



ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD ARBÓREA EN EL SISTEMA AGROFORESTAL DE PIÑA BAJO SOMBRA EN EL OCCIDENTE DE MÉXICO

[TREE DIVERSITY AND STRUCTURE IN SHADED PINEAPPLE AGROFORESTRY SYSTEM IN WESTERN MÉXICO]

Jesús Juan Rosales Adame^{1*}, Ramón Cuevas Guzmán¹, Stephen R. Gliessman² and Bruce F. Benz³

¹ *Departamento de Ecología y Recursos Naturales-IMEC BIO, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Av. Independencia Nacional 151. Autlán de Navarro, Jalisco, México, CP 48900, Tel: +52 (317) 3825010; email: jesusr@cucsur.udg.mx, rcuevas@cucsur.udg.mx*

² *Environmental Studies, University of California, Santa Cruz, CA 95064, USA email: gliess@ucsc.edu*

³ *Texas Wesleyan University, 1201 Wesleyan Street, Fort Worth, TX 76105, USA email: bbenz@txwes.edu*

* *Corresponding author*

RESUMEN

Se describe la estructura y la diversidad arbórea del agroecosistema de piña, el cual se desarrolla como componente principal del sotobosque en el bosque tropical subcaducifolio y encinares caducifolios, con combinaciones de especies introducidas, revelando un característico sistema agroforestal para la región del occidente de México (Jalisco y Nayarit). El cultivo de piña es extensivo, de bajos insumos y con una fuerte inversión de tecnología local. Se le establece principalmente, en pendientes por debajo del 25%, pero algunas veces hasta del 45%, en terrenos irregulares y altitudes de 67 a 610 m. Se registraron 1,161 individuos leñosos de 69 especies y 36 familias de las cuales 62 son nativas y siete introducidas. La familia con más especies fue Fabaceae con 11. Nayarit mostró la riqueza más baja y alta, la diversidad *alfa* de Fisher para el área mostró diferencias entre sitios y localidades ($F=7.12$, $\alpha>0.001$; $F=7.09$, $\alpha>0.0006$, respectivamente). Shannon mostro diferencias solamente entre cuatro sitios de Jalisco con los sitios de menor diversidad en Nayarit. Jalisco fue diferente a Nayarit respecto a la diversidad beta. La estructura de alturas y diamétrica fue muy heterogénea en el área de estudio, la mayoría de los individuos (92%) se concentraron en clases de altura intermedias y cuatro estructuras diamétricas. El manejo de estos agroecosistemas bajo sombra diversificada contribuye con la conservación de la biodiversidad tropical y representa una forma de manejo sostenible de la piña en América.

Palabras clave: Sistema Agroforestal; *Ananas comosus*; valor de importancia ecológica; vertiente

Pacífica; diversidad vegetal; diversidad *alfa*; diversidad beta.

SUMMARY

Structure and perennial woody diversity in the cropping pineapple agroecosystem is described. It is developed like main component in understory of tropical subdeciduous and *Quercus* forest, in combinations with cultivated non-native species; revealing a characteristic agroforestry system, in western Mexico (Jalisco and Nayarit). This is an extensive cropping system of low external inputs and local technology, mainly growing on slopes from 25% to 45%, on irregular terrain and at altitudes from 67 to 610 m. We found 1 161 woody individuals from 69 species, 62 native and seven introduced species. The Fabaceae family had 11 species. The lowest and maximum richness was in Nayarit. Fisher's *alfa* diversity in the study area showed differences between sites and ($F=7.12$, $\alpha>0.001$; $F=7.09$, $\alpha>0.0006$, respectively). Shannon's index exhibited differences only in four sites of Jalisco with the lowest diversity sites in Nayarit. Beta diversity in Jalisco was different from Nayarit. Height and diameter in study area were heterogeneous, with the majority (92%) of individuals found in intermediate heights. Diameter sizes were concentrated in four structural types. Management of this diverse shaded agroecosystem contributes to tropical biodiversity conservation and also represents a pineapple sustainable management in America.

Key words: Agroforestry system; *Ananas comosus*; ecological importance value; Pacific slope; plant diversity; *alfa* diversity; beta diversity.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales –manejo deliberado de especies leñosas con cultivos agrícolas y/o elementos pecuarios en la misma unidad de superficie, bajo una secuencia espacial o temporal y con interacciones ecológicas y económicas entre ellos (Nair, 1997)– son formas ancestrales de manejo compatible con ecosistemas ricos en diversidad biológica, los cuales funcionan como refugios de la biodiversidad y sus interacciones, disminuyendo la pérdida de especies y su diversidad genética (Perfecto *et al.*, 1996; Perfecto *et al.*, 2003; Montagnini, 2006; Bhagwat *et al.*, 2008). Si bien la deforestación en el trópico ha generado un paisaje transformado debido principalmente a las actividades agrícolas y ganaderas (Geist y Lambin, 2001; Joshi *et al.*, 2003; FAO, 2006; Anta *et al.*, 2008; Morales *et al.*, 2008; Laurance, 2010), es en las regiones tropicales y subtropicales, donde se han desarrollado una gran variedad de sistemas modificados que han demostrado la compatibilidad entre el aprovechamiento sostenible y la conservación de recursos naturales, además de ostentarse como reservorios de diversidad nativa y manejada ante el proceso acelerado de la deforestación global (Moguel y Toledo, 1999; Perfecto y Armbrecht, 2003; Moguel y Toledo, 2004; Armbrecht *et al.*, 2005; Koh y Gardner, 2010). Los agroecosistemas de café (*Coffea arabica* L.), cacao (*Theobroma cacao* L.) y caucho (*Hevea brasiliensis* [Willd. ex A. Juss.] Müll. Arg.), así como los huertos caseros establecidos bajo doseles complejos de especies leñosas alrededor del mundo; han sido reconocidos como ecosistemas de importancia para la conservación por promover, preservar y manejar una complejidad de micro hábitats que fomentan la interacción entre especies vegetales y animales, muchas veces similares a los ecosistemas naturales, además de ser considerados como áreas de importancia en la provisión de servicios ecosistémicos (Rice y Greenberg, 2000; Kehlenbeck *et al.*, 2007; Nair *et al.*, 2009; Ávalos-Sartorio y Blackman, 2010). A pesar de intensos y diversos estudios en diferentes sistemas agroforestales tropicales, su conocimiento ha estado centrado en sistemas de ganado y algunos como el del café con sombra, mientras que para otros ha sido nulo, este es el caso del cultivo de piña bajo sombra en el occidente de México.

La piña [*Ananas comosus* (L.) Merr.], se considera a escala mundial, el tercer cultivo más importante de frutas tropicales, sólo superado por el mango y el plátano o los cítricos (Dias *et al.*, 2007; Botella y Smith, 2008; García *et al.*, 2011). De acuerdo con la superficie cultivada y los volúmenes de cosecha, es a través del monocultivo convencional que se genera el mayor porcentaje de producción a escala global (Leal y Avilán, 1997; García *et al.*, 2011) en naciones como

Brasil, Tailandia, Filipinas, Costa Rica, China, India, Indonesia, entre otros (Crestani *et al.*, 2010). Adicionalmente, en países como India, Sri Lanka, Uganda, Venezuela, Malasia y México ha sido reconocido un modelo de manejo ecológico en la producción de piña, a manera de un arreglo agroforestal, donde el elemento agrícola (la piña) es un componente del sotobosque en bosques húmedos tropicales, bosques secundarios, de plantaciones de árboles frutales o bajo sombra mixta de especies nativas e introducidas en selva mediana subcaducifolia o bien bajo sistemas de huertos mixtos como cultivo secundario (Aristeguieta, 1968; Morton, 1987; Naturland, 2000; Coppens d'Éeckenbrugge y Duval, 2009; Rosales *et al.*, 2009; Clement *et al.*, 2010). En el caso de México, la piña se cultiva principalmente en sistemas convencionales donde el monocultivo intensivo, uso de variedades mejoradas y la aplicación de insumos químicos son las principales características, concentrándose la producción en la cuenca del Papaloapan (Rebolledo *et al.*, 2011); adicionalmente en la vertiente Pacífico se desarrolla un esquema de producción diferente, la piña bajo sombra que es catalogada como un sistema de manejo sostenible y orgánico (Ríos y Osuna, 2005; Ríos y Uriza, 2005; Rosales *et al.*, 2009). Pocos estudios a nivel nacional han abordado el cultivo de piña bajo sombra, y los existentes escasamente han analizado el componente arbóreo más allá de su composición. El trabajo busca proveer información de la estructura poblacional del cultivo de piña y describir las características estructurales y de diversidad del componente leñoso de la comunidad vegetal donde se desarrolla, en los estados de Jalisco y Nayarit. La hipótesis que se plantea es que no existen diferencias significativas en la estructura y diversidad del componente leñoso en el agroecosistema de piña bajo sombra del occidente de México.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio: El estudio se realizó de diciembre de 2009 a junio de 2010, en los estados de Jalisco y Nayarit (occidente de México). En el estado de Jalisco, se trabajó en la región suroeste, en el municipio de Villa Purificación, en la propiedad privada conocida como *La Rinconada*. En el estado de Nayarit, en la zona norte, en los municipios de Ruiz y Santiago Ixcuintla, particularmente en los ejidos y comunidades indígenas de *El Venado*, *Puerta de Platanares*, *Cordón del Jilguero*, *El Zopilote* y *Acatán de las Piñas-El Cantón*; entre los 18°23' y 23°15' de latitud norte y los 101°14' y 106°12' de longitud oeste. La topografía del área de estudio es muy variada, particularmente en los sitios de Nayarit, los cuales presentan una topografía muy irregular y pendientes muy pronunciadas, mientras que en Jalisco las pendientes son más suaves y la topografía menos

irregular. La amplitud altitudinal del área de estudio oscila entre los 67 y 610 ms.n.m., el período de lluvias ocurre de junio a octubre, y es del orden de 1,500 a 1,970 mm anuales, con una temperatura que varía de 24-27 °C (González *et al.*, 2002a; González *et al.*, 2002b). La vegetación dominante es el bosque tropical subcaducifolio (Rzedowski, 1978) o selva mediana subcaducifolia (Miranda y Hernández-X, 1963). Dentro de las actividades productivas del área destacan el cultivo de pasto para la producción de ganado bovino, así como las plantaciones de frutales y café.

