

EVALUACIÓN DEL SISTEMA AGROFORESTAL “ÁRBOLES EN TERRENOS DE CULTIVO”, EN VICENTE GUERRERO, TLAXCALA, MÉXICO

EVALUATION OF AN AGROFORESTRY SYSTEM “TREES ON FARMLANDS”, IN VICENTE GUERRERO, TLAXCALA, MÉXICO

Laura Magdaleno Miranda¹, Edmundo García Moya^{1*}, Juan I. Valdéz-Hernández² y Víctor de la Cruz Isidro³

¹Programa Botánica, y ² Programa Forestal, Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230. Montecillo, Edo. de México. Tel y Fax: 01 (595) 952-0247. Correo electrónico: edmundo@colpos.mx ³Departamento de Agroecología, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carr. México-Veracruz, C.P. 56230 Chapingo, Edo. de México.

* Autor para correspondencia

RESUMEN

En este estudio se abordan las ventajas biológicas y económicas que se generan con el establecimiento del sistema agroforestal “árboles en terrenos de cultivo” en Vicente Guerrero, Tlaxcala. Se determinó la estructura y composición de la vegetación y su rentabilidad financiera; para ello se colectó, identificó y muestreó la vegetación de nueve parcelas en tres zonas: terrazas con cultivo, bordos con cultivo más vegetación nativa y vegetación nativa, al emplear unidades de 10, 4 y 1 m² para árboles, arbustos y herbáceas, respectivamente. Se registraron la composición botánica, densidad, diámetro normal, diámetro del dosel y altura de los individuos, para representar los perfiles de vegetación, estimar los valores de importancia y comparar las parcelas por medio de los índices de riqueza (Margalef) y diversidad (Simpson, Shannon-Wiener), así como a través de coeficientes de semejanza (Jaccard, Sørensen) y análisis estadístico multivariable (media aritmética no ponderada-UPGMA, componentes principales). En la evaluación financiera se utilizaron la relación beneficio costo (B/C) y el valor actual neto (VAN). De un total de 153 especies, colectadas, las familias mejor representadas fueron: Asteraceae, Poaceae y Fabaceae; el grupo funcional mejor representado fue el de las herbáceas con 119 especies. *Cenchrus multiflorus* Presl., *Chloris submutica* H.B.K. y *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chioy fueron las herbáceas que tuvieron los mayores índices del valor de importancia; en el caso de los arbustos fueron para *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dick y *Haplopappus venetus* (HBK.) Blake, así como *Juniperus deppeana* Steud. y *Prunus persica* (L.) Sieb. & Zucc. en los árboles. El índice de diversidad de Shannon-Wiener fue de 3.55 (parcela seis) a 3.89 (parcela uno) y la mayor afinidad florística se presentó en las parcelas ocho y nueve (81 a 89 %), tanto con los índices de semejanza como en el análisis multivariable. La relación B/C (2.3-7.1) y el VAN (\$47,002.24-\$176,761.65) establecen que el sistema agroforestal es rentable.

Palabras clave: Sistema agroforestal, índice de valor de importancia, durazno, relación Beneficio Costo.

SUMMARY

The biological and economical advantages derived from an agroforestry system in Vicente Guerrero, Tlaxcala are evaluated, by determining the structure, botanical composition of the vegetation and the rent. Plant identification of nine plots, established in terraces, contour lines, plus native vegetation and the patches of vegetation, was carried out, in 10, 4 y 1 m² unit employed for trees, shrubs and herb, respectively. Botanical composition, density, diameter at breast height, cover and height of the individuals were recorded and used to elaborate vegetation profiles, estimate the importance value and a comparison of plots with indexes riches (Margalef), indexes diversity (Simpson, Shannon-Wiener), as soon as similarity indexes (Jaccard, Sørensen) and multivariable analysis (UPGM, and principal components analysis). The financial valuation used the Cost/Benefit ratio (C/B) and the net current value (NCV). The results indicated a total of 153 taxa; the families best represented were Asteraceae, Poaceae and Fabaceae; the best represented functional group was herbs with 119 taxa. *Cenchrus multiflorus* Presl., *Chloris submutica* H.B.K. y *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chioy for herbs, *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dick y *Haplopappus venetus* (HBK.) Blake for shrubs and *Juniperus deppeana* Steud. and *Prunus persica* (L.) Sieb. & Zucc. for trees were the species with the highest importance value. The Shannon-Wiener diversity index ranged from 3.55 (plot six) up to 3.85 (plot one). The highest floristic similarity belonged to plots eight and nine (81 to 89 %) according to their similarity indexes and multivariable analysis. Based on the C/B (2.3-7.1) and NCV (\$47 002.24-\$176 761.65) the agroforestry system is acceptable.

Index words: Agroforestry system, index of importance value, peach, Cost/Benefit Ratio

INTRODUCCIÓN

El deterioro gradual de los recursos naturales ha motivado la adopción de diversas técnicas y prácticas de manejo que permitan su aprovechamiento y persistencia; el

sistema agroforestal “árboles en terrenos de cultivo”, es una alternativa para lograr tal propósito por ser una forma de uso de la tierra en el que árboles forman una combinación espacial y temporal con cultivos agrícolas (Leakey, 1996), con la finalidad de reducir los riesgos e incrementar la productividad total, mediante una integración estable y sostenible de sus componentes (Young, 1994).

Estos sistemas deben poseer ventajas biológicas y económicas en las interacciones de sus componentes (Dirk, 1990), pero la gran variedad de modelos y prácticas que de éstos se pueden encontrar y establecer han permitido diversificar los estudios de largo plazo.

Los trabajos que consideran la relación entre los factores ecológico, económico y social son pocos, como el de Haggar *et al.* (2000), en el que evaluaron tres arreglos de producción con 14 árboles frutales y dos forestales en la península de Yucatán, México, y consideran la integración de dichos factores en el diseño del sistema; tal combinación también se evaluó en la investigación de Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández (2003) quienes analizaron la producción agroforestal rusticano de café en la Sierra de Atoyac de la región de Córdoba, Veracruz.

