



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 1 Núm. 1 Enero-Junio, 2014

ISSN: 2007-9559

Revista Mexicana de Agroecosistemas



Oaxaca, Volumen I, Número 1, 2014

Foto: Bosque de pino-encino, San Juan Lachao, Juquila, Oaxaca



Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca



Revista Mexicana de Agroecosistemas

REVISTA MEXICANA DE AGROECOSISTEMAS, Vol. 1, Núm. 1, enero-junio 2014, es una publicación de la Secretaría de Educación Pública-Tecnológico Nacional de México, editada a través del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca por la División de Estudios de Posgrado e Investigación. Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 56230, Tel y Fax. 01 (951) 5170444 y 5170788. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2014-060211581800-203 e ISSN 2007-9559, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsables de la última actualización de este número en la División de Estudios de Posgrado e Investigación: Dr. José Cruz Carrillo-Rodríguez y Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz, Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 56230, Tel y Fax. 01 (951) 5170444 y 5170788, www.itvalleoaxaca.edu.mx, rmae.itvo@gmail.com. Fecha de última modificación, 01 de junio de 2014.

Su objetivo principal es difundir los resultados de investigación científica de las áreas agropecuaria, forestal, recursos naturales, considerando la agrobiodiversidad y las disciplinas biológicas, ambientales y socioeconómicas.

Para su publicación, los artículos son sometidos a arbitraje, su contenido es de la exclusiva responsabilidad de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de la Institución.; las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.



Comité Editorial

Dra. Gisela V. Campos Ángeles (DEPI-ITVO)
Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez (DEPI-ITVO)
Dr. José Raymundo Enríquez del Valle (DEPI-ITVO)
Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo (DEPI-ITVO)
M.C. Gustavo O. Díaz Zorrilla (DEPI-ITVO)
Dra. Marta P. Jerez Salas (DEPI-ITVO)
Dr. Salvador Lozano Trejo (DEPI-ITVO)
M.C. María Isabel Pérez León (DEPI-ITVO)
Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz (DEPI-ITVO)
Dr. Vicente A. Velasco Velasco (DEPI-ITVO)
Dr. Yuri Villegas Aparicio (DEPI-ITVO)

Coordinación editorial

Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz
Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez

Diseño de portada

Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz



Comité de arbitraje en este número

Dra. Gisela Virginia Campos Ángeles (DEPI-ITVO)

Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez (DEPI-ITVO)

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle (DEPI-ITVO)

M.C. Gustavo O. Díaz Zorrilla (DEPI-ITVO)

Dr. Salvador Lozano Trejo (DEPI-ITVO)

M.C. María Isabel Pérez León (DEPI-ITVO)

Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz (DEPI-ITVO)

Dr. Vicente Arturo Velasco Velasco (DEPI-ITVO)

Dr. Yuri Villegas Aparicio (DEPI-ITVO)



Prólogo

La “Revista Mexicana de Agroecosistemas” (RMAE) surgió de una propuesta del Consejo del Postgrado del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Su objetivo es difundir los resultados generados del esfuerzo de alumnos e investigadores del Programa de Maestría en Ciencias en Productividad de Agroecosistemas que se imparte en este Instituto, y de las Licenciaturas en Biología e ingeniería en Agronomía y Forestal. Esta revista científica (RMAE) contempla las áreas agrícola, pecuaria, forestal y recursos naturales, considerando la agrobiodiversidad y las disciplinas biológicas ambientales y socioeconómicas.

Por ello, se hace la invitación a alumnos, académicos e investigadores para que utilicen este espacio para publicar sus resultados de investigación relacionados con estas áreas. Los manuscritos se pueden enviar de acuerdo con las normas publicadas en el Vol. 1, Núm. 1 (2014) y pueden ser de tres tipos: artículo científico, ensayo libre (artículos de revisión, notas técnicas, nuevas variedades, especies, etc.) y nota informativa. Todos los manuscritos se someterán a arbitraje y a edición. Deberán ser originales e inéditos, de alta calidad, acordes con las normas indicadas en este volumen y que no se hayan publicado o se vayan a publicar en otra revista.

En este número consideramos importante conocer algunas de las características sobresalientes de los recursos naturales del estado de Oaxaca, iniciando con especies de bromelias, sistemas agroforestales de café orgánico, micropropagación de maguey, caracterización agromorfológica de tomate, huertos familiares como seguridad alimentaria y factores antropogénicos en cuencas hidrográficas.

