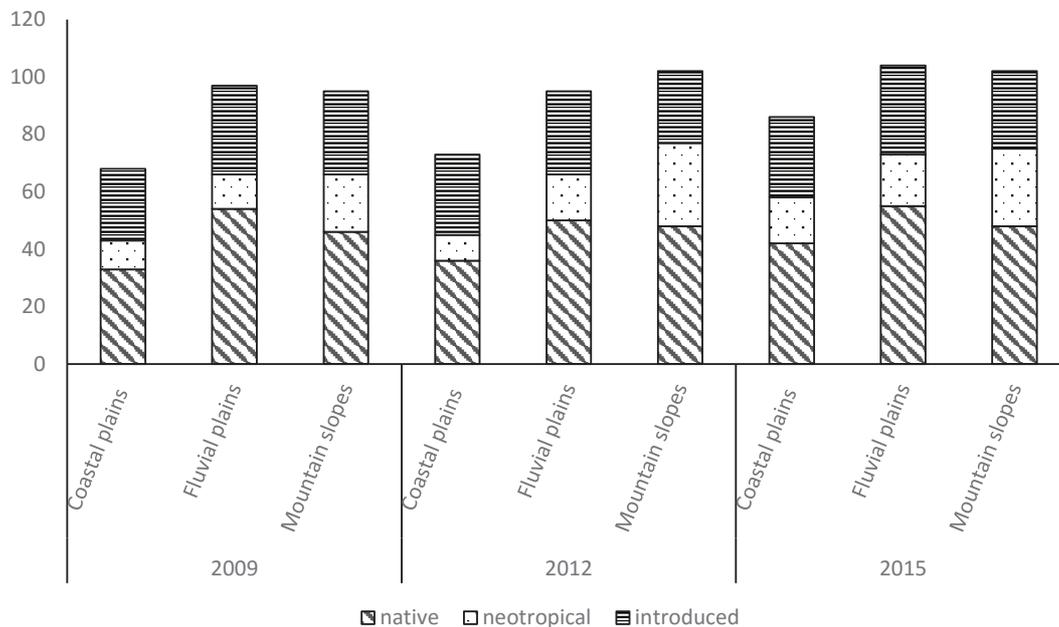


Fig. 3 Richness of native, neotropical, and introduced species in subregion and among inventories.

## Discussion

Homegardens in Tabasco collectively boast a remarkable reservoir of agrobiodiversity. The observed aggregate species richness of all trees was high (131, 137 and 145 species) in the three inventories, quite high when compared to other tropical areas (Bernholt et al. 2009; Nair and Kumar 2006; Wiehle et al. 2014). Species composition varied significantly between subregions in the first inventory, and this variation remained in the second and third inventory. This is due to soil and climatic conditions (Hodgkin 2001; Méndez and Gliessman 2002), as well as characteristics of the subregional productive landscape, which favour particular selections of species. An example of this are the species employed in fencing: *Bursera simaruba* and *Pachira aquatica* prevail in the coastal plains; *Erythrina americana* in the fluvial plains; and *Gliricidia sepium* and *Eugenia rubella* in the mountain slopes. The prevalence of *E. americana* in the fluvial plains relates with its wide use as a shade species in cacao (*Theobroma cacao*) plantations. Regional agrobiodiversity patterns in homegardens thus reflect the economic strategies developed by homegarden

owners. These tend to be similar when a common productive context is shared (Altieri, 2000). Exchange of plants with family members and social networks reinforces these patterns (Buchmann, 2009).

Trends towards the homogenisation of tropical agroecosystems have been reported repeatedly (Abebe et al., 2013; Bernholt et al. 2009; Scales and Marsden, 2008; Michon and Mary, 1994; Nair 2006; Peyre et al., 2006). In these studies, globalisation and rural change, and particularly an increased market orientation of production, are held responsible for the decline in agrobiodiversity. These processes would be drivers of the intensive production of a few crops in homegardens (Das and Das, 2015; Kehlenbeck et al, 2007).