Según Romero y Rojas. (1991), las combinaciones de frutales de clima templado (*Pyrus communis* L., *Prunus persica* (L.) Sieb. & Zucc.) con cultivos agrícolas (*Zea mays* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Vicia faba* L.) en el centro del país, pese a la importancia que tienen estas especies frutales y su interacción con cultivos anuales, poseen escasa información sobre la vinculación de los factores ecológicos, sociales y económicos de dichos sistemas agroforestales. Por ello el objetivo del presente trabajo fue hacer la caracterización biofísica y evaluar la rentabilidad financiera del sistema agroforestal “árboles en terrenos de cultivo”, en Vicente Guerrero, Tlaxcala, bajo la hipótesis de que este sistema agroforestal es más diverso en especies vegetales, opciones de producción y representa un mayor beneficio económico, en comparación con otros sistemas locales de uso de la tierra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La comunidad de Vicente Guerrero del municipio de Españita, Tlaxcala, se localiza en el km 6 de la carretera rural Nanacamilpa-Ixtacuixtla a una altitud de 2640 m y presenta: una temperatura media anual entre 12 y 18° C, precipitación media anual entre 700 y 1000 mm, y un clima tipo Cw₁ (García, 1973) que corresponde al tipo subhúmedo con lluvias en verano. La vegetación original de la zona debió estar representada por elementos de los reinos

florísticos Holártico y Neotropical (Rzedowski, 1981): bosque de los géneros *Pinus* y *Quercus* a 2700 m de altitud. En la actualidad está constituida por *Pinus leiophylla* Schl. & Cham., *Juniperus depeana* Steud., *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dick y plantas como *Chenopodium* sp., *Amaranthus* sp. y *Brassica campestris* L. (Ramos, 1998).

Estructura de la vegetación

En recorridos preliminares del área de estudio se localizaron nueve parcelas de cultivo donde, en el 2001, se establecieron árboles de durazno (*Prunus persica* (L.) Sieb. & Zucc.). Estas parcelas comprendieron terrazas con cultivo, bordos con cultivo y zonas de vegetación nativa; en cada una de ellas se identificó el arreglo horizontal y vertical de su vegetación y se colectó e identificó el material botánico. La estructura de la vegetación se analizó con el método de muestreo de cuadrante y se establecieron 350 unidades de muestreo (UM): 66 rectangulares de 10 m² para la vegetación arbórea (estrato alto), 113 cuadros de 4 m² para la vegetación arbustiva (estrato medio) y 171 circulares de 1 m² para la herbácea (estrato bajo), por medio de números aleatorios (Barbour *et al.*, 1987). Los atributos registrados fueron composición botánica, grupo funcional, densidad de individuos, cobertura de copa en arbustos y herbáceas, el diámetro normal (d_{1.3}) en árboles y altura total en arbustos y árboles (Matteuci y Colma, 1982).

La importancia de las especies vegetales en las nueve parcelas estudiadas se determinó mediante un índice de valor de importancia (IVI) (Stiling, 1999):

$$IVI(\%) = \frac{Pr + Dr + Fr}{3}$$

donde: IVI= Índice de valor de importancia, Pr= Predominio relativo, Dr= Densidad relativa y Fr=Frecuencia relativa

$$Pr = \frac{C}{C1} (100)$$

donde: C=Cobertura o área basal de cada especie y C1= Cobertura o área basal de todas las especies

$$Dr = \frac{D}{D1} (100)$$

donde: D=Densidad de cada especie y D1=Densidad de todas las especies

$$Fr = \frac{F}{F1} \left(100 \right)$$

donde: F= Número de cuadros en los que ocurre cada especie y F1= Número de cuadros muestreados

La riqueza y diversidad de especies se obtuvo con los siguientes índices:

$$\text{Margalef (Dm)} = (S - 1) / \ln N$$

donde S = número de especies; y N = número total de individuos de todas las especies (Stiling, 1999).

$$\text{Simpson (D)} = 1 / (\sum P_i^2)$$

donde P_i = proporción de individuos de la i-ésima especie en la comunidad, o sea, abundancia relativa de la especie i. Los valores de uno indican un alto predominio y agrupación de individuos en pocas especies (Simpson, 1949).

$$\text{Shannon-Wiener (H')} = - \sum p_i \ln (p_i)$$

donde p_i = proporción del total de la muestra que corresponde a la i-ésima especie, o sea, el número de individuos de una especie dividido por el número de individuos de todas las especies; \ln = logaritmo natural. Los valores mayores a 3.5 indican rareza y abundancia de las especies más equitativas (Pielou, 1975).

La semejanza florística se determinó con los siguientes coeficientes (Janson y Vegelius, 1981):

$$\text{Jaccard (Cj)} = j / (a + b - j)$$

$$\text{Sørensen (Cs)} = 2j / (a + b)$$

donde j = número de especies que comparten ambas parcelas; a = número de especies en parcela A; y b = número de especies en parcela B. Valores igual a uno indican la mayor semejanza florística.

Al final, y con el propósito de reconocer posibles agrupaciones entre las parcelas estudiadas, se llevó a cabo un análisis multivariable (media aritmética no ponderada y componentes principales), con el programa NTSYS-pc (Rohlf, 2000).