A través de un muestreo selectivo y con base en la representatividad del agroecosistema de piña, acceso al área, la disponibilidad de los ejidatarios para acceder a los cultivos con piña y la altitud, se seleccionaron seis localidades. En cada una de ellas se establecieron parcelas (sitios) rectangulares temporales de 50×20 m (1,000 m²) ubicadas a favor de la pendiente. Cinco parcelas correspondieron al estado de Jalisco y 25 al estado de Nayarit, cubriendo una superficie de 3 ha; 0.5 ha por localidad. Cada parcela se subdividió en 10 subparcelas de 10×10 m (100 m²), identificando y registrando, dentro de cada una de ellas, todas las especies leñosas ≥ 10 cm de diámetro normal (DN=1.30 m de altura de la base del suelo) o ≥ 3.0 m de altura, enraizadas dentro de la parcela. Para cada especie se registró el diámetro normal, altura total y clase silvícola o posición en el dosel (Olvera *et al.*, 1996; Suatunce *et al.*, 2003). En cada sitio se registraron coordenadas geográficas, altitud, pendiente y geoforma. Se recolectaron ejemplares de herbario para corroborar las identificaciones y el material se depositó en el Herbario ZEA del Centro Universitario de la Costa Sur, de la Universidad de Guadalajara, como referencia de la investigación.

Para cada parcela se determinó la densidad, área basal, frecuencia, altura promedio y máxima del dosel. La importancia ecológica de las especies por parcela se obtuvo con el Índice de Valor de Importancia (IVI) =densidad relativa+dominancia relativa+frecuencia relativa (Mueller-Dumbois y Ellenberg, 1974; Matteucci y Colma, 1982; Greig-Smith, 1983). Se determinó la riqueza florística, así como la diversidad alfa del componente arbóreo por parcela utilizando el índice de Fisher (Fisher *et al.*, 1943) como medida de heterogeneidad, este índice además de ser relativamente independiente del tamaño de la parcela, permite comparar parcelas debido a la independencia con el número de árboles individuales en la muestra (Rosenzweig, 1995; Leigh, 1999; Magurran, 2004), para su cálculo se utilizó el programa EstimateS v. 8.2.0 (Colwell, 2000). También se calculó el índice de Shannon (empleando h'), que se basa en la abundancia proporcional de las

especies y asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están presentes en la muestra (Magurran, 2004). Este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (Moreno, 2001), su cálculo se obtuvo con el programa Biodiversity Pro v. 2 (McAleece *et al.*, 1997). Se determinó también el índice cuantitativo de Sørensen (Magurran, 1988; Magurran, 2004). Para determinar si había diferencias significativas en la diversidad entre parcelas y localidades para el índice de Shannon se utilizó el método de Hutcheson con una $\alpha=0.001$ (Magurran, 1988), mientras que para la riqueza de especies, densidad, área basal y similitud florística, entre parcelas y localidades, se aplicó un análisis de varianza con una prueba de Tukey y una $\alpha=0.05$. La estructura vertical se obtuvo midiendo las alturas de todos los individuos leñosos por localidad. La estructura diamétrica poblacional de las leñosas se basó en todos los individuos encontrados en las parcelas por localidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El agroecosistema de piña bajo sombra en el occidente de México, se caracteriza por su adaptación a un esquema de policultivo o sistema agroforestal implementado por pequeños y medianos agricultores, algunos de ellos indígenas (Figura 1). Se le encuentra en bosque tropical subcaducifolio (BTS) o encinares caducifolios de baja altitud, primordialmente en laderas medias e inferiores con pendientes hasta de 45%, aunque la mayoría se encuentra por abajo de 25%, en altitudes de 67-610 m. Esto respalda la premisa de que en las regiones tropicales los campesinos desarrollan y mantienen formas de manejo amigables con la conservación de la diversidad biológica y el desarrollo local. El agroecosistema de piña bajo sombra, implementado, hace al menos un par de siglos en el occidente de México, es un ejemplo de manejo agroforestal diversificado y compatible con el mantenimiento de especies nativas y cultivadas, con enfoque ecológico y sostenible (Rosales *et al.*, 2009). Similar a lo que se ha documentado en Sudamérica con formas silvestres y cultivadas de piña bajo doseles de bosques secundarios, bosques húmedos tropicales y sistemas de huerto (Aristeguieta, 1968; Clement *et al.*, 2010). En particular para el occidente de México (Jalisco y Nayarit), las formaciones vegetales tropicales de la vertiente del Pacífico mexicano (Pennington y Sarukhán, 1998) que emplean los productores para el desarrollo del agroecosistema de piña, proporcionan condiciones de heterogeneidad ambiental y de diversidad estructural que permiten cultivos en el sotobosque y las interacciones ecológicas entre niveles tróficos, lo que demuestra la eficiencia ecológica de estos sistemas de producción

(Gliessman, 2007). En este sentido las formas de manejo y ensambles de vegetación de este agroecosistema son compatibles y complementarias con el mantenimiento de diversos recursos biológicos; los cuales deben ser considerados dentro de las estrategias de conservación local, así como de los esquemas y programas de pago por servicios ambientales (PSA) para la provisión de servicios ecosistémicos que ya se desarrollan a nivel nacional, y que han sido documentados extensamente por los sistemas agroforestales en regiones tropicales (Beer *et al.*, 2003; Idol *et al.*, 2011). Sin embargo, en el caso del agroecosistema de piña bajo sombra en México, prácticamente ha sido desconocido y poco documentado, contrario a lo que ha ocurrido con el agroecosistema de café bajo sombra (Villavicencio, 2009) y con el cual presenta una gran similitud.

El cultivo de piña (variedad *Española Roja* o también llamada *criolla*) es perenne y extensivo, con aplicación de tecnología local y bajo uso de insumos agrícolas externos. La plantación sigue un diseño en hileras o líneas, generalmente perpendiculares a la pendiente del sitio, a medida que se desarrolla el cultivo y las plantas tienen reproducción clonal, se forman manchones de rosetas alrededor de la planta progenitora, con lo cual se pierde el diseño inicial. Esta forma de reproducción vegetativa, permite que la plantación se realice una sola vez y se prolongue por siglos, sin la necesidad de hacer siembras continuas, como sucede con el cultivo convencional de piña (a pleno sol) y alcanzar densidades de 8,740-25,300 plantas adultas por hectárea. Si bien esta característica reduce de manera significativa los costos de producción, representa una desventaja a largo plazo para la conservación de la especie al no promoverse la reproducción sexual, lo cual no

permite la renovación genética (Mandujano, 2007), y a la larga traerá consecuencias en la biología del cultivar. Desde la visión del productor en la región occidente de México no se perciben evidencias de que esto esté sucediendo. En Nayarit algunos productores mencionaron la necesidad de renovar *piñales* para mejorar la condición del sistema. Sin embargo, siguen utilizando plantas de la misma parcela o de parcelas cercanas al sitio de renovación. Después de realizada la plantación, sólo se da mantenimiento al cultivo, lo cual implica principalmente actividades de limpia de arvenses, ramas y troncos caídos, así como la rehabilitación de cercos. La cosecha es otra actividad importante y es estacional, inicia en mayo y termina en agosto, sin embargo, es común encontrar frutos fuera de la temporada (finales de año), a los cuales se les denomina piñas “*pascueñas*” en Nayarit.

De los 30 sitios estudiados, 10 *piñales* (Término utilizado por los productores para las áreas donde se cultiva la piña bajo sombra) (cinco en Jalisco y cinco en Nayarit), además de presentar elementos leñosos de BTS, registraron plantaciones de café hacia los bordes del polígono y en algunos casos, plantas de café insertadas dentro del piñal, también fue común encontrar especies frutales para consumo familiar o venta comercial como cítricos, mamey, papayo, mangos, aguacates, entre otros. En 18 sitios, los elementos leñosos del agroecosistema correspondieron en su mayoría a especies propias del BTS, siendo también evidente en al menos la mitad de éstos, la presencia de especies frutales como arrayán, plátano, cítricos y otros. Finalmente dos sitios se inventariaron en áreas de transición vegetal entre BTS y encinar caducifolio (Tabla 1).



Figura 1. Vista panorámica del Sistema Agroforestal de piña bajo sombra en el occidente de México, Puerta de Platanares municipio de Ruíz, Nayarit (Foto: *Jesús Juan Rosales Adame*).

Tabla 1. Riqueza y estructura de la vegetación leñosa del agroecosistema de piña bajo sombra en el occidente de México. Veg =tipo de vegetación; Den =densidad; AB =área basal; AM =altura promedio; S =riqueza de especies; H' =índice de Shannon; Alfa =índice alfa de Fisher.