ATENTAMENTE

Comité editorial



Núm.	Contenido	Pág.
1	Variación en número de óvulos en flores de <i>Tillandsia carlos-hankii</i> Matuda (Bromeliaceae)/Variation in number of ovules in <i>Tillandsia carlos-hankii</i> Matuda (Bromeliaceae) flowers Carlos Fernández-Ríos, José Luis Chávez-Servia, Martha Demetria Mondragón-Chaparro	1-11
2	Efecto de la cobertura arbórea en sistemas de café orgánico en el sur de Oaxaca/Effect of tree shade in organic coffee systems in souther Oaxaca René Maldonado-Martínez, Gerardo Rodríguez-Ortiz, José Raymundo Enríquez-del Valle, José Cruz Carrillo-Rodríguez, María Isabel Pérez-León	12-19
3	Dosis de fertirriego durante la aclimatización de plantas de <i>Agave americana</i> micropropagadas/Ferti-irrigation dose during acclimatization of micropropagated <i>Agave americana</i> plants Rosalba Pérez-Santiago, José Raymundo Enríquez-del Valle, Ernesto Castañeda-Hidalgo, Vicente Arturo Velasco-Velasco, Gerardo Rodríguez-Ortiz, Gisela Virginia Campos-Ángeles	20-27
4	Relación entre variación ecológica-orográfica y variabilidad morfológica de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) en Oaxaca/Relationship between ecological-orographic variation and morphological variability of tomato (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) in Oaxaca Irma Arleth Pacheco-Triste, José Luis Chávez-Servia y José Cruz Carrillo-Rodríguez	28-39
5	Los huertos familiares y la seguridad alimentaria de Cuilapam de Guerrero, Oaxaca, México/Homegardens and food security of Cuilapam de Guerrero, Oaxaca, Mexico Perla Karin De la Rosa-Reyes, Marco Antonio Vásquez-Dávila, Yuri Villegas-Aparicio, Martha Patricia Jerez-Salas	40-51
6	Índice de área foliar y factores de perturbación en una cuenca hidrográfica del río Tehuantepec/Leaf area index and disturbance factors in a basin of Tehuantepec river Cesar Gil Vásquez-Agustín, Gerardo Rodríguez-Ortiz, José Raymundo Enríquez-del Valle, Vicente Arturo Velasco-Velasco, Gisela Virginia Campos-Ángeles	52-59
7	Normas para la elaboración de artículos científicos y ensayos a publicar en la Revista Mexicana de Agroecosistemas	60-68



DIRECTORIO

M.C. Juan Manuel Cantú Vázquez- Director General, DGEST

Dr. Luis Néstor Coria de los Ríos- Director de Posgrado e Investigación, DGEST

M.T.I.C. Herman Calderón Pineda- Director, ITVO

M.C. Judith Ruíz Luna- Subdirección Académica, ITVO

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle- Jefe DEPI-ITVO

Mayores informes:

Revista Mexicana de Agroecosistemas

Domicilio conocido

Ex-hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México

C. P. 71230

Tel. y Fax: 01(951) 5170444, 5170788

Correo: rmae.itvo@gmail.com

www.itvalleoaxaca.edu.mx



VARIACIÓN EN NÚMERO DE ÓVULOS EN FLORES DE *Tillandsia carlos-hankii* Matuda (Bromeliaceae)¹

[VARIATION IN NUMBER OF OVULES IN *Tillandsia carlos-hankii* Matuda (Bromeliaceae) FLOWERS]

Carlos Fernández-Ríos, José Luis Chávez-Servia[§] y Martha Demetria Mondragón-Chaparro

Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca. Hornos # 1003. Santa Cruz Xoxocotlán. C.P. 71230. Oaxaca. México ([§]autor responsable: jchavez@ipn.mx).

RESUMEN

El estudio de la variación fenotípica intraespecífica permite cuantificar el efecto ambiental sobre los caracteres reproductivos e identificar los micronichos donde la conservación *in situ* de plantas epífitas tienen mayores ventajas, entre otros aspectos. En este trabajo se evaluó la variación del número óvulos de *Tillandsia carlos-hankii* en cinco nichos altitudinales (2509 a 2788 m). Para esto, en cada nicho se seleccionaron aleatoriamente 10 individuos por población (= nicho), donde se colectaron tres flores por individuo en tres estratos en que se dividió al eje floral, y se contabilizó el número de óvulos. En general, se observaron tres patrones de comportamiento, los sitios de menor altitud (< 2561 m), Los Leones y Los Troncos presentaron los mayores valores de número de óvulos (>350); Loma Grande a 2615 msnm se comportó de manera intermedia; y Peña Prieta 1 y 2 presentaron los menores valores de óvulos (<265). Esto indica cierta relación inversa entre altitudes de los sitios de muestreo y número de óvulos, a menor altitud mayor número de óvulos o viceversa. También se estimó una correlación positiva y significativa entre número de óvulo y altura de planta, longitud de cáliz más corola y longitud de sépalo de *T. carlos-hankii*. Complementariamente se determinó una relación negativa entre número de óvulos y altitud y precipitación.