Evaluación financiera

El sistema agroforestal fue descrito con base en el arreglo de sus componentes (Torquebiau, 1990), así como en el aprovechamiento y manejo de las especies vegetales por los productores (observación directa, entrevistas y pláticas abiertas). El análisis de los beneficios y costos del sistema comprendió desde el transplante de los duraznos (2001) hasta la primera cosecha de los mismos (2005), al aplicar los siguientes indicadores (Aguirre, 1981):

Relación Beneficio/Costo (B/C)

$$B/C = \sum_{t=1}^n B_t (1 + r)^{-t} / \sum_{t=1}^n C_t (1 + r)^{-t}$$

Valor Actual Neto (VAN)

$$VAN = \sum_{t=1}^n B_t (1 + r)^{-t} - \sum_{t=1}^n C_t (1 + r)^{-t}$$

donde B_t = beneficio anual del proyecto; C_t = costo anual del proyecto; $t = 1, 2, 3, \dots, n$; n = número de años del proyecto; y r = tasa de interés (actualización real promedio del 6 %).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estructura de la vegetación

Se recolectaron un total de 153 especies, agrupadas en 46 familias y 116 géneros; las familias más importantes fueron: Asteraceae con 29 especies, Poaceae con 25 y Fabaceae con 15 especies; en conjunto incluyen a 54 géneros y 69 especies, con lo cual alcanzan 46.6 % de los géneros y 44.8 % de las especies encontradas. Las nueve parcelas tuvieron un número más o menos semejante de familias (20 a 32), aunque la uno y la ocho presentaron el mayor número de géneros y especies.

Los valores alcanzados en las familias Asteraceae y Poaceae obedecen a que las parcelas de estudio son áreas dedicadas a actividades agrícolas, las cuales, pese a estar bajo manejo y con la presencia en algunos lugares de vegetación nativa, han provocado disturbio en ésta, y facilitado la invasión de arvenses; tales valores indican la importancia que tienen estas familias en la flora local, al igual que ocurre con la flora del país, tal como se ha encontrado en estudios florísticos realizados en climas templados a cálidos y en áreas con vegetación nativa y vegetación perturbada (Romero y Rojas, 1991; Martínez *et al.* 1997;

Fernández *et al.*, 1998; Jiménez *et al.*, 2003), los cuales sin ser sistemas agroforestales, ilustran la importancia y distribución de estas familias.

La existencia de diferentes hábitats y la alteración de los mismos (Grime, 1982) se ve favorecida por el arreglo y manejo de los componentes del sistema y las actividades agrícolas, por lo que el grupo funcional mejor representado fue el de las herbáceas con 75.2 %.

El predominio del elemento herbáceo sobre el leñoso en el área de estudio coincide con lo expresado por Rzedowski y Calderón (1989) para regiones con climas templados; sin embargo, en regiones del bosque tropical caducifolio en el Estado de México (Zepeda y Velázquez, 1999) este grupo funcional también es dominante, así como en la región del altiplano potosino-zacatecano que conforma el mayor número de especies con 66.75 % (Reyes, 1996) y en el bosque tropical caducifolio en la región oriental de la Cuenca del Río Balsas con 49.47 % (Martínez *et al.*, 1997).

La distribución horizontal y vertical de la vegetación en las parcelas evaluadas se presenta en las Figuras 1 a 3. En el estrato bajo, la parcela uno presentó el mayor número de individuos por ha y la parcela ocho el mayor predominio; en el estrato medio, de nuevo la parcela uno tuvo una mayor densidad y el valor más alto de predominio; en el estrato alto, la parcela uno presentó la mayor densidad de individuos y la parcela cinco el mayor predominio.

El número de especies que aportan 50 % o más del IVI en cada parcela estudiada varió de 9 a 13 en el estrato bajo, de 1 a 4 en el medio y de 1 a 3 especies en el estrato alto (Cuadro 1).

Especies como *Cosmos bipinnatus* Cav., *Simsia amplexicaulis* (Cav.) Pers., *Tagetes lucida* Cav., *Chenopodium murale* L., *Bothriocloa saccharoides* (Sw.) Rydberg, *Reseda luteola* L. y *Solanum stoloniferum* Schlecht., pese a no tener altos IVI aparecieron en por lo menos siete de las nueve parcelas evaluadas, por lo que son llamadas “generalistas”: especies muy plásticas que tienen la capacidad de invadir y persistir en medios muy perturbados y diversos (Baker, 1965); esta condición sucede en lo particular en las áreas agrícolas de la zona de estudio, aun cuando se realice un manejo de las parcelas con el sistema agroforestal.

Del total de 153 especies registradas, 19 aparecieron una vez en alguna de las parcelas, por lo que se consideran como especies raras, accidentales o migrantes temporales (Krebs, 1985). La presencia de estas especies, además de generar mayor diversidad, sugiere una fase secundaria de sucesión de la vegetación (Odum, 1972), debido a un manejo agrícola de las parcelas que favorece aquellas especies de interés antropógena, o seriales sucesionales iniciales.

Cuadro 1. Especies con el mayor índice de valor de importancia (IVI) por estrato.

Especie	Densidad (%)	Predominio (%)	Frecuencia (%)	IVI %
Estrato bajo				
<i>Cenchrus multiflorus</i> Presl.	15.10	9.42	2.76	9.09
<i>Chloris submutica</i> H.B.K.	11.16	9.41	3.45	8.01
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chioy	10.32	8.35	2.99	7.22
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	8.73	5.68	3.50	5.97
<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	7.11	5.86	4.74	5.90
Estrato medio				
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dick	43.93	57.19	43.21	48.11
<i>Haplopappus venetus</i> (H.B.K.) Blake	26.33	22.74	18.77	22.61
<i>Brickellia veronicifolia</i> (H.B.K.) A. Gray	22.12	19.20	15.52	18.95
<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ort. var. <i>aculeaticarpa</i>	19.31	22.39	14.29	18.66
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ort.) Sarg.	16.65	16.86	18.09	18.20
Estrato alto				
<i>Juniperus deppeana</i> Steud	33.26	62.85	33.65	43.25
<i>Pinus persica</i> (L.) Sieb. & Zucc.	62.00	15.67	31.77	36.48
<i>Quercus castanea</i> Née	9.57	37.87	21.63	23.03
<i>Buddleia cordata</i> H.B.K.	3.33	34.03	12.50	16.62
<i>Pinus leiophylla</i> Schl. & Cham	1.16	37.37	5.05	14.52