Localidad	Parcela	Veg	Den ind. ha ⁻¹	AB m ² ha ⁻¹	AM (m)	S	H'	Alfa
La	El Cerro	BTS – Café	260	73.2	18	6	1.28	11.26
Rinconada	El Grande	BTS – Café	310	72.0	11	9	1.84	12.08
	El Mamey	BTS – Café	370	48.6	11	9	1.82	13.03
	El Morado	BTS – Café	350	61.2	13	10	1.85	13.81
	Las Guámaras	BTS – Café	190	35.0	16	5	1.02	13.11
Cordón del Jilguero	Campo de Futbol	BTS	200	21.9	13	3	0.39	1.45
	C. Salas	BTS – Café	720	16.1	8	10	1.31	5.01
	F. Alemán	BTS – Encinar	460	14.6	7	12	2.07	8.25
El Venado	Rodolfo	BTS	200	18.2	11	5	1.40	8.80
	Los Chinos	BTS – Café	640	30.0	7	13	1.92	13.36
	Los Zapotillos II	BTS	240	20.1	11	3	0.54	0.91
	Los Zapotillos	BTS	130	17.7	13	3	0.54	13.34
	M. Rosales	BTS	470	36.5	10	18	2.42	14.38
	C. Cruz	BTS – Café	800	28.2	9	15	1.94	14.61
El Zopilote	El Paranal	BTS	850	21.8	7	24	2.72	16.07
	El Limón	BTS – Café	510	21.4	12	13	2.20	12.28
	El Panteón	BTS – Encinar	410	29.3	6	12	2.05	13.43
	P. Venado	BTS	610	15.0	5	7	1.14	14.05
	P. Rosales	BTS – Café	550	30.3	8	17	2.11	13.78
Puerta de Platanares	R. Rosales	BTS – Café	440	16.0	7	8	1.51	14.64
	C. Ayón	BTS	280	20.5	11	6	1.59	2.72
	E. Alemán	BTS	230	22.4	12	5	1.21	4.73
	Exiquio	BTS	180	21.0	15	3	0.73	4.93
	Puerteña	BTS	380	29.5	8	8	1.25	6.82
Acatán de las Piñas-El Cantón	German	BTS	250	32.1	10	6	1.67	13.21
	El Abril	BTS	330	25.9	13	9	1.31	9.60
	Las Correrías	BTS	410	11.7	9	5	0.61	12.90
	P. Galana	BTS	390	17.7	9	13	2.22	14.85
	Los Llanitos	BTS	240	16.3	14	2	0.29	13.21
	Joel Rivera	BTS	210	18.3	13	4	0.78	13.09

Nota: BTS= Bosque tropical subcaducifolio.

La riqueza de especies leñosas del BTS registradas (60 especies), es un rasgo característico en la estructura vertical del agroecosistema, la cual cumple la función principal de proveer de sombra al cultivo de piña. Sin embargo, las estrategias desarrolladas por los productores para mantener, tolerar y seleccionar las especies leñosas son fundamentales para el éxito de este objetivo. Esta forma única de cultivo de piña en el occidente de México, mantiene un gradiente respecto al manejo de las especies de leñosas. Es común encontrar el cultivo de piña en áreas donde los productores sólo eliminan el sotobosque (principalmente hierbas y arbustos) de la vegetación nativa, manteniendo así asociaciones vegetales muy similares a las registradas para otros cultivos de sombra (café, cacao, caucho) en sistemas denominados *rústicos* de regiones tropicales de América, África y Asia (Moguel y Toledo, 1999,

2004; Rice y Greenberg, 2000). Adicionalmente, los productores generan manejos poliespecíficos, donde la inserción de componentes vegetales (leñosos o no) crea ensambles que enriquecen la vegetación nativa, desarrollando un esquema productivo de huerto o una forma de jardín mixto tradicional. También es posible encontrar un manejo del agroecosistema en el cual el productor favorece sólo unas cuantas especies leñosas nativas (2-4), las suficientes para proporcionar la sombra requerida por el cultivo. En un análisis entre la densidad de leñosas y el área basal del agroecosistema, con la producción de frutos y densidad de plantas de piña, se encontró que la mayor producción de frutos de piña (hasta 1,400 frutos ha⁻¹) se concentra entre densidades de leñosas de 200 a 500 individuos por ha⁻¹ (Figura 2A). Mientras que en algunos sitios a medida que incrementa el área basal de leñosas aumenta la densidad de plantas de piña.

Jalisco registró las mayores áreas basales de leñosas y también las mayores densidades de plantas de piña; mientras que para la región de Nayarit, las mayores densidades se observaron en sitios con área basal de leñosas entre los 15 y 24 m² ha⁻¹ (Figura 2B).

Composición florística de leñosas del agroecosistema de piña bajo sombra

Se registraron 1,161 individuos de 69 especies de plantas vasculares leñosas \geq a 10 cm de diámetro normal o \geq 3.0 m de altura, en las 30 parcelas, de las cuales 62 son nativas y siete introducidas (Tabla 2). Las especies pertenecen a 36 familias, siendo Fabaceae la que registra más especies (11), seguida por Arecaceae, Bignoniaceae, Anacardiaceae, Lauraceae, Malpighiaceae, Meliaceae, Moraceae, Rutaceae y Salicaceae, con tres cada una. En Jalisco se consignan 23 especies, de las cuales el papayo (*Carica papaya*) y la naranja lima (*Citrus sinensis*), se registran únicamente para esta localidad y corresponden a especies frutales, la última de ellas es introducida. En los sitios de Nayarit, se encontraron 61 especies, siete de las cuales son introducidas, siendo el plátano de uso exclusivo en los piñales de esta región, aunque con una tendencia marcada a encontrarse en los márgenes del agroecosistema (Tabla 2).

La riqueza de especies leñosas en el área de estudio es muy heterogénea. La menor riqueza se registra en las localidades de Acatán de las Piñas-El Cantón, Puerta de Platanares y El Venado, con dos a tres especies por sitio, mientras que las riquezas mayores se registran en El Venado y El Zopilote, con 17-24 por sitio. La riqueza de especies en Jalisco es de baja a media, ya que ésta varía de cinco a diez por sitio (Tabla 1). En un análisis por localidad, Puerta de Platanares y Acatán de las Piñas-El Cantón son las que presentan la menor riqueza (17 y 19, respectivamente), por su parte las localidades El Cordón del Jilguero, El Zopilote y El Venado tienen las mayores riquezas con 29, 30 y 40, respectivamente. La riqueza de La Rinconada, Jalisco, 23 especies, está por abajo del promedio (27) consignado para todas las localidades de la región de Nayarit. Un Análisis de Varianza con un $\alpha=0.05$ no permitió detectar diferencias significativas entre sitios y localidades para la riqueza de familias, géneros y especies.

El manejo a lo largo del tiempo de estos paisajes antropizados ha permitido generar una mezcla de especies nativas e introducidas en arreglos de jardines o huertos productivos, donde las especies leñosas nativas mantienen una superioridad en la composición como se ha registrado en sistemas de

producción de café (Williams-Linera y López-Gómez, 2008), cacao (Rice y Greenberg, 2000) y caucho (Joshi *et al.*, 2003). Por otro lado, se han conservado estructuras vegetales muy semejantes con las áreas de vegetación natural de la misma región, al reemplazar prácticamente sólo el sotobosque. Si bien, algunos productores enriquecen ocasionalmente el sistema productivo con especies introducidas, se observa una marcada preferencia por la flora nativa, sobre todo aquella que cumple con la función de proporcionar sombra o enriquecer los suelos, como *Lonchocarpus salvadorensis*. El manejo extensivo que se da al agroecosistema de piña bajo sombra en los estados de Jalisco y Nayarit, se ha mantenido casi invariable a lo largo del tiempo. Sin embargo, recientemente para la región de Jalisco se han implementado algunas variaciones, entre las que destacan la eliminación de leñosas, el riego por aspersión y eliminación de los hijuelos de la base del fruto (con lo que se busca fortalecer el fruto, H. Covarrubias com. per.) poco antes de la cosecha; mientras que para Nayarit el uso de promotores florales que desfases la producción en busca de ventanas de comercialización en el mercado regional, son los cambios más relevantes. A pesar de esto, la visión en la producción ecológica y sistémica del agroecosistema no se ha abandonado o modificado.

El manejo integral de estos agroecosistemas de piña bajo sombra, son coincidentes, en el caso del estado de Nayarit, con su región cafetalera (Moguel y Toledo, 1996, 1999; Moguel y Toledo, 2004), mientras que en Jalisco, si bien no hay una correspondencia con su región cafetalera por excelencia, el cultivo de café con sombra forma parte de la matriz agrícola del área desde hace siglos, sobre todo en territorios de comunidades indígenas y de difícil acceso (Moguel y Toledo, 1999; Larco-Laurent, 2011). Al igual que otros agroecosistemas de sombra desarrollados en diversas regiones geográficas de México y América Latina (Moguel y Toledo, 1996, 1999; Rice y Greenberg, 2000; Suatunce *et al.*, 2003; Moguel y Toledo, 2004; Perfecto *et al.*, 2005; Blackman *et al.*, 2006; Greenberg, 2008), los resultados de este trabajo muestran al menos tres formas o medios de producción basados en la composición y estructura de leñosas del agroecosistema. El sistema de manejo rústico, un complejo jardín tradicional y un manejo a manera de un *pluricultivo sencillo de café* (Williams-Linera y López-Gómez, 2008) en el que los productores seleccionan unas pocas especies leñosas como *Hymenaea courbaril*, *Platymiscium trifoliolatum*, *Cedrela odorata*, *Eugenia* sp., y *Tabebuia rosea*; simplificando la composición de especies, pero manteniendo la estructura idónea del sistema para la producción de piña.