Palabras clave: *Especie amenazada, nicho altitudinal, reproducción.*

ABSTRACT

The study of the intraspecific phenotypic variation allows quantify the environmental effect on reproductive traits and identify those microniches where *in situ* conservation of epiphytic plants have major advantages, among other aspects. The variation of the ovules number of *Tillandsia carlos-hankii* were evaluated at five altitudinal niches (2509 to 2788 masl). Then, in each niche 10 individuals per population (=niche) were randomly selected, and later three flowers were recollected per inflorescence divided into three strata the floral axis, in order to quantify the ovules number. In general, three behaviour patterns were determined, the sites of lower altitude (<2561 m), Los Leones and Los Troncos presented the higher values of number of ovules per flower (>350); Loma Grande at 2615 masl presented an intermediate value; and Peña Prieta 1 and 2 showed the lower values of ovules per flower (<265). Results indicate that, there is an inverse relationship between altitudes of the sample sites and number of ovules, it means for lower altitude correspond higher values of number of ovules or vice versa. Also, a positive and significant correlation was estimated between number of ovules and plant height, length of calyx plus corolla and sepal length of *T. carlos-hankii*. Complementarily, a negative correlation between number of ovules and site altitude and precipitation was calculated.

Index words: *Endangered specie, altitudinal niche, reproduction.*

INTRODUCCIÓN

Las plantas son organismos sésiles que afrontan directamente diferentes condiciones ambientales de estrés cómo la variación climática, heterogeneidad edáfica y presiones ecológicas, estimulando una serie de mecanismos adaptativos de variación fenotípica, que permite responder y conquistar un rango de presiones ambientales en cada nicho que ocupan sus poblaciones (Sultán, 2000).

Recibido: 2 de octubre de 2013.

Aceptado: 30 de marzo de 2014.

Se ha comprobado que en diferentes nichos altitudinales las condiciones ambientales varían ampliamente en relación a precipitación, temperatura, tipo de vegetación, humedad, disponibilidad de nutrientes e intensidad de luz, entre otros, varían conforme al rango altitudinal y esa variación influye directamente en la variación de la capacidad y éxito reproductivo de plantas terrestres como *Clarkia unguiculata*, *Caragana microphylla* y *Nicotriana glauca* (Jonas y Geber, 1999; Xu-Hui *et al.*, 2010; Nattero, 2011). En el caso de plantas epífitas como las bromelias, se espera que la variación en número de óvulos y éxito reproductivo, se vea afectado por las variaciones microclimáticas a través de diferentes nichos altitudinales.

Las plantas epífitas, a diferencia de las plantas terrestres, el ambiente influye en una serie de adaptaciones morfológicas y fisiológicas que permiten a la planta, responder de manera eficiente a la inestabilidad de nutrientes, cambiantes velocidades de viento, baja disponibilidad de humedad y tiempo de vida del hospedero (Benzing, 2000). En bromelias epífitas se ha documentado que los patrones de variación fenotípica a nivel intra-específico, muestran una influencia ambiental significativa en fenología de la floración, número de flores, altura de planta o eje floral, número de espigas, longitud de cáliz, longitud de anteras y capacidad germinativa de semillas (Tremblay, 1997; Santana y Machado, 2010; Cruz-Pacheco, 2011; Fernández-Ríos, 2013). En este sentido, se esperaría que el número de óvulos, número de frutos y semilla, relacionadas en caracteres relacionados con la capacidad y éxito reproductivo en bromelias, se vean afectados por patrones de variación clinal o de nicho ecológico.