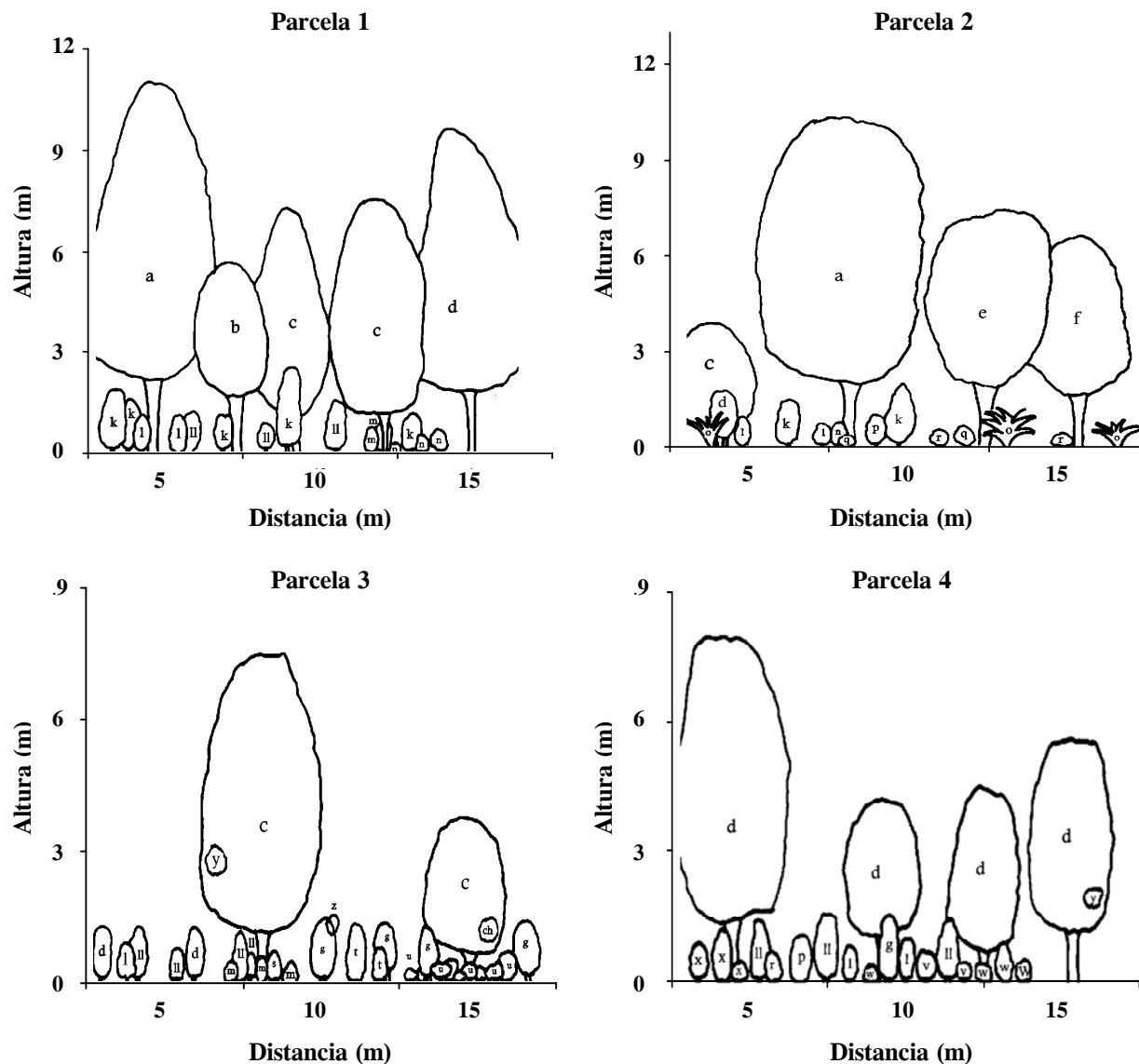


Figura 1. Diagramas de perfil semirrealista de la vegetación (estratos medio y alto) para las parcelas 1 a 4; a=Pinus leiophylla, b=Prunus serotina, c=Quercus castanea, ch= Phoradendron galeottii, d=Juniperus deppeana, e=Casuarina equisetifolia, f= Buddleia cordata, g= Prunus persica, k= Eysenhardtia polystachya, l= Loeselia mexicana, ll= Verbesina virgata, m= Symphoricarpos microphyllus n= Brickellia veronicifolia, ñ= Dalea minutifolia, o= Agave salmiana, p= Senecio salignus, q= Phytolacca icosandra, r= Haplopappus venetus, s= Calliandra grandiflora, t= Acacia angustissima, u= Quercus microphylla, x= Mimosa aculeaticarpa, y= Tillandsia usneoides, z= Phoradendron brachystachyum.

La parcela uno presentó la mayor riqueza y diversidad de especies (Cuadro 2), lo cual sugiere una mayor heterogeneidad ambiental, edáfica, microclimática y lumínica en esta parcela, que resulta en una mayor variedad de microhábitas donde pueden coexistir un mayor número de especies (Begon *et al.*, 1987). Al tomar en cuenta el índice de Shannon-Wiener, la parcela uno tuvo la más alta rareza y una asignación más equitativa de sus especies. Los valores obtenidos para este índice en las parcelas evaluadas son semejantes a los encontrados en los trabajos de Godínez-

Ibarra y López-Mata (2002) y Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández (2003).

El manejo de cada parcela permite o limita el desarrollo de especies vegetales, disminuye o incrementa su diversidad (Connell, 1978). La ubicación de las parcelas facilita o restringe la cantidad de humedad y la disponibilidad de recursos, mientras que su cercanía a zonas con vegetación nativa permite el intercambio de especies. Las parcelas ocho y nueve fueron semejantes en términos florísticos (Cuadro 3; Figuras 4 y 5); debido en gran parte a su

cercanía y características similares de geoforma (ladera media) y topografía (regular). En contraste, la parcela tres se separó de las restantes (Figuras 4 y 5) por estar localizada en una zona con mayor inclinación de la pendiente (25 %), en una geoforma irregular y en donde por desmonte reciente sólo se encuentran algunos remanentes de vegetación nativa; además, su cercanía con cañadas que muestran altas condiciones de humedad, por los escurrimientos intermitentes, permitió la presencia de especies vegetales que no ocurren en las otras parcelas.