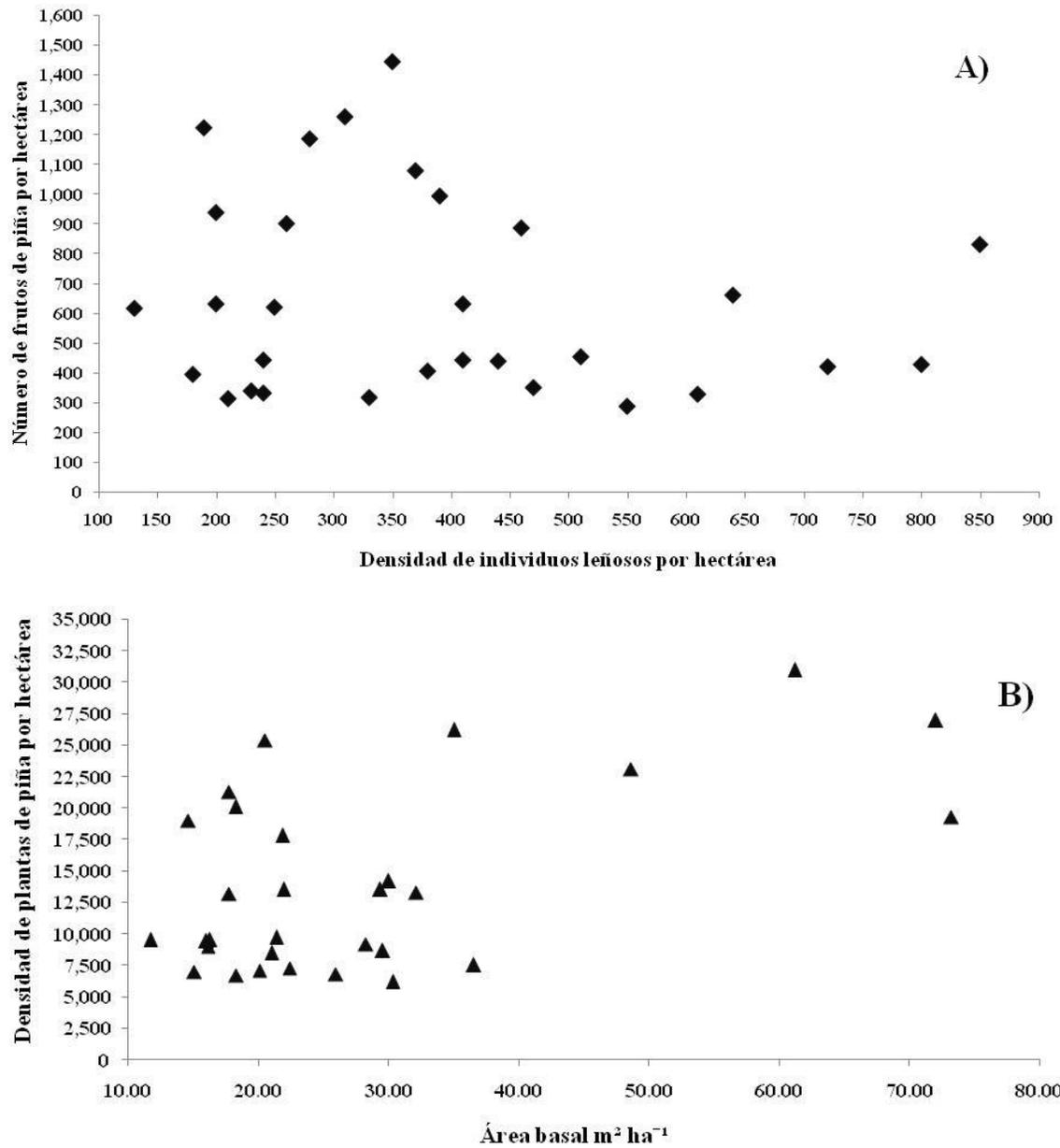


Figura 2. Relación entre leñosas con producción de frutos y densidad de plantas de piña en el agroecosistema de piña bajo sombra para el occidente de México. A) Densidad de individuos leñosos vs. Número de frutos de piña, B) Área basal vs. Densidad de plantas de piña por hectárea.

Tabla 2. Listado de especies, familias e Índice de valor de importancia del agroecosistema de piña bajo sombra en el occidente de México. R=La Rinconada; C=Cordón del Jilguero; V=El Venado; Z=El Zopilote; P=Puerta de Platanares; A=Acatán de las Piñas-El Cantón. Para el caso de las familias hay que agregar la terminación "aceae".

Especie	Familia	Índice de Valor de Importancia					
		R	C	V	Z	P	A
<i>Astronium graveolens</i> Jacq	Anacardi	0	0	0	2.86	0	4.62
<i>Mangifera indica</i> L.^a	Anacardi	2.92	1.98	4.63	2.77	0	2.33
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardi	0	0	0	8.48	1.3	0
<i>Annona reticulata</i> L.	Annon	0	0	1.67	0	0	0
<i>Thevetia ovata</i> (Cav.) A. DC.	Apocyn	0	0	2.22	0	0	0
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Dec. & Planch.	Arali	0	0	6.68	0	0	0
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex. Mart.	Arec	0	0	4.61	0	0	0
<i>Attalea cohune</i> Mart.	Arec	5.85	0	0	0	0	0
<i>Sabal rosei</i> (O.F. Cook) Becc.	Arec	0	0	1.26	0	0	2.26
<i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose	Bignoni	59.67	0	0	0	0	0
<i>Tabebuia palmeri</i> Rose	Bignoni	0	0	2.70	0	0	0
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Bignoni	3.12	3.16	4.96	1.34	5.63	1.18
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Bix	0	1.45	0	0	0	0
<i>Bourreria superba</i> I. M. Johnst.	Boragin	0	0	2.91	1.25	0	0
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burser	4.68	1.51	14.64	3.91	2.50	0
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Calophyll	0	0	1.33	3.80	3.12	0
<i>Carica papaya</i> L.	Caricac	1.67	0	0	0	0	0
<i>Couepia polyandra</i> (Kunth) Rose	Chrysobalan	0	0	14.38	0	8.18	2.22
<i>Licania retifolia</i> Blake	Chrysobalan	0	1.79	8.36	2.22	1.86	3.79
<i>Clethra hartwegii</i> Bitton	Clethra	0	11.17	7.51	6.27	0	0
<i>Sloanea terniflora</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Standl.	Elaeocarp	0	0	0	0	2.19	0
<i>Gymnanthes</i> sp.	Euphorbi	0	0	1.17	0	0	0
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Fabac	0	0	2.46	0	0	8.15
<i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC	Fabac	1.45	0	0	0	0	0
<i>Ateleia pterocarpa</i> D. Dietr.	Fabac	8.85	0	3.87	0	0	0
<i>Bauhinia unguolata</i> L.	Fabac	0	1.38	0	2.39	0	0
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Fabac	107.45	0	0	0	0	0
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth. ex Walp	Fabac	0	0	3.44	0	0	4.10
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabac	0	111.20	62.27	74.76	154.28	195.79
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Fabac	24.83	1.57	0	31.59	4.51	0
<i>Inga vera</i> subsp. <i>eriocarpa</i> (Benth.) J. León	Fabac	0	9.17	1.36	6.93	0	3.28
<i>Lonchocarpus salvadorensis</i> Pittier	Fabac	0	3.83	15.10	6.93	25.40	12.68
<i>Platymiscium trifoliolatum</i> Benth.	Fabac	0	1.37	12.27	6.62	17.41	3.83
<i>Quercus aristata</i> Hook. & Arn.	Fagac	0	1.28	0	15.46	0	0
<i>Quercus glaucescens</i> Humb. & Bonpl.	Fagac	0	9.11	0	2.90	0	0
<i>Carya illinoensis</i> (Wangenh.) K. Koch	Juglanda	0	0	2.91	0	0	0
<i>Cinnamomum</i> sp.	Laurac	0	24.76	0	3.59	0	15.17
<i>Persea americana</i> Mill.^a	Laurac	3.78	1.74	0	0	8.76	0
<i>Persea hintonii</i> C.K. Allen	Laurac	0	3.37	0	11.82	0	5.47
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighi	0	1.42	0	2.77	0	0
<i>Heteropterys laurifolia</i> (L.) Juss.	Malpighi	0	0	1.15	0	0	0
<i>Malpighia</i> sp.	Malpighi	0	5.93	0	2.65	0	0
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvac	1.84	0	5.78	0	0	0
<i>Trichospermum insigne</i> (Baill.) Kosterm.	Malvac	0	7.20	12.90	0	0	0
<i>Miconia</i> sp.	Melastomat	0	18.51	3.32	0	0	0
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliac	19.21	0	1.77	5.45	9.15	0
<i>Guarea glabra</i> Vahl	Meliac	0	0	0	0	0	1.86
<i>Trichilia americana</i> (Sessé & Mocc.)	Meliac	2.17	0	0	0	0	0
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Morac	7.49	0	8.43	2.76	2.40	0
<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	Morac	0	0	16.31	4.90	0	0
<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	Morac	0	1.66	0	0	0	0
<i>Musa cavendishii</i> L.^a	Musac	0	5.53	0	0	0	0

Especie	Familia	Índice de Valor de Importancia					
<i>Eugenia</i> sp.	Myrtac	0	2.73	17.30	11.34	2.40	11.53
<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied	Myrtac	4.22	0	2.26	19.99	0	0
<i>Piper tuberculatum</i> Jacq.	Piperac	1.66	0	0	0	0	0
<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq.	Polygon	0	0	1.28	0	0	0
<i>Myrsine juergenseni</i> (Mez) Ricketson & Pipoly	Primulac	0	1.87	0	5.49	0	0
<i>Coffea arabica</i> L. ^a	Rubiac	7.30	13.20	2.17	25.27	0	0
<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle ^a	Rutac	1.66	0	1.10	0	0	0
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f. ^a	Rutac	1.72	0	0	0	2.12	0
<i>Citrus sinensis</i> Osbeck ^a	Rutac	3.45	0	0	0	0	0
<i>Casearia arguta</i> Kunth.	Salicac	0	0	5.63	0	0	3.23
<i>Xylosma flexuosum</i> (Kunth) Hemsl.	Salicac	0	0	1.28	0	0	0.00
<i>Xylosma</i> sp.	Salicac	0	0	1.11	0	0	0
<i>Cupania dentata</i> Sw.	Sapind	0	3.34	28.13	14.90	31.77	5.76
<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn	Sapotac	14.62	0	0	0	0	0
<i>Sideroxylon</i> sp.	Sapotac	0	1.43	0	0	0	0
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Urticac	1.66	11.32	3.29	1.23	0	0
<i>Citharexylum</i> sp.	Verbenac	0	0	0	0	0	3.86

Nota: ^a Especies insertadas al agroecosistema principalmente para la provisión de frutos. Los números en negritas corresponden a los mayores valores del índice.