Tillandsia carlos-hankii es una bromelia epífita endémica de Oaxaca, México (Espejo-Serna *et al.*, 2004; Espejo-Serna *et al.*, 2007), catalogada como una especie amenazada por la NOM-ECOL-059-2010 (SEMARNAT, 2010). Es de gran importancia ecológica debido a que provee de alimento, agua y refugio a diversos vertebrados e invertebrados (Franco, 2008; Romero-García, 2008; Mondragón y Cruz, 2009). Desde la perspectiva económica, es una fuente de ingreso para las comunidades rurales que las extraen y venden de manera ilegal en los mercados regionales de Oaxaca; principalmente como ornato en fiestas navideñas y se estima que se comercializan anualmente alrededor de 3666 individuos provenientes de los bosques de Santa Catarina Ixtepeji y otras regiones cercanas a la ciudad de Oaxaca (Mondragón y Villa, 2008).

Aparte de los estudios taxonómicos en *T. carlos-hankii* (Smith y Downs 1977; Espejo-Serna *et al.*, 2004; Mondragón *et al.*, 2006; Espejo-Serna *et al.*, 2007; López-Ferrari y Espejo-Serna, 2007), no existen trabajos orientados a documentar y describir la influencia ambiental en la variación de caracteres relacionados con el éxito de la fertilización de flores y reproductivo. En este contexto, se evaluó la variación fenotípica en la capacidad reproductiva de *T. carlos-hankii*, a través de la variación en número de óvulos por flor y planta, localizada en diferentes micronichos altitudinales de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio de *T. carlos-hankii*

Es una bromelia epífita monocárpica que crece en bosques de pino-encino a altitudes de 1900-2900 m, endémica de Oaxaca y catalogada bajo amenaza en la NOM-ECOL-059-2010 (SEMARNAT, 2010). En trabajos previos se documentó y localizó su distribución en los bosques de pino-encino de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca (Mondragón *et al.*, 2006).

Se muestrearon óvulos en 10 individuos de cinco poblaciones de *T. carlos-hankii* localizadas en los parajes de Los Leones, Los Troncos, Peña Prieta 1 y Peña Prieta 2 de la región de Santa Catarina Ixtepeji, georeferenciados entre 96° 36' a 96° 39' Longitud Oeste de 17° 09' a 17° 11' Latitud Norte de la Sierra Norte de Oaxaca (Figura 1). El clima de la zona oscila de templado a frío subhúmedo (García, 1988), con una temperatura media anual de 18.3 °C y 759.3 mm de precipitación (Servicio Meteorológico Nacional, 2012). La vegetación arbórea y arbustiva está compuesta principalmente por; *Quercus obtusata*, *Q. aff. laurina*, *Q. crassifolia*, *Pinus pseudostrobus*, *Abies hickelli*, *Arbutus xalapensis*, *Cornus disciflora* (Zacarias-Eslava y del Castillo, 2010) y la vegetación epífita de los sitios son *Tillandsia prodigiosa*, *T. macdougallii*, *T. violaceae*, *Peperomia aff. galioides*, *Pleopeltis polylepis* y *Polydium madrense* (Victoria, 2009).

Para una mejor descripción de cada nicho altitudinal (sitio de muestreo) se realizó una caracterización de la vegetación registrando, la presencia de *T. carlos-hankii* en árboles y arbustos, temperatura, precipitación y el registro de actividades antropocéntricas en sitios de 300 m² (Cuadro 1), los datos climáticos de precipitación y temperatura

media para cada sitio fueron obtenidos mediante el modelo de regresión lineal para la zona utilizada por Zacarías-Eslava y del Castillo (2010).