Cuadro 2. Valores para los índices de Margalef (DMG), riqueza; y diversidad de Simpson (D) y Shannon-Wiener (H') en las parcelas estudiadas.

Parcela	DMG	$1/D$	H'
1	12.75	0.970	3.90
2	9.73	0.969	3.59
3	10.55	0.967	3.75
4	8.85	0.967	3.58
5	8.89	0.965	3.65
6	8.69	0.961	3.55
7	9.62	0.959	3.57
8	10.00	0.959	3.57
9	9.60	0.957	3.68

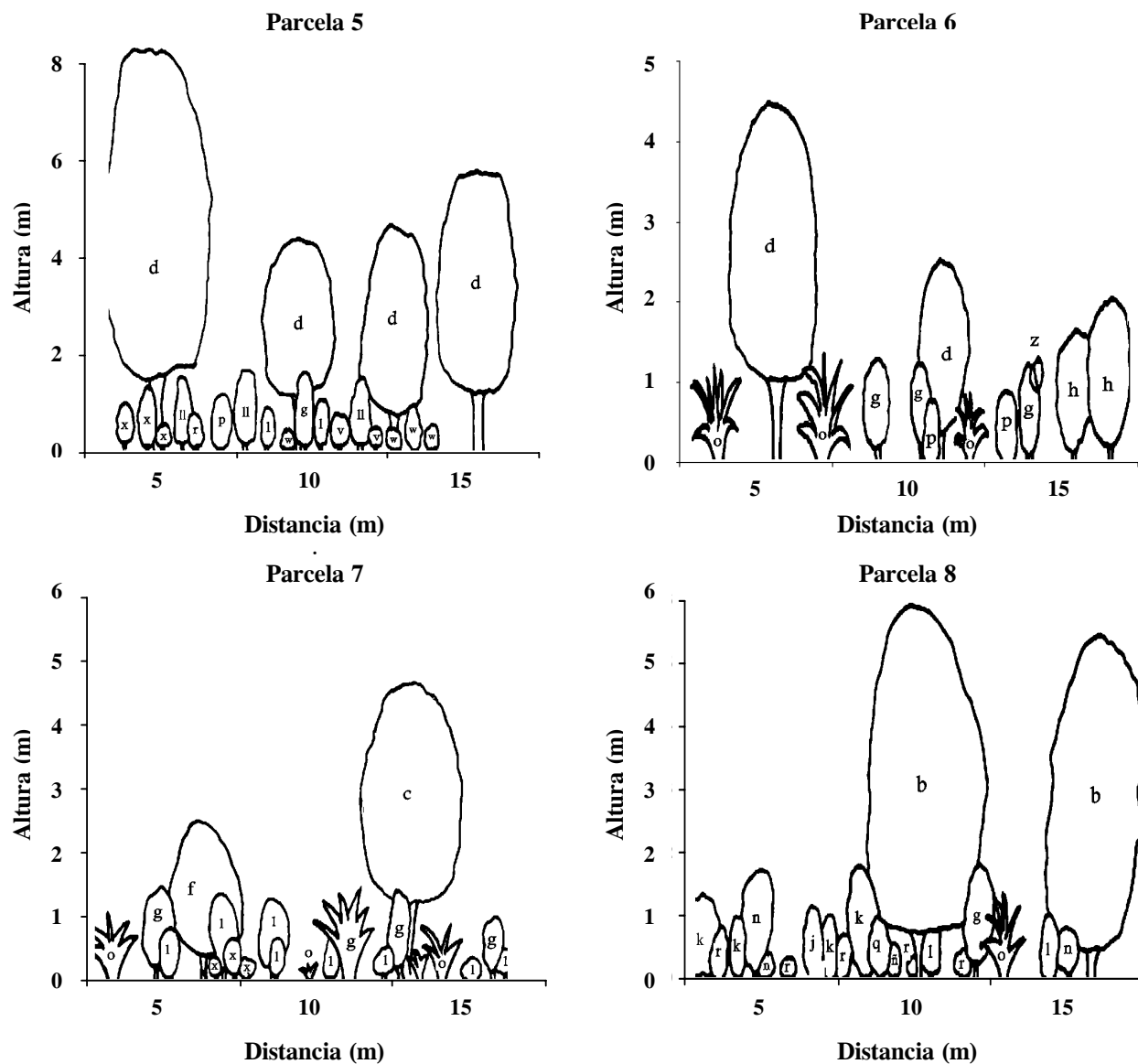


Figura 2. Diagramas de perfil semirrealista de la vegetación (estratos medio y alto) para las parcelas 5 a 8; b=Prunus serotina, d=Juniperus deppeana, g= Prunus persica, h= Crataegus mexicana, k= Eysenhardtia polystachya, l= Loeselia mexicana, ll= Verbesina virgata, n= Brickellia veronicifolia, ñ= Dalea minutifolia, o= Agave salmiana, p= Senecio signatus, q= Phytolacca icosandra, r= Haplopappus venetus, v= Painteria leptophylla, w= Mimosa aculeaticarpa var. biuncifera, z= Phoradendron brachystachyum.

Cuadro 3. Valores para los coeficientes de semejanza de Jaccard (C_j) y Sørensen (C_s) en las parcelas estudiadas. Números en la diagonal indican total de especies por parcela.