Las especies leñosas presentes en los sitios de estudio muestran que más del 46% de ellos tienen un promedio mayor de especies de sombra (8.6 especies para 625 m²) que las establecidas por Escamilla *et al.* (2005) en agroecosistemas de café orgánico bajo sombra en México. La riqueza de especies leñosas es coincidente y en algunos casos superior a la registrada para agroecosistemas de café bajo policultivo sencillo y diverso en Veracruz, México (Williams-Linera y López-Gómez, 2008), así como a la registrada para el café de sombra en el Golfo de México y la vertiente Pacífico mexicana (Márquez *et al.*, 1976; Bandeira *et al.*, 2005). Agroecosistemas de café bajo sombra en Guinea (África Occidental), mostraron una riqueza mayor de especies de leñosas a la de este estudio, sin embargo la superficie muestreada por sitio fue mayor (0.8 ha) (Correia *et al.*, 2010). Adicionalmente, la riqueza de leñosas del área de estudio es mayor a lo encontrado en agroecosistemas de cacao en la región del Soconusco, Chiapas, México y cacaotales de América Central (Suatunce *et al.*, 2003; Salgado-Mora *et al.*, 2007). Rosales *et al.* (2009), registraron más de 40 especies de leñosas en el sistema agroforestal de piña en el estado de Jalisco, México. Si bien en esta investigación se documentan poco menos del 60% de especies en la misma área, esto se debe a que no se consideraron las especies presentes en los bordes del agroecosistema y el número de polígonos inventariados fue menor. Es posible que la variación en cuanto a la riqueza de especies se deba al manejo y antigüedad del agroecosistema, ya que a través del tiempo los campesinos seleccionan, favorecen, fomentan e incorporan leñosas que consideran proveen múltiples funciones al desarrollo del cultivo

de piña o generan algún recurso adicional para el productor y su familia.

Diversidad alfa en el agroecosistema de piña bajo sombra

La diversidad *alfa* de Fisher inferior del agroecosistema de piña corresponde a sitios en localidades como El Venado (0.91), el Cordón del Jilguero (1.45) y Puerta de Platanares (2.72). Los valores mayores se registran en sitios de El Venado (16.07, 14.61 y 14.38), El Zopilote (14.64 y 14.05) y Acatán de las Piñas-El Cantón (14.85), todos estos corresponden a esquemas de manejo del agroecosistema que podemos reconocer como rústicos y que se asemejan con similares sistemas productivos bajo sombra, por otra parte algunos de estos sitios registran cafetales hacia el borde del cultivo de piña. En el estado de Jalisco los sitios presentaron una diversidad alfa con tendencia a valores altos, que oscilaron entre 11.26 a 13.81 (Tabla 1). Con respecto a la diversidad *alfa* entre localidades (F=7.09, p>0.0006) y sitios (F=7.12, p>0.001), esta mostró diferencias significativas para la región de estudio. De acuerdo con la prueba de Tukey, con un $\alpha=0.05$, las localidades de El Zopilote, Acatán de las Piñas-El Cantón, La Rinconada y El Venado no mostraron diferencias entre sí. Sin embargo, si presentaron diferencias con las localidades El Cordón del Jilguero y Puerta de Platanares; por su parte El Venado y El Cordón del Jilguero no mostraron diferencias significativas entre ellas. Con relación al índice de Shannon, los valores más bajos corresponden a sitios en las localidades de Acatán de las Piñas-El Cantón y El Cordón del Jilguero (0.29 y 0.39, respectivamente); mientras que los valores más

altos se registraron en El Venado (2.72 y 2.42), en un sitio de Acatán de las Piñas-El Cantón (2.22) y otros dos en El Zopilote (2.20 y 2.11). El Análisis de Varianza no mostró diferencias significativas para este atributo, entre sitios y localidades. Por su parte la prueba de Hutcheson, mostró que para los sitios de Jalisco no existen diferencias significativas, excepto entre el sitio El Grande y Las Guámaras ($t=3.414$, $p<0.001$). Además, la mayoría de los sitios de Jalisco mostraron diferencias significativas con los sitios de menor índice de diversidad de Shannon en Nayarit. En el análisis a nivel de localidad, Puerta de Platanares ($t=3.473$) y Acatán de las Piñas-El Cantón ($t=4.989$) fueron significativamente distintos ($p<0.001$) en términos del índice de Shannon al resto de localidades en el área de estudio (Tabla 3). En varios sitios los valores encontrados con ambos índices son concordantes, sin embargo, para otros sitios fueron opuestos como en las localidades de Puerta de Platanares, el Cordón del Jilguero y Acatán de las Piñas-El Cantón en Nayarit (Tabla 1).

Las diferencias encontradas en diversidad *alfa* de leñosas entre sitios y localidades, se deben principalmente al gradiente en el mantenimiento de la compleja estructura de la vegetación nativa utilizada como sombra, pasando por los ensamblajes generados con especies introducidas, hasta la preferencia de taxones nativos útiles por parte de los productores. Los valores de diversidad *alfa* (Fisher y Shannon) registrados en el agroecosistema de piña bajo sombra de este estudio (Tabla 1), son coincidentes y en algunos casos mayores a los valores registrados para el agroecosistema de café bajo sombra encontrados en Costa Rica (Turrialba) y Nicaragua (Carazo y Estelí), pero menores a los registrados en Santa Ana, El Salvador (Somarriba *et al.*, 2004). Sánchez *et al.* (2005) registraron valores bajos de diversidad *alfa* utilizando el índice de Shannon para árboles de bosques secundarios y sistemas agrosilvopastoriles (potreros con árboles y cercas vivas) en Nicaragua, comparados con el agroecosistema de piña. Por otra parte, los valores de diversidad de Shannon registrados en algunos sitios del cultivo de piña bajo sombra del occidente de México son similares con sitios de bosque tropical subcaducifolio en la Costa Sur de Jalisco, México (Vázquez-Magaña y Mendoza-Cortés, 2006), así como con la diversidad *alfa* de Fisher registrada para sitios de bosque mesófilo de montaña (BMM) en esta misma región (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2003). Esta diferencia en cuanto a mayor diversidad de algunos sitios de piña bajo sombra comparada con sitios de selva mediana subperennifolia también es observada en Veracruz, México para valores obtenidos con los índices de Shannon y Fisher (Godínez-Ibarra y López-Mata, 2002; Basáñez *et al.*, 2008). Este rasgo del agroecosistema de piña bajo sombra de presentar

mayor diversidad *alfa*, apoya la importancia del mismo como complemento en la conservación de la biodiversidad de leñosas en el occidente de México, así como de mantener una conectividad y ofrecer la función de amortiguamiento entre zonas de producción agrícola intensiva y áreas de vegetación nativa para generar paisajes agroecológicos (Gliessman, 2007), además de que pueden fungir como corredores biológicos y refugios de fauna silvestre, tal y como sucede con otros agroecosistemas bajo sombra en diversas regiones tropicales (Gajaseni *et al.*, 1996; Perfecto *et al.*, 1996; Joshi *et al.*, 2003; Perfecto *et al.*, 2003; Montagnini, 2006; Bhagwat *et al.*, 2008).

Similitud en el agroecosistema de piña bajo sombra (diversidad beta)

Los agroecosistemas de piña bajo sombra de Jalisco y Nayarit comparten al menos 14 especies arbóreas nativas e introducidas de las 69 registradas. Entre las nativas compartidas sobresalen *Tabebuia rosea*, *Bursera simaruba*, *Cecropia obtusifolia*, *Cedrela odorata*, *Ateleia pterocarpa*, *Brosimum alicastrum* y *Guazuma ulmifolia*; mientras que de las introducidas destacan el café, los cítricos y el mango. Con relación a los géneros, de los 61 registrados, 13 se comparten entre las dos regiones. Mientras que de las 36 familias identificadas, 14 son compartidas, destacando Anacardiaceae, Bignoniaceae, Burseraceae, Fabaceae, Lauraceae, Meliaceae y Moraceae (Tabla 2).

Los análisis de similitud con el índice cuantitativo de Sørensen indican que en la región de Jalisco los sitios más parecidos son El Cerro con El Grande (0.526) y El Morado (0.623). Estos sitios comparten al menos la mitad de las especies registradas, destacando *Andira inermis*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Tabebuia donnell-smithii* y *Cedrela odorata*. En Nayarit el sitio de El Cordón del Jilguero (Campo de Fútbol) es muy parecido a Los Zapotillos II (0.818) de la localidad de El Venado, además es muy similar a los sitios El Abril (0.717), Los Llanitos (0.818) y Joel Rivera (0.780) estos tres en la localidad de Acatán de las Piñas-El Cantón. El sitio Puerteña de la localidad de Puerta de Platanares es muy similar a Los Llanitos (0.742) en Acatán de las Piñas-El Cantón, al igual que Los Llanitos y Joel Rivera en la localidad Acatán de las Piñas-El Cantón (0.800). Dicha similitud se presenta principalmente en aquellos sitios con la riqueza más baja, donde se comparten *Hymenaea courbaril*, *Tabebuia rosea* y *Cinnamomum* sp. De acuerdo con la prueba de Tukey los sitios El Cerro, El Grande, El Mamey y El Morado en el estado de Jalisco son estadísticamente diferentes a los sitios de Nayarit, excepto el sitio Las Guámaras que tiene una similitud mayor con el sitio El Panteón en la localidad de El Zopilote.

Tabla 3. Prueba de *t* de Hutcheson para el índice de Shannon entre localidades de la vegetación leñosa del agroecosistema de piña bajo sombra en el occidente de México con una $\alpha=0.001$. R=La Rinconada; C=Cordón del Jilguero; V=El Venado; Z=El Zopilote; P=Puerta de Platanares; A=Acatán de las Piñas-El Cantón. Listintas indican diferencias significativas entre localidades.

	R	C	V	Z	P	A
R	0.0000					
C	0.1155 a					
V	-5.7801 a	-5.9971 a				
Z	-2.7204 a	-2.8869 a	3.4203 a			
P	3.4732 b	3.4022 b	8.8100 b	6.1155 a		
A	4.9893 b	4.9333 b	9.9180 b	7.4684 b	1.6535 a	0.0000

La similitud en el área de estudio, parece estar más asociada por la riqueza de leñosas que son mantenidas, toleradas o fomentadas por su calidad como sombra dentro del agroecosistema, que por las especies que concurren y se comparten de forma natural. Respecto a las familias y especies por familia encontradas en el agroecosistema de piña bajo sombra, son similares a agroecosistemas de café y cacao en otras regiones, donde también se utilizan como sombra a *E. cyclocarpum*, *Inga* spp., y algunos cítricos (Salgado-Mora *et al.*, 2007; Williams-Linera y López-Gómez, 2008).