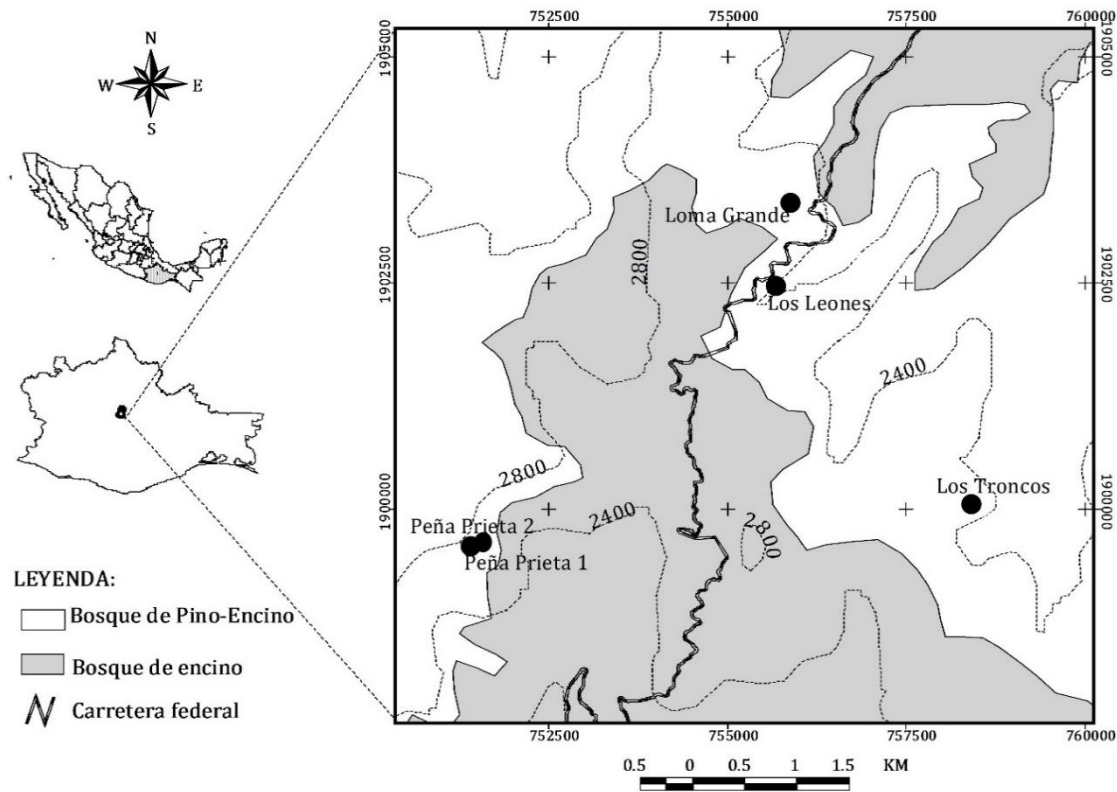


Figura 1. Ubicación de cinco micronechos de muestreo de óvulos en individuos de *T. carlos-hankii* en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. A cada sitio se le denominó población muestreada.

Muestreo de óvulos

Se evaluaron cinco poblaciones (=sitios) de *T. carlos-hankii* de diciembre de 2011 a marzo de 2012, que fueron seleccionadas de acuerdo a la disponibilidad de inflorescencias en etapa reproductiva y distribuidas bajo un gradiente altitudinal en la región de Santa Catarina Ixtepeji (2509 a 2788 m) (Figura 1). Aleatoriamente se seleccionaron 10 individuos por población y se muestrearon tres flores con óvulos por planta, distribuidas en tres estratos de la inflorescencia (basal, intermedio y apical). Cada flor se depositó en un frasco de vidrio ámbar con una solución de alcohol al 70% más 1 gota de glicerina. Los frascos se etiquetaron y almacenaron a temperatura ambiente hasta su medición. Los óvulos se obtuvieron de los tres carpelos por flor y fueron contabilizados bajo un microscopio estereoscópico marca Baytronix modelo WF10x/20.

Complementariamente se describieron las inflorescencias de las que se obtuvieron las flores muestreadas. Primero, se midió la altura total de planta desde la raíz hasta el ápice de la inflorescencia, diámetro del tanque (medición horizontal de la roseta considerando las hojas más largas en ambos extremos), se contabilizó el número de brácteas (estructuras de coloración rojiza en el eje de la inflorescencia) y espigas funcionales en el eje de la inflorescencia. De las flores muestreadas se midió la longitud del cáliz más corola desde la parte basal del ovario al ápice de los pétalos, longitud de sépalos (desde su inserción del ovario al ápice del sépalo), longitud del estambre, longitud de estilo más estigma y longitud de antera. Adicionalmente, se midió la longitud del ovario, desde la base del ovario hasta el inicio del estigma, y diámetro del cáliz más corola en la parte intermedia de la flor.

Cuadro 1. Descripción de los sitios de localización de las poblaciones evaluadas de *T. carlos-hankii*, con base en temperatura, precipitación, vegetación, hospederos y perturbación del bosque.