		Jaccard (C_j)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sørensen (C_s)	1	99	0.48	0.30	0.39	0.39	0.36	0.45	0.42	0.33
	2	0.65	65	0.27	0.42	0.43	0.35	0.41	0.52	0.46
	3	0.47	0.42	64	0.31	0.37	0.23	0.27	0.34	0.33
	4	0.57	0.59	0.47	61	0.47	0.36	0.44	0.37	0.37
	5	0.56	0.60	0.54	0.64	59	0.33	0.38	0.36	0.36
	6	0.53	0.52	0.38	0.53	0.50	62	0.45	0.39	0.41
	7	0.62	0.58	0.42	0.61	0.55	0.62	64	0.34	0.32
	8	0.60	0.68	0.51	0.54	0.53	0.56	0.50	70	0.81
	9	0.50	0.63	0.50	0.54	0.53	0.59	0.49	0.89	63

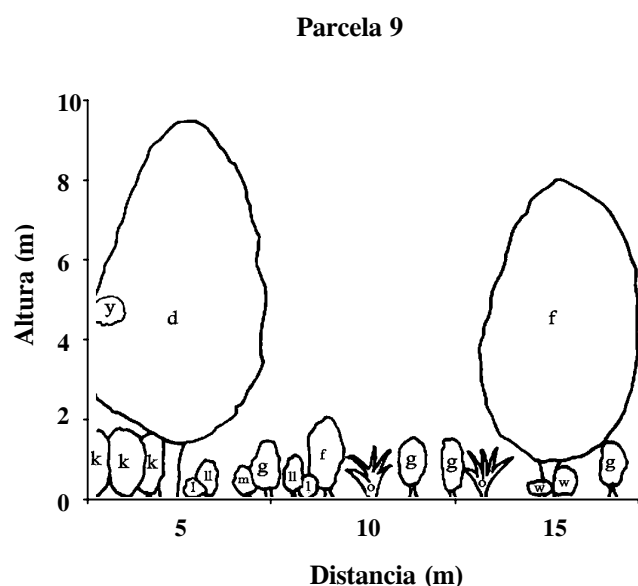


Figura 3. Diagrama de perfil semirrealista de la vegetación (estratos medio y alto) para la parcela 9; d=Juniperus deppeana, f= Buddleia cordata, g= Prunus persica, k= Eysenhardtia polystachya, l= Loeselia mexicana, ll= Verbesina virgata, o= Agave salmiana, q= Phytolacca icosandra, w= Mimosa aculeaticarpa var. biuncifera, y= Tillandsia usneoides, z= Phoradendron brachystachyum.

Evaluación financiera

El sistema agroforestal contiene los siguientes componentes principales: a) Árboles: *Juniperus deppeana* Steud. (sabino), *Pinus leiophylla* Schl. & Cham. (pino), *Quercus castanea* Née (encino) y *Prunus persica* (L.) Sieb. & Zucc. (durazno); b) Arbustos: *Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg. (palo dulce), *Senecio salignus* DC. (jarilla), *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dick (maguey) y *Loeselia mexicana* (Lam.) Brand (espinosilla); y c) Cultivos: *Zea mays* L. (maíz), *Phaseolus vulgaris* L. (frijol), *Cucurbita maxima* Duch. (calabaza), *Vicia faba* L. (haba) y *Physalis*

philadelphica Lam. var. *philadelphica* (tomate de cáscara) y las arvenses.

La presencia de tales componentes y la de bordos, terrazas y zonas con vegetación nativa en las parcelas estudiadas, así como algunas prácticas de manejo tales como trazo de curvas a nivel, zanjas recuperadoras de suelo y captadoras de agua, rotación e intercalado de cultivos, bajo o nulo uso de agroquímicos, conservación de la vegetación nativa o manejo de arvenses y presencia de árboles frutales en los bordos, son resultado de la puesta en marcha de prácticas agroecológicas que han implementado (en diversos grados) los propietarios de la parcelas evaluadas y que originan un sistema agroforestal *sui generis*.

El establecimiento de más de un cultivo dentro de una misma parcela, con base a una rotación de cultivos en las terrazas con plantas aportadoras o plantas extractoras y diferentes arreglos de siembra, incrementa la biodiversidad y permite obtener servicios tales como la circulación de nutrientes, regulación del microclima y de los procesos hidrológicos locales, eliminación de químicos nocivos y regulación de la abundancia de organismos indeseables (Altieri y Nicholls, 1998); además, la producción de maíz, frijol y haba para autoconsumo, forraje para animales de traspatio, leña e ingresos por la venta del tomate, semilla de calabaza y frutas que se venden a pie de carretera, en el mercado local (San Martín Texmelucan) o a intermedios.

El análisis financiero advierte que los cultivos de tomate, calabaza y frijol son los que aportan mayores ingresos económicos (Cuadro 4); en el caso del maíz, debido a su precio en el mercado es el que menor ingreso económico produce, pero no por ello deja de ser la base de la alimentación en la zona de estudio y en el país.

Cuadro 4. Costos de producción (C), Ingresos por venta (B) y beneficio neto (BN) en pesos dentro de las parcelas estudiadas en Vicente Guerrero, Tlaxcala.

Cultivo	Parcela																	
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B
Maíz	3336	650			1885	390	3945	910	2828	1170	3619	910	3025	910			1651	910
Calabaza	1920	5400						5250		3150		2730		1680				
Tomate											1265	4440			4753	15000		
Frijol	810	4200	1977	9000		2800								1200				
Forraje		1400				700		1050		1120		1400		1190	1372	270	621	1616
Frutales	405	4150									395	350			401			
Otro ⁺	1195										1000				960		250	
Total	7666	15800	1977	9000	1885	3890	3945	7210	2828	5440	6279	9830	3025	4980	7486	15270	2522	2526
BN	8134		7023		2005		3265		2612		3551		1955		7784		4.5	
(%)	106.1		355.3		106.4		82.8		92.4		56.6		64.6		120.4		0.2	
Durazno	8417	22050	2513	14000	2643	12640	4407	10960	3438	11690	7111	19830	3709	12480	8723	31520	3428	13776
BN	13979		11620		10352		6612		8459		13156		9054		23631		10852	
(%)	173.2		488.3		152.4		152.1		261.8		197.1		264.3		299.5		371.1	

+ Comprende actividades de preparación del suelo y otras que se realizan en toda la parcela una sola vez.