Estructura de leñosas en el agroecosistema de piña bajo sombra

Las mayores densidades de leñosas por sitio se registraron en Nayarit, con 850 individuos por ha⁻¹ en el sitio El Paranal, y las más bajas, 130 individuos por ha⁻¹, en Los Zapotillo en la localidad de El Venado. Los valores más altos de densidad de leñosas coinciden en la mayoría de los casos con sitios que presentan una composición muy parecida a la vegetación nativa, mientras que los sitios con menor densidad presentan pocas especies, entre 3 y 6. Las especies con mayor densidad por sitio y localidad son *Hymenaea courbaril*, *Cupania dentata*, *Lonchocarpus salvadorensis*, *Eugenia* sp., *Clethra hartwegii*, así como *Platymiscium trifoliolatum*, *Inga laurina* y *Tabebuia rosea* en el estado de Nayarit; mientras que para los sitios de Jalisco sobresalen *Tabebuia donell-smithii*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Cedrela odorata* e *Inga laurina*. *Enterolobium cyclocarpum*, aunque sólo registrada para el estado de Jalisco, es la que presenta la mayor área basal en esta entidad, seguida por *Inga laurina*. Los sitios de Jalisco presentaron los valores más altos de área basal por hectárea, más de 70 m² (Tabla 1). En las localidades de Nayarit, las especies con mayor área basal son *Hymenaea courbaril* e *Inga laurina*. Las mayores frecuencias las presentan *Enterolobium cyclocarpum*, *Tabebuia donell-smithii* e *Inga laurina* en Jalisco y *H. courbaril*, *Cupania dentata*, *Eugenia*

sp., *Inga laurina* y *Psidium sartorianum* en Nayarit. El mayor índice de valor de importancia en Jalisco es para *Enterolobium cyclocarpum*, la cual junto con *Tabebuia donnell-smithii*, *Inga laurina* y *Cedrela odorata*, reúnen más del 70% de este atributo en La Rinconada. En Nayarit, corresponden a *Hymenaea courbaril*, *Cupania dentata*, *Inga laurina*, *Lonchocarpus salvadorensis*, *Cinnamomum* sp., y *Psidium sartorianum*, así como *Coffea arabica*, especie introducida y de amplio cultivo bajo sombra (Tabla 2).

La preferencia de *Enterolobium cyclocarpum* e *Hymenaea courbaril* en el agroecosistema de piña bajo sombra, podría deberse a que la caducidad y renovación del follaje coincide con etapas fenológicas importantes del cultivo de piña como la floración, formación y maduración de los frutos, de hecho, la abundancia de follaje durante la maduración del fruto parece disminuir el manchado de las sorosis o quemado del fruto por el sol (com. per. de los productores). Adicionalmente, los productores también señalan que estas especies aportan cantidades importantes de materia orgánica al suelo, al igual que nutrientes para el cultivo de piña, pero también sobresale la provisión de alimento (frutos) para uso humano y animal (forraje). A pesar de que *E. cyclocarpum* se distribuye en toda la región de estudio, su uso es favorecido en Jalisco, mientras que la mayoría de los productores en Nayarit, consideran más apropiada a *H. courbaril*. Ríos y Osuna (2005), mencionan que *H. courbaril* es una leñosa nativa que ofrece sombra óptima al cultivo de piña criolla en Nayarit y es la especie dominante en la estructura del dosel de este agroecosistema. La riqueza de leguminosas utilizadas como especies de sombra en el agroecosistema de piña encuentra razón en su función multipropósito (forraje, fijación de nitrógeno, madera, frutos) de muchas de estas especies, característica que ha sido utilizada como una ventaja competitiva para sistemas agroforestales alrededor del mundo (Nair, 1997; Shelton, 2000; Salgado-Mora *et al.*, 2007).

La altura del dosel del agroecosistema es variable entre sitios y localidades, pues mientras en Jalisco llega alcanzar más de 30 m, en otras localidades como El Zopilote y sitios del Cordón del Jilguero en Nayarit, apenas alcanza los 17-18 m. Respecto a la estratificación vertical, todas las localidades presentan una proporción pequeña en el estrato de < 3 m de altura, registrándose la mayor proporción de individuos en las alturas de los estratos II a IV (Tabla 4). Debido a la variabilidad de alturas del dosel en el agroecosistema de Nayarit, los estratos VI y VII no están presentes en esta área y el estrato V básicamente es el de los árboles emergentes (Tabla 4).

La variación en la altura de las especies del agroecosistema, permite a los productores contar con una superposición de sombras que genera condiciones de microclima, protección y variación lumínica que favorecen el cultivo de piña. Además, la estabilidad y permanencia temporal de la estructura vertical no permite un reemplazo constante de leñosas adultas por individuos jóvenes; en tanto no exista eliminación de elementos maduros del sistema o se abran claros en el dosel. La reincorporación de leñosas puede ocurrir por la facilitación a través del manejo que hace el productor o por procesos naturales. Los productores cuando deciden postular un individuo para formar parte del dosel, lo cuidan y protegen hasta alcanzar la altura suficiente para que realice la función deseada. Cuando un árbol genera mucha sombra, afectando el desarrollo del cultivo, es eliminado, mientras que eventos naturales como lluvias o fuertes vientos, son causa de la pérdida de individuos, generando claros y espacios, permitiendo el establecimiento de nuevos individuos, los cuales si son los apropiados serán conservados para formar

parte del agroecosistema. Los productores eliminan arvenses y arbustos del sotobosque hasta dos veces al año, con lo que se evita la competencia con el cultivo de piña y se fomenta la selección dirigida de especies e individuos que proporcionan utilidad al sistema.

Con relación a la estructura diamétrica, en el estado de Jalisco (La Rinconada) se presentaron los mayores diámetros. El patrón de distribución diamétrica observado en esta localidad parece seguir una forma de “J” invertida, agrupando individuos en una mayor proporción en las clases diamétricas pequeñas, con una marcada disminución hacia las clases de diámetros mayores (individuos viejos con mucha área basal), excepto en la última clase diamétrica que mostró un incremento en el número de individuos (Figura 3A). Los patrones de estructura diamétrica observados para el agroecosistema de piña bajo sombra en Nayarit fueron otros tres, en el primero la clase diamétrica más pequeña mostró un número bajo de individuos, una concentración de individuos con diámetros en las clases intermedias y una disminución de diámetros hacia las clases mayores, correspondiendo este patrón a las localidades El Cordón del Jilguero, El Venado y Acatán de las Piñas-El Cantón (Figuras 3B, C y F). El segundo patrón siguió la estructura típica de “J” invertida donde los individuos se concentran en las primeras clases diamétricas y disminuyen conforme se incrementan los diámetros, la localidad de El Zopilote presentó esta estructura (Figura 3D). El último patrón se observó en la localidad de Puerta de Platanares, el cual siguió una distribución normal (Figura 3E). Estas estructuras diamétricas se pueden explicar por las estrategias de manejo que siguen los productores con relación a las leñosas presentes en el agroecosistema.

Tabla 4. Número de individuos por estructura de alturas y localidad en el agroecosistema de piña bajo sombra del occidente de México. I=estrato de arbustos, < 3.0 m de altura; II=estrato de árboles bajos, 3.0-8.0 m de altura; III=estrato de árboles de tamaño bajo a medio, 8.1-13.0 m de altura; IV=estrato de árboles intermedios, 13.1-18.0 m de altura; V=estrato de árboles intermedios a altos, 18.1-23.0 m de altura; VI=estrato de árboles dominantes, 23.1-28.0 m de altura; VII=estrato de árboles emergentes, > 28.0 m de altura.

Estado	Localidad	I	II	III	IV	V*	VI	VII
Jalisco	La Rinconada	4	42	21	37	23	15	6
Nayarit	Cordon del Jilguero	16	109	64	33	0	0	0
	El Venado	5	130	73	39	2	0	0
	El Zopilote	0	164	64	24	0	0	0
	Puerta de Platanares	3	47	41	32	9	0	0
	Acatán de las Piñas-El Cantón	0	45	61	47	5	0	0

* Para el estado de Nayarit, el estrato V corresponde a los árboles emergentes.

El sitio La Rinconada que tiene varios siglos de establecido, presenta individuos de clases diamétricas

grandes lo que indica una fuerte tolerancia hacia especies que no interfieren con el cultivo de piña o

bien lo favorecen (Ej. *Enterolobium cyclocarpum*). Por su parte las estructuras donde la presencia de individuos de clases diamétricas pequeñas son mayores; puede deberse a la manipulación que los productores están realizando a determinadas especies de árboles para ralea el sitio en la búsqueda de

mejorar las condiciones de sombra o luminosidad, así como una forma de reemplazar individuos viejos o que sufrieron daños por diversos factores; entre los que destacan los climáticos.