Our results do not indicate homogenization. Variation between subregions remained throughout our study period, as indicated by the ANOSIM analysis. Subregional homegardens reflected the mosaic of land uses in which they occur to a high degree, and maintained particular characteristics associated with its geography and natural factors.

Rather than a notion of homogenization, our results suggest a continuous adjustment of homegarden functionalities through a high turnover of species. This turnover maintains all-over species richness, as well as species richness of the native and neotropical species that are natural to the regional vegetation types. We observed a significant change in the species composition of the aggregate sample, with a turnover of 54 species in six years, equivalent to 32.9% of the total recorded agrobiodiversity of 164 species. Native and neotropical species constituted three quarters of the total number of tree species. Many of these are multi-purpose species, serving for timber, medicine, firewood, fruits and ornament. This was also the case in Vietnam (Trinh et al. 2003), Brazil (Albuquerque et al. 2005), Sudan (Wiehle et al. 2014), indicating a global logic of survival given insecure livelihoods (Hecht 2010) that involves conserving local species.

The results of the repeated inventories showed the dynamic nature of all individual homegardens, as significant changes of agrobiodiversity occurred in most homegardens. In the 2009 – 2012 period, most changes were decreases, whereas in the 2012 – 2015 period most changes were increases. Changes in individual homegardens are motivated by their owner's desire to better satisfy their needs (Mohri et al. 2013), and may be enhanced by occasional government programs, gifts of plants by candidates to voters in elections, availability of plants through ambulant merchandizers, increased needs for reducing expenditures through economic crisis, as well as management factors. It seems that homegardens in the

coastal plains are the most dynamic, possibly related with regional tourism and concomitant economic activity.

Around 70% of tree species in Tabasco homegardens is native or neotropical. This finding is in line with that of Albuquerque et al. (2005) in Northeastern Brazil, in the sense of frequent species including a significant component of local flora, contributing to its conservation. Also in Thailand, homegardens were depositories of species from the forest, actively transplanted in families' near space to maintain access to them in a post-deforestation context (Moreno-Black et al. 1996). In this regard, the authors consider homegardens as a part of a continuum of resource areas. As these change with evolving new ruralities (Hecht 2010), with families diversifying income sources, updating the resource areas of homegardens and the productive landscape that embeds them. This is one of the explanations of the high turnover and at the same time the maintenance of the native and the increments of the neotropical and introduced component in Tabasco.

The effective number of species was highest in homegardens on mountain slopes. The largest forest fragments are on the mountain slopes, and are a source of genetic material that households introduce in their homegardens (Moreno-Black et al. 1996; Das and Das, 2015). Poor access due to the lack of roads enhances product diversification processes to meet daily household needs (Kehlenbeck and Maass 2006). The low number of effective species in coastal homegardens may relate to soil salinity and flooding (van der Wal et al. 2014). This may incentive experimenting with new species, and explain that both observed species richness and effective species richness increase in the evaluation period in the coastal plains. Changes in subregions may thus be motivated differently, contributing to maintain heterogeneity in species richness, true diversity and composition in each subregion.

Households introduce species as a common and daily activity. Strategies to conserve agrobiodiversity may piggyback on this dynamic character of homegardens, whose owners readily plant the species that they consider useful and worth to experiment with. Such strategies should use the dynamics of individual homegardens as an opportunity to enhance subregional networks of characteristic agrobiodiversity (Trinh et al. 2003; Kabir and Webb 2008). Regional agrobiodiversity then emerges from the subregional networks of homegardens reflecting particular household strategies. Regional conservation efforts should aim at maintaining and strengthening the subregional agrobiodiversity in homegardens.