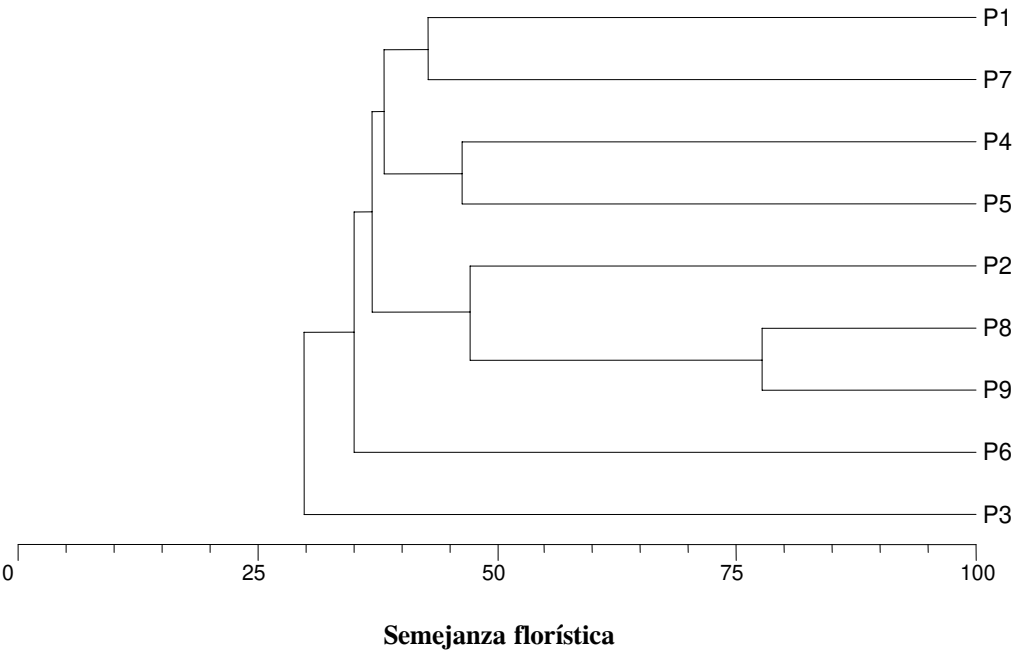


Figura 4. Agrupación de las parcelas estudiadas (P1-P9) en Vicente Guerrero, Tlaxcala, considerando el método de la media aritmética no ponderada (UPGMA).

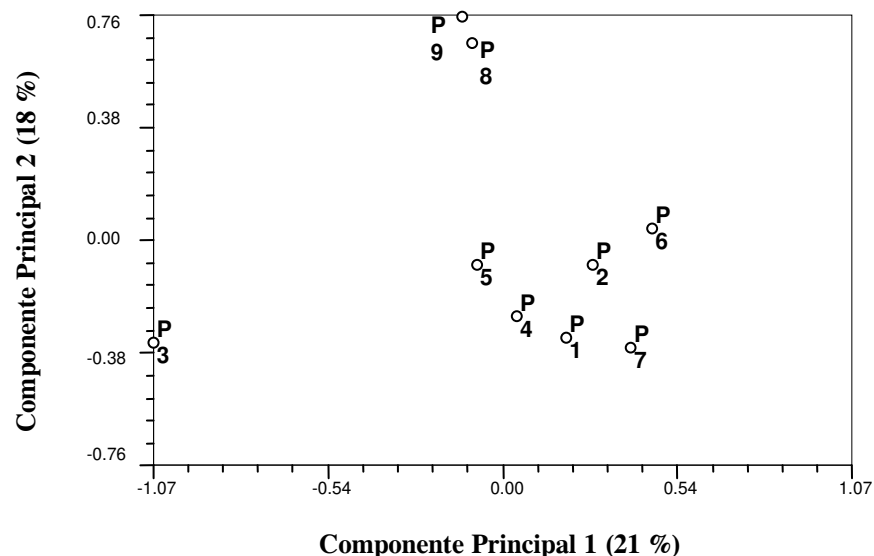


Figura 5. Ordenación de las parcelas estudiadas (P1-P9) en Vicente Guerrero, Tlaxcala, de acuerdo con el método de Componentes Principales.

Las actividades del establecimiento y manejo de los árboles de durazno incrementaron los costos en las parcelas estudiadas y originaron una disminución en los beneficios netos que se obtendrían en caso de no haberse efectuado los gastos correspondientes a dicho establecimiento; sin embargo, a partir del segundo año y al considerar como escenario que por cada árbol establecido se obtendría una producción de 25 kg de frutos en plena producción y que se vendería a \$10.00 por kg (\$250.00 por árbol), cuando los árboles alcancen 20 % de producción se espera que los beneficios igualen o sobrepasen los que se tendrían sin el sistema agroforestal; a partir de entonces y hasta el quinto año cuando los árboles presenten una producción de 100 %, el beneficio se incrementaría de manera paulatina de acuerdo al número de árboles establecidos en cada una de las parcelas y al nivel de producción esperado en los árboles con el transcurso de los años (50 % de su producción al tercer año y 80 % en el cuarto año).

Los beneficios estimados que se obtendrían con el establecimiento del sistema agroforestal representan un incentivo para los productores y los indicadores económicos obtenidos lo respaldan. Los valores de la Relación Beneficio Costo (B/C) son mayores a uno, por lo que de acuerdo con el criterio formal de selección de los proyectos basados en este indicador, se acepta el proyecto del sistema agroforestal en todas las parcelas estudiadas y de acuerdo con el criterio formal de selección de los proyectos basados en VAN, el proyecto deberá aceptarse en las parcelas por ser mayor a cero. Estas valoraciones económicas representan

un aliciente para seguir desarrollando el sistema agroforestal “árboles en tierras de cultivo”.

CONCLUSIONES

De las 153 especies vegetales recolectadas, agrupadas en 46 familias y 116 géneros, la familia y el grupo funcional mejor representados fueron Asteraceae con 29 especies y las herbáceas con 75.2 %. Las especies con un valor de importancia relevante fueron *Cenchrus multiflorus*, *Chloris submutica* y *Pennisetum clandestinum* en el estrato bajo; *Agave salmiana* y *Haplopappus venetus* en el estrato medio, y *Juniperus deppeana* y *Prunus persica* en el estrato alto.