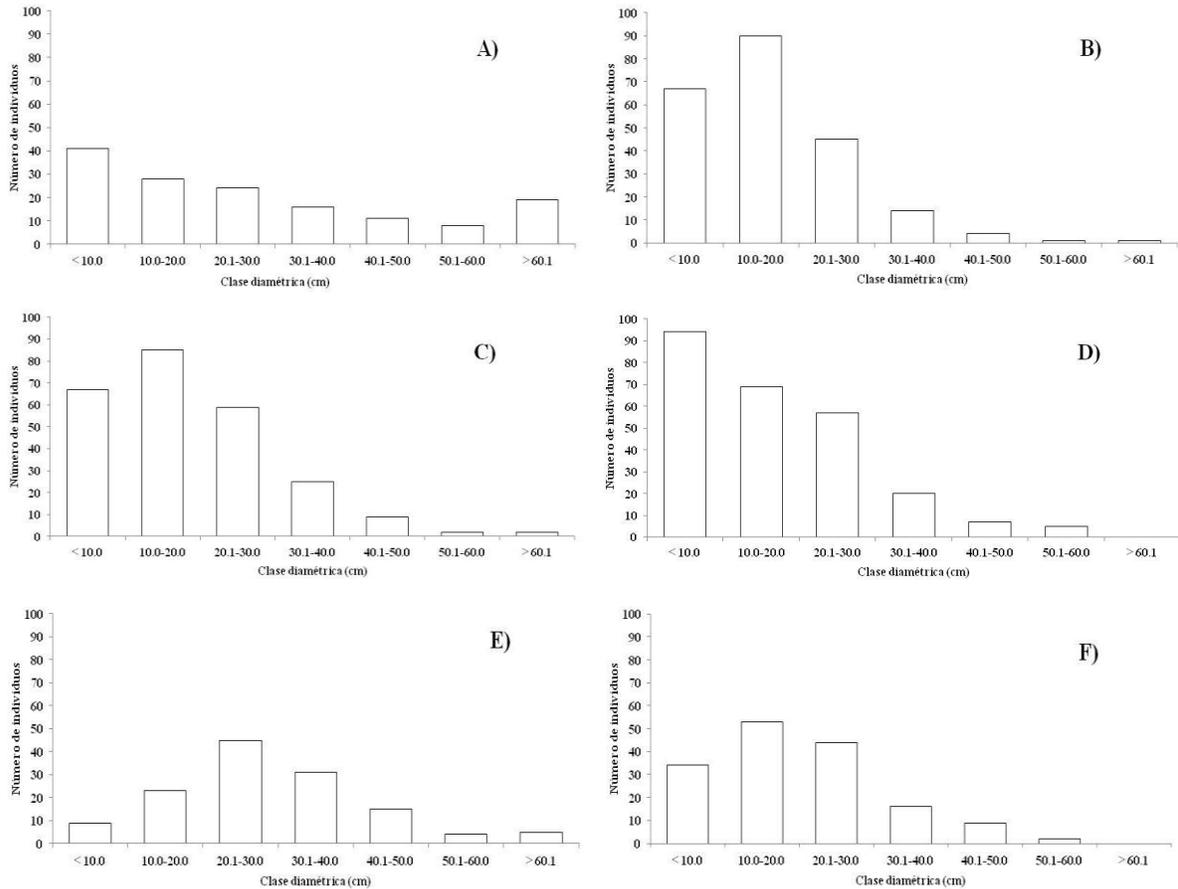


Figura 3. Distribución diamétrica de leñosas del agroecosistema de piña bajo sombra por localidad en el occidente de México. A) La Rinconada, Villa Purificación, Jalisco; B) Cerdón del Jilguero, Ruíz, Nayarit; C) El Venado, Ruíz, Nayarit; D) El Zopilote, Ruíz, Nayarit; E) Puerta de Platanares, Ruíz, Nayarit y F) Acatán de las Piñas-El Cantón, Santiago Ixcuintla, Nayarit.

CONCLUSIONES

El sistema agroforestal de piña en el occidente de México, tiene al menos dos siglos de implementación bajo un manejo extensivo y ecológico con aplicación mínima de insumos y alto empleo de tecnología local, sugiriendo una alternativa productiva sostenible para la producción de piña en México y el Continente. La diversidad que en ellos se conserva, en muchos casos, es mayor a las registradas en otros agroecosistemas

de sombra con características similares de diversas regiones alrededor del mundo e incluso a los registros de diversidad en algunos ecosistemas naturales aledaños al área de estudio o de algunas otras regiones del país (Veracruz). La diversidad *alfa* fue diferente entre sitios y localidades para el occidente de México, por su parte el índice de Shannon no mostró diferencias entre sitios y localidades, pero con la prueba de Hutcheson los sitios de Jalisco fueron diferentes de los de Nayarit, rechazando la hipótesis

de que no habría diferencias estructurales entre sitios y localidades en el agroecosistema de piña bajo sombra. La similitud florística fue diferente sólo entre cuatro sitios de Jalisco con los de Nayarit, mostrando prácticamente reemplazo de especies a nivel de región. El área basal del componente leñoso, fue diferente entre Jalisco y Nayarit, y a mayor área basal se registra un aumento de la densidad de plantas de piña, lo que denota la adaptabilidad de esta variedad de piña a sistemas con sombra. *Enterolobium cyclocarpum* en Jalisco e *Hymenea courbaril* en Nayarit, fueron las especies que presentaron la mayor importancia ecológica, siendo además, desde la visión del productor, las de mayor utilidad con respecto a el objetivo de proporcionar sombra, nutrimentos al sistemas, forraje y alimento. Las estructuras de altura y diámetro fueron heterogéneas, Jalisco registró las mayores alturas y diámetros, revelando un grado más avanzado de madurez del sistema productivo, condición que favorece la densidad de plantas de piña y la producción de frutos de este cultivo. Promover el manejo de recursos naturales que integran elementos leñosos, agrícolas y las comunidades humanas, debería ser recomendable para lograr objetivos de producción de alimentos que sean compatibles con la conservación biológica a niveles locales, regionales y nacionales. Estos esquemas de manejo de piña debieran ser incentivados a través de programas gubernamentales como el pago por servicios ecosistémicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo económico a través del proyecto “*Estructura, diversidad y reservorios de carbono de bosques de cañadas en el Pacífico Mexicano*” (Folio PS-2009-664) financiado por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del estado de Jalisco. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la Beca proporcionada para realizar los estudios de posgrado en programas de calidad (CGA/DIR/UMEFORA/2339/09); al Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP) por la beca para estudios de posgrado (Folio UDG-638) y a la Universidad de Guadalajara. Un especial agradecimiento a los productores del agroecosistema de piña bajo sombra en el occidente de México, quienes han valorado y conservado esta forma de producción centenaria.

REFERENCIAS

Anta, F.S., Carabias, J., Díaz de León, A., Illsley, C., López, C., Robinson, D., Escamilla, E., Edouard, F., Ramírez, F., Merino, L., Chauvet, M., Ramírez, O., Álvarez, P., Obregón, R., Madrid, S., Purata, S., Ávila, S. 2008.

Consecuencias de las políticas públicas en el uso de los ecosistemas y la biodiversidad. p. 87-153. In J. Sarukhán (Coord.) Capital Natural de México. Vol. III: Políticas Públicas y Perspectivas de Sustentabilidad. CONABIO, México.

Aristeguieta, L. 1968. Consideraciones sobre la flora de los Morichales llaneros al norte del Orinoco. *Acta Botánica Venezuelica*. 3:19-38.

Armbrecht, I., Rivera, L., Perfecto, I. 2005. Reduced diversity and complexity in the leaf-litter ant assemblage of Colombian coffee plantations. *Conservation Biology* 19:897-907.

Ávalos-Sartorio, B., Blackman, A. 2010. Agroforestry price supports as a conservation tool: mexican shade coffee. *Agroforestry Systems*. 78:169-183.

Bandeira, F.P., Martorell, C., Meave, J.A., Caballero, J. 2005. The role of rustic coffee plantations in the conservation of wild tree diversity in the Chinantec region of Mexico. *Biodiversity and Conservation* 14:1225-1240.

Basáñez, A.J., Alanís, J.L., Badillo, E. 2008. Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del Ejido “El Remolino”, Papantla, Veracruz. *Avances en Investigación Agropecuaria* 12(2): 3-22

Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, J.M., Somarriba, E., Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10:80-87.

Bhagwat, S.A., Willis, K.J., Birks H.J.B., Whittaker, R.J.. 2008. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity?. *Trends in Ecology y Evolution* 23:261-267.

Blackman, A., Ávalos-Sartorio, B., Chow, J., Aguilar, F. 2006. Tree cover loss in El Salvador's shade coffee areas. *Resources for the Future Report*. 78 p.

Botella, J.R., Smith, M. 2008. Genomics of pineapple, crowning the king of tropical fruits. p. 441-451. In P.H. Moore y R. Ming (Eds.). *Genomics of Tropical Crop Plants*.

Clement, Ch.R., de Cristo-Araujo, M., Coppens d'Eeckenbrugge, G., Pereira, A.A., Picanco-Rodríguez, D. 2010. Origin and domestication of native Amazonian crops. *Diversity* 2:72-106.

Colwell, R.K. 2000. EstimateS, Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 5 User's Guide and

- application (En línea). Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Coppens d'Eeckenbrugge, G., Duval, M.F.. 2009. The domestication of pineapple: context and hypotheses. Newsletter of the Pineapple Working Group. International Society of Horticultural Science. Pineapple News 16:15-27.
- Correia, M., Diabate, M., Beavogui, P., Guilavogui, K., Lamanda, N., Foresta, H. 2010. Conserving forest tree diversity in Guine´e forestie`re (Guinea, West Africa): the role of coffee-based agroforests. Biodivers. Conserv. 19:1725–1747.
- Crestani, M., Barbieri, R.L., Hawerth, F.J., Irajá, F., de Carvalho, F., Costa de Oliveira, A. 2010. Das Américas para o mundo - origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. Ciência Rural 40:1473-1483.
- Dias, C.J., Coppens d'Eeckenbrugge, G., Leitão, J.M.. 2007. Fruits and Nuts (Volume 4). p. 331-340. In Chittaranjan Kole (Ed.), Genome mapping and molecular breeding in plants. Springer Berlin Heidelberg New York.
- Escamilla, P.E., Ruiz R., O., Díaz P., G., Landeros S., C., Platas R., D.E., Zamarripa C., A., González H., V.A. 2005. El Agroecosistema café orgánico en México. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. 76:6-16.
- Fisher, R.A., Corbet, A.S., Williams, C.B. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. The Journal of Animal Ecology 12:42-58.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2006. Global Forest Resources Assessment 2005: Progress Towards Sustainable Forest Management. Rome, Italy.
- Gajaseeni, J., R. Matta-Machado, C.F. Jordan. 1996. Diversified agroforestry systems: buffers for biodiversity reserves, and landbridges for fragmented habitats in the tropics. p. 506-513. In: R.C. Szaro, D.W. Johnston (eds.). Biodiversity in managed landscapes. Oxford University Press, New York.
- García, T.Y., Pérez P., J., García P., A., Hernández G., A. 2011. Determinación de las propiedades de calidad de la piña (*Ananas comosus*) variedad Cayena Lisa almacenada a temperatura ambiente. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 20:62-65.
- Geist, H.J., Lambin, E.F.. 2001. What drives tropical deforestation?. LUCR Report Series No. 4. CIACO, Louvain-la-Neuve, Belgium. 116 p.
- Gliessman, S.R. 2007. Agroecology the ecology of sustainable food systems. Second Edition. CRC Press. United States of America. 384 p.
- Godínez-Ibarra, O., López-Mata, L. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 73(2):283-314.
- González, A.I.J., Ruiz C., J.A., Martínez P., R.A., Byerly M., K.F., Mena H., L., Osuna G., J.A. 2002a. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el municipio de Ruiz, Nayarit. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones del Pacifico Centro. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto de Investigación Núm. 12.
- González, A.I.J., Ruiz C., J.A., Martínez P., R.A., Byerly M., K.F., Mena H., L., Osuna G., J.A. 2002b. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones del Pacifico Centro. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto de Investigación Núm. 12.
- Greenberg, R. 2008. Biodiversity in the cacao agroecosystem: shade management and landscape considerations. Smithsonian Migratory Bird Center. National Zoological Park Washington. D.C. (Consultada el 15 de agosto de 2011; <http://nationalzoo.si.edu/ConservationAndScience/MigratoryBirds/Research/Cacao/greenberg.cfm>).
- Greig-Smith, P. 1983. Quantitative Plant Ecology. University of California Press, Berkeley, California. 359 p.
- Idol, T., Haggard, J., Cox, L. 2011. Ecosystem services from smallholder forestry and agroforestry in the tropics. p. 209-270. W.B. Campbell y S. López Ortíz (Eds.). Integrating Agriculture, Conservation and Ecotourism: Examples from the Field, Issues in Agroecology – Present Status and Future Prospectus 1.
- Joshi, L., Wibawa, G., Beukema, H., Williams, S., van Noordwijk, M. 2003. Technological change and biodiversity in the rubber