## References

- Abebe T., Sterck F.J., Wiersum K.F. and Bongers F. 2013. Diversity, composition and density of trees and shrubs in agroforestry homegardens in Southern Ethiopia. *Agroforestry Systems* 87: 1283-1293.
- Aguilar-Stoen M.C., Moe S.R. and Camargo-Ricalde S.L. 2009. Home gardens sustain crop diversity and improve farm resilience in Candelaria Loxicha, Oaxaca, Mexico. *Human Ecology* 37: 55-77.
- Albuquerque U.P., Andrade L.H.C. and Caballero J. 2005. Structure and floristics of homegardens in Northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments* 62: 491-506.
- Altieri M.A. 2000. Multifunctional dimensions of ecologically-based agriculture in Latin America. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 7: 62-74.
- Bernholt H., Kehlenbeck K., Gebauer J. and Buerkert A. 2009. Plant species richness and diversity in urban and peri-urban gardens of Niamey, Niger. *Agroforestry Systems* 77: 159-179.
- Buchmann C. 2009. Cuban Home Gardens and Their Role in Social–Ecological Resilience. *Human Ecology* 37: 705-721.
- Das T. and Das A.K. 2015. Conservation of Plant Diversity in Rural Homegardens with Cultural and Geographical Variation in Three Districts of Barak Valley, Northeast India. *Economic Botany* 69: 57-71.
- Eyzaguirre P.B. and Watson J. 2002. Homegardens and agrobiodiversity: an overview across regions. In: Watson J.W. and Eyzaguirre P.B. (eds) *Home gardens and in situ conservation of plant genetic resources in farming systems*. IPGRI, Witzenhausen, Germany, pp 10-13.
- Fernandes E.C.M. and Nair P.K.R. 1986. An Evaluation of the Structure and Function of Tropical Home Gardens. *Agricultural Systems* 21: 279-310.
- Hecht S. 2010. The new rurality: Globalization, peasants and the paradoxes of landscapes. *Land Use Policy* 27: 161-172.
- Hodgkin T. 2001. Home gardens and the maintenance of genetic resources. In: Watson J.W. and Eyzaguirre P.B. (eds) *Home gardens and in situ conservation of plant genetic resources in farming systems*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- IPCC. 2000. *Land Use, Land-use change, and Forestry*. Intergovernmental Panel on Climate Change University Press, Cambridge, p 377.
- Jost L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113: 363-375.
- Kabir M.E. and Webb E.L. 2008. Floristics and structure of southwestern Bangladesh homegardens. *International Journal of Biodiversity Science & Management* 4: 54-64.
- Kehlenbeck K., Arifin H. and Maass B. 2007. Plant diversity in homegardens in a socio-economic and agro-ecological context. In: Teja Tscharntke C.L., Manfred Zeller, Edi Guhardja and Arifuddin Bidin (ed) *Stability of Tropical Rainforest Margins Linking Ecological, Economic and Social Constraints of Land Use and Conservation*. Springer, Berlin, pp 297-319.