Los mayores valores de riqueza y diversidad de especies se encontraron en la parcela uno, lo cual sugiere una mayor heterogeneidad ambiental y biológica en la parcela mencionada. Por sus características estructurales y la semejanza florística, las parcelas se organizaron en tres grupos bien definidos: a) parcela tres, b) parcelas ocho y nueve, y c) parcelas uno y dos y cuatro a siete.

La relación Beneficio/Costo (de 2.3 a 7.1) y el Valor Actual Neto (de \$47 002.24 a \$176 761.65) establecen que el sistema agroforestal estudiado es rentable a partir del quinto año, tiempo en que los árboles de durazno estarán en plena producción.

Una mayor diversidad vegetal no significó mayores ingresos o beneficios económicos; la parcela uno mostró los valores más elevados de riqueza y diversidad de especies, pero fue la parcela siete la que obtuvo los mejores indicadores financieros. Sin embargo, el sistema agroforestal representa una opción para los productores y permite aceptar de manera parcial la hipótesis de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada al primer autor para realizar estudios de Maestría y al Colegio de Postgraduados (CP) por la oportunidad brindada.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre J A (1981)** Introducción a la evaluación económica y financiera de inversiones agropecuarias. *In: Manual de Instrucción Programada*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José Costa Rica. pp:30-45.
- Altieri M A, C I Nicholls (1998)** Biodiversity, ecosystem function, and insect pest management. *In: Biodiversity in Agroecosystems*. WW Collins, C Qualset (eds). CRC Press. Florida, USA. pp:69-84.
- Baker H G (1965)** Characteristics and modes of origin of weeds. *In: The Genetics of Colonizing Species*. H G Baker, G Ledyard-Stebbins (eds). Academic Press, New York. pp:147-168.
- Barbour G M, J H Burk, W D Pitts (1987)** Terrestrial Plant Ecology. The Benjamin / Cummings Publishing Company. California, U. S. A. pp:182-208.
- Begon M, J L Harper, C R Townsed (1987)** Ecología: Individuos, Poblaciones y Comunidades. Ediciones Omega. Barcelona, España. 886 p.
- Connell J H (1978)** Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science* 199:1302-1310.
- Dirk A H (1990)** Economics of agroforestry. *In: Agroforestry: Classification and Management*. K G MacDicken, N T Vergara (eds). John Wiley & Sons. New York, USA. pp:310-331.
- Fernández N R, C Rodríguez L, M Arreguín, A Rodríguez (1998)** Listado florístico de la Cuenca del río Balsas, México. *Polibotánica* 9:151-180.
- García E (1973)** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). UNAM. México, D. F. 246 p.
- Godínez-Ibarra O, L López-Mata (2002)** Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica* 73 (2):283-314.
- Grime J P (1982)** Estrategias de Adaptación de las Plantas. Limusa. México, D. F. 291 p.
- Haggard J, M Sosa, B Díaz, G Hernández, J A Contreras, C Uc (2000)** Integración de factores biofísicos, económicos y sociales en el diseño de sistemas agroforestales en la península de Yucatán. *In: Los Sistemas Agroforestales de Latinoamérica y la Selva Baja Caducifolia en México*. R Monroy, H Colin, J C Boyas (eds). IICA, INIFAP, UAEM. pp:73-91.
- Janson S, J Vegelius (1981)** Measures of ecological association. *Oecologia* 49:371-376.
- Jiménez R J, M Martínez G, S Valencia A, R Cruz D, J L Contreras J, E Moreno G, J Calónico S (2003)** Estudio florístico del municipio Eduardo Neri, Guerrero. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica* 74(1):79-142.
- Krebs Ch J (1985)** Ecología: Estudio de la Distribución y la Abundancia. HARLA. México, D. F. 753 p.
- Leakey R (1996)** Definition of agroforestry revisited. *Agroforestry Today* 8 (1):5-7.
- Martínez G M, S A Valencia, J S Calónico (1997)** Flora de Papalutla, Guerrero y sus alrededores. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica* 68(2):107-133.
- Matteucci S D, A Colma (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. 168 p.
- Odum P E (1972)** Ecología. Nueva Editorial Interamericana. México. 639 p.
- Pielou E C (1975)** Ecological Diversity. Wiley, New York. 165 p.
- Ramos S F J (1998)** Grupo Vicente Guerrero de España, Tlaxcala: Dos Décadas de Promoción de Campesino a Campesino. Red de Gestión de Recursos Naturales. México, D. F. 111 p.
- Reyes A J A, F M González, J P P García (1996)** Flora vascular de Sierra Monte Grande, municipio de Charcas, San Luis Potosí, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58:31-42.
- Rohlf F J (2000)** NTSYS-pc (Numerical Taxonomic and Multivariate Analysis System). Versión 2.1. Exeter Software. New York. USA. 44 p.
- Romero S, C Rojas (1991)** Estudio florístico de la región de Huehuetoca, Estado de México. *Acta Bot. Mex.* 14:33-58.
- Rzedowski J (1981)** Vegetación de México. Limusa. México, D. F. 432 p.
- Rzedowski J, G Calderón de Rzedowski (1989)** Sinopsis numérica de la flora fanerogámica del Valle de México *Acta Bot. Mex.* 8:15-30.
- Simpson E H (1949)** Measurement of diversity. *Nature* 163:688.
- Stiling P (1999)** Ecology: Theories and Applications. Prentice Hall. New Jersey, USA. 840 p.
- Torquebiau E (1990)** Conceptos de Agroforestería: Una Introducción. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 92 p.
- Villavicencio-Enríquez L, J I Valdez-Hernández (2003)** Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia* 37:413-423.
- Young A (1994)** Agroforestry for Soil Conservation. CAB International, International Council for Research in Agroforestry. BPC Wharfedale Ltd. Exeter, UK. 276 p.
- Zepeda R C y E Velázquez (1999)** El bosque tropical caducifolio de la vertiente de la Sierra de Nanchititla, Estado de México: la composición y la afinidad geográfica de su flora. *Acta Bot. Mex.* 46:50-52.