- agroecosystem of Sumatra. p. 133-157. *In* J.H. Vandermeer (Ed.). *Tropical Agroecosystems*. CRC Press. Boca Raton, Florida, United States.
- Kehlenbeck, K., Susilo A., H., Maass, B.L.. 2007. Plant diversity in homegardens in a socio-economic and agro-ecological context. p 297-319. *In* Tsharntke T, Leuschner C. Zeller M, Guhardja E, Bidin A (Eds.). *The stability of tropical rainforest margins linking ecological, economic and social constraints of land use and conservation*. Springer Verlag Berlin.
- Koh, L.P., Gardner, T.A. 2010. Conservation in human modified landscapes. p. 236-287. *In* Sodhi, N., S. y Ehrlich, P., R. (Eds.). *Conservation Biology for All.* Oxford University Press. United States.
- Larco-Laurent, J. 2011. Une voie possible pour un développement durable: Les jardins de café á Cuzalapa, Jalisco, Mexique. Tesis de Maestría. Muséum National d'Histoire Naturelle.
- Laurance, W.F. 2010. Habitat destruction: death by a thousand cuts. p. 73-87. *In* Sodhi, N., S. y Ehrlich, P., R. (Eds.). *Conservation Biology for All*. Oxford University Press. United States.
- Leal, F., Avilán, L. 1997. Situación de la fruticultura en Venezuela: un análisis. *Rev. Fac. Agron. UCV (Venezuela)*, 23:1-30.
- Leigh, E.G. Jr. 1999. *Tropical forest ecology; a view from Barro Colorado Island*. Oxford University Press N.Y.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity, Segunda Edición*. Blackwell Science, Malden, MA, United States.
- Mandujano, S.M.C. 2007. La clonalidad y sus efectos en la biología de poblaciones. p. 215-250. *In* L. E. Eguiarte, V.Souza y X. Aguirre (Comp.). *Ecología Molecular*. Instituto Nacional de Ecología.
- Márquez, W., Valdivia, P., Gómez-Pompa, A. 1976. Resumen de los tipos de vegetación natural de las zonas cafetaleras de los estados de Veracruz, Puebla, Hidalgo y Tamaulipas. Informe Técnico. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz, México.
- Matteucci, S.D., Colma, A. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D. C.
- McAleece, N., Lamshead, P.J.D., Paterson, G.L.J.. 1997. *Biodiversity Pro*, version 2. The Natural History Museum, London. <http://www.sams.ac.uk/>.
- Miranda, F., Hernández-X., E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29-179.
- Moguel, P., Toledo, V.M. 1996. El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias* 43:40-51.
- Moguel, P., Toledo, V.M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. *Conservation Biology* 13:11-21.
- Moguel, P., Toledo, V.M. 2004. Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *CONABIO. Biodiversitas* 55:1-7
- Montagnini, F. 2006. Homegardens of Mesoamerica: biodiversity, food security, and nutrient management. p. 61-84. *In* B. M. Kumar y P. K. R. Nair (Eds.). *Tropical Homegardens: A Time-Tested Example of Sustainable Agroforestry*. Springer Netherlands.
- Morales, H., Ferguson, B.G., García-Barrios, L. 2008. Agricultura: la ciencia de la conservación en Mesoamérica. p. 47-73. *In* Celia A. Harvey y J. C. Sáenz (Eds.). *Evaluación y Conservación de Biodiversidad en Paisajes Fragmentados de Mesoamérica*. INBIO, CATIE.
- Moreno, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. MyT-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Morton, J.F. 1987. Pineapple. p. 18-28. *In*: *Fruits of warm climates*. Miami, FL. Libro electrónico. (Consultada el 02 de junio de 2009; <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/index.html>).
- Mueller-Dombois, D., Ellenberg H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley, Nueva York, N.Y
- Nair, P.K.R. 1997. *Agroforestería*. Primera Edición. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Nair, P.K.R., Mohan K., B., Nair, V.D. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172:10-23.

- Naturland E.V. 2000. Agricultura orgánica en el trópico y subtropico. Guías de 18 cultivos: Piña. Asociación Naturland, GTZ, BMZ. Primera edición. Alemania. www.naturland.de. 38 p.
- Olvera-Vargas, M., Moreno-Gómez G., S., Figueroa-Rangel, B.L. 1996. Sitios Permanentes para la Investigación Silvícola. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco.
- Pennington, T.D., Sarukhán, J. 1998 (Segunda Edición). Árboles Tropicales de México. Manual para la Identificación de las Principales Especies. UNAM/FCE 498 p.
- Perfecto, I., Rice R. Greenberg R. y Van der Voort M. 1996. Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46:598–608.
- Perfecto, I., Armbrecht, I. 2003. The coffee agroecosystem in the neotropics: combining ecological and economic goal. p. 159-194. *In* J. H. Vandermeer (Ed.). *Tropical Agroecosystems*. CRC Press. USA.
- Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T., Vandermeer, J. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation* 12:1239–1252.
- Perfecto, I., Vandermeer, J., Mas, A., Soto Pinto, L. 2005. Biodiversity, yield, and shade coffee certification. *Ecological Economics* 54: 435–446.
- Rebolledo, M.A., Uriza, A., D.E., Lid del Ángel, P., A., Rebolledo M., L., Zetina Lezama, R. 2011. La piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 306 p.
- Rice, R.A., Greenberg, R. 2000. Cacao cultivation and the conservation of biology diversity. *Ambio* 29:167-173.
- Ríos, T.A., Uriza A., D. 2005. Native pineapple (*Ananas comosus* L.) potential as an organic crop in Nayarit, México. IV International Pineapple Symposium. ISHS Acta Horticulturae 666.
- Ríos, T.A., Osuna G., J.A. 2005. Diagnosis of pineapple crop (*Ananas comosus* L.) cultivation in Nayarit, México. IV International Pineapple Symposium. ISHS Acta Horticulturae 666:43-49.
- Rosales, A.J.J., Cruz V., U., Cevallos E., J. 2009. Manejo del agroecosistema de piña cultivada bajo sombra en Villa Purificación, Jalisco, México. *Rev. Bras. de Agroecología* 4:3931-3935.
- Rosenzweig, M.L. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press. Cambridge, U.K.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Salgado-Mora, M.G., Ibarra-Núñez, G., Macías-Sámamo, J.E., López-Báez, O. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia* 32:763-768.
- Sánchez-Rodríguez, E. V., López-Mata, L., García-Moya, E., Cuevas-Guzmán, R. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 73:17-34.
- Sánchez, M.D., Harvey, C.A., Grijalva, A., Medina, A., Vilchez, S., Hernández, B. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. *Recursos Naturales y Ambiente* 45:91-104.
- Shelton, M. 2000. Leguminosas forrajeras tropicales en los sistemas agroforestales. *Unasylyva* 51:25-32.
- Somarriba, E., Harvey, C.A., Samper, M., Anthony, F., González, J., Staver, C., Rice, R.A. 2004. Biodiversity conservation in Neotropical coffee (*Coffea arabica*) plantations. p. 198-215. *In* Götz, S., G.A.B. da Fonseca, C.A. Harvey, C. Gascon, H.L. Vasconcelos, A.M.N. Izac (Eds.), *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Island Press, United States of America.
- Suatunce, P., Somarriba, E., Harvey, C., Finegan, B. 2003. Composición florística y estructura de bosques y cacaotales en los territorios indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería de las Américas* 10:31-35.
- Vázquez-Magaña, M.Y., Mendoza-Cortés, J.L. 2006. Estructura, composición florística y diversidad del bosque tropical subcaducifolio en tres localidades de la Costa Sur de Jalisco. Tesis profesional. Ingeniería en Recursos Naturales y Agropecuarios. Universidad de Guadalajara. 75 p.
- Villavicencio, A.A. 2009. Propuesta metodológica para un sistema de pago por servicios ambientales en el Estado de México. *Cuadernos Geográficos* 44:29-49.

Williams-Linera, G., López-Gómez, A. 2008. Estructura y diversidad de la vegetación leñosa. p. 55-68. *In* Robert H. Manson, Vicente Hernández-Ortiz, Sonia Gallina y Klaus Mehlreter (Eds.). Agroecosistemas

Cafetaleros de Veracruz, Biodiversidad, Manejo y Conservación. Instituto de Ecología A.C. e Instituto Nacional de Ecología INE-SEMARNAT. México, D.F.

Submitted May 31, 2012 – Accepted February 11, 2013
Revised received December 29, 2013