- Kehlenbeck K. and Maass B.L. 2006. Are tropical homegardens sustainable? Some evidence from Central Sulawesi, Indonesia. In: Kumar B.M. and Nair P.K.R. (eds) *Tropical homegardens A time-tested example of sustainable agroforestry*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp 25-41.
- Kumar B.M. and Nair P.K.R. 2004. The enigma of tropical homegardens. *Agroforestry Systems* 61: 135-153.
- Márquez R.I., De Jong B.H.J., Ochoa Gaona S. and Hernández S. 2009. Análisis de los factores condicionantes del uso del suelo en la región oriental de Tabasco. In: Niño N., Sampedro M., Rueda R. and Colina A. (eds) *Antología de estudios territoriales Fomento de los estudios territoriales en Iberoamérica: estudios territoriales*. GEOTECH, La Habana, Cuba, pp 107-125.
- Méndez V.E. and Gliessman R.S. 2002. Un enfoque interdisciplinario para la investigación en agroecología y desarrollo rural en el trópico latinoamericano *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 64: 5-16.
- Michon G. and Mary F. 1994. Conversion of traditional village and new economic strategies of rural households in the area of Bogor, Indonesia. *Agroforestry Systems* 25: 31-58.
- Mohri H., Lahoti S., Saito O., Mahalingam A., Gunatilleke N., Irham, Hoang V.T., Hitinayake G., Takeuchi K. and Herath S. 2013. Assessment of ecosystem services in homegarden systems in Indonesia, Sri Lanka, and Vietnam. *Ecosystem Services* 5: 124-136.
- Morales Hernández J., Muro Bowling P., Canuto J., Ochoa García H., López Ramírez M., Velázquez López L., Sarandón S., Caporal F., Costabeber J., Bernardo Hernández M., Gerritsen P. and Rodríguez Rivera O. 2011. *La agroecología en la construcción de alternativas hacia la sustentabilidad rural*. Siglo XXI Editores/Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, México, 316 pp.
- Moreno-Black G., Somnasang P. and Thamathawan S. 1996. Cultivating continuity and creating change: Women's home garden practices in northeastern Thailand. *Agriculture and Human Values* 13: 3-11.
- Nair P.K.R. 2001. Do tropical homegardens elude science, or is it the other way around? *Agroforestry Systems* 53: 239-245.
- Nair P.K.R. 2006. Whither homegardens? In: Kumar B.M. and Nair P.K.R. (eds) *Tropical homegardens A timetested example of sustainable agroforestry*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp 355-370.
- Nair P.K.R. and Kumar B.M. 2006. Introduction. In: Kumar B.M. and Nair P.K.R. (eds) *Tropical homegardens A timetested example of sustainable agroforestry*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp 1-10.
- Palma-López D.J., Cisneros-Domínguez J., Moreno-Cáliz E. and Rincón-Ramírez J.A. 2007. *Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable*. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México, ix, 184 pp.
- Peyre A., Guidal A., Wiersum K.F. and Bongers F. 2006. Dynamics of homegarden structure and function in Kerala, India. *Agroforestry Systems* 66: 101-115.

- Poot-Pool, W.S., van der Wal H., Flores Guido S., Pat Fernández J.M. and Esparza Olgún L.G. 2015. Home garden agrobiodiversity differentiates along a rural-peri-urban gradient in Campeche, Mexico. *Economic Botany* 69: 203-217.
- Reinhardt S. 2004. Home gardens – treasure troves of diversity. Issue papers People and Biodiversity. GTZ, Eschborn, Germany, p 4.
- Scales B.R. and Marsden S.J. 2008. Biodiversity in small-scale tropical agroforests: a review of species richness and abundance shifts and the factors influencing them. *Environmental Conservation* 35: 160-172.
- Trinh L.N., Watson J.W., Hue N.H., De N.N., Minh N.V., Chu P., Sthapit B.R. and Eyzaguirre P.B. 2003. Agrobiodiversity conservation and development in Vietnamese home gardens. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 97: 317-344.
- Tropicos.org. 2015. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org>.
- van der Wal H., Suárez-Sánchez J., Alcudia-Aguilar A., Cerino-Zabala M., Isidro-Hernández J., Pérez-Ramírez J., Santiago-Montejo P.A. and Vargas-Dominguez M. 2014. Procesos, condiciones de entorno, estrategias de supervivencia y funciones de huertos familiares en la cuenca baja del río Grijalva. In: González and Brunel (eds) Montañas, pueblos y agua: dimensiones y realidades de la Cuenca Grijalva. Juan Pablos Editor y ECOSUR, México.
- Vandermeer J., van Noordwijk M., Anderson J., Ong C. and Perfecto I. 1998. Global change and multi-species agroecosystems: Concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 67: 1–22.
- WCSP. 2015. World Checklist of Selected Plant Families. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; <http://apps.kew.org/wcsp/>
- West R.C., Psty N.P., Thom B.G. and Escalante Guerra P. 1987. Las tierras bajas de Tabasco: en el sureste de México. Gobierno del Estado de Tabasco, Instituto de Cultura de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México, 409 pp.
- Wiehle M., Goenster S., Gebauer J., Mohamed S.A., Buerkert A. and Kehlenbeck K. 2014. Effects of transformation processes on plant species richness and diversity in homegardens of the Nuba Mountains, Sudan. *Agroforestry Systems* 88: 539-562.