Variables descriptivas (muestreo de 300 m ²)	Nombre local del sitio o paraje (altitud en msnm)				
	Los Leones (2509)	Los Troncos (2560)	Loma Grande (2615)	Peña Prieta 2 (2732)	Peña Prieta 1 (2788)
Poblaciones de <i>T. carlos-hankii</i> :					
a) % del total de <i>T. carlos-hankii</i> en árboles y arbustos	59	70	97.6	61.9	37.5
b) Número de individuos reproductivos.	10	3	8	8	17
c) Número de individuos dispersando semillas	27	4	11	3	3
Especies de bromelias concurrentes en el sitio	--	--	<i>T. macdougallii</i>	<i>T. prodigiosa</i> y <i>T. violácea</i>	<i>T. macdougallii</i> , <i>T. violácea</i> , <i>T. oaxacana</i> y <i>T. quaquaflorescens</i>
Precipitación media anual (mm)	889.8	907.7	927.0	968.1	987.7
Temperatura media anual (°C)	15.1	14.8	14.4	13.6	13.2
Temperatura media anual mínima (°C)	8.7	8.4	8.2	7.6	7.4
Número de árboles y arbustos	22	30	42	21	24
Densidad árboles y arbustos m ⁻²	0.07	0.10	0.14	0.07	0.08
Diámetro de árboles a 1.30 m	26 ± 12.0	20 ± 14.4	15.5 ± 9.0	28.5 ± 15.7	29.1 ± 15.0
Cobertura de copa (m)	6.7 ± 3.5	5.7 ± 3.7	4.2 ± 2.1	5.9 ± 2.5	7.1 ± 4.46
Altura de árboles (m)	13.5 ± 6.1	12.3 ± 5.3	6.1 ± 2.1	8.7 ± 3.2	8.7 ± 3.8
Vegetación predominante por género y porcentaje de abundancia	<i>Quercus</i> (27.3%), <i>Pinus</i> (63.6%) y <i>Arbutus</i> (9.1%)	<i>Quercus</i> (40.0%), <i>Pinus</i> (43.3%), <i>Arbutus</i> (6.7%) y <i>Myrsine</i> (10.0%)	<i>Quercus</i> (92.9%), <i>Pinus</i> (2.4%) y <i>Arbutus</i> (4.8%)	<i>Quercus</i> (81.0%), <i>Pinus</i> (4.8%) y <i>Arbutus</i> (14.3%)	<i>Quercus</i> (62.5%), <i>Pinus</i> (16.7%), <i>Arbutus</i> (4.2%), <i>Laurel</i> (4.2%) y <i>Yucca</i> (12.5%)
Perturbación por actividades del hombre	Extracción de leña, manejo forestal, colecta de bromelias	Zona de manejo forestal	Zona de cultivo, manejo forestal, colecta de <i>T. carlos-hankii</i> , extracción de resina y leña	Zona de conservación comunal	Zona de conservación comunal

Análisis estadístico

Los valores de cada registro en campo fueron transformados mediante la expresión $\sqrt{(x+1)}$ con el fin de obtener un mejor ajuste en la normalidad. Posteriormente se hizo un análisis de varianza mediante el modelo fenotípico lineal aditivo, descrito como sigue:

$$Y_{ijk} = \mu + P_{0i} + Pl_{j(i)} + E_{ijk}.$$

Donde; Y_{ijk} = respuesta obtenida de la i-ésima población en el j-ésimo individuo y en k-ésima sección intra-individuo, μ = media general; P_{0i} = efecto atribuido a la i-ésima población (efecto aleatorio); $Pl_{j(i)}$ = efecto de la j-ésima planta anidada en la i-ésima población (efecto aleatorio); y E_{ijk} = error de la variación intra-individuo (Steel y Torrie, 1985; Martínez, 1988).

La varianza total se subdividió en varianza de poblaciones, intra-poblacional o entre individuos y de error. La comparación de medias poblacionales se hizo mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Todos los análisis se hicieron con el paquete estadístico SAS (SAS, 1999). La estimación total de óvulos por planta se obtuvo mediante la suma total de óvulos producidos en las tres zonas del eje floral que sirvió para graficar la sumatoria acumulada de los individuos y ver las diferencias en la producción total de óvulos por población. Mediante una correlación de Pearson ($P \leq 0.05$) se evaluaron las relaciones entre el número de óvulos y variables morfológicas de *T. carlos-hankii* y variables descriptivas ecológicas de los sitios de muestreo.

RESULTADOS

En el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas ($F = 147.7$, $P < 0.01$), entre poblaciones y también entre individuos dentro de poblaciones ($F = 5.08$, $P < 0.01$ de *T. carlos-hankii*, respecto al número de óvulos por planta. El número de óvulos por planta o flores difieren significativamente entre poblaciones (Tukey, $P < 0.05$); en este caso se determinó que, las muestras colectadas en Los Leones (2509 msnm) y Los Troncos (2560 msnm) difieren significativamente de las colectadas en Peña Prieta 1 y 2 (> 27300 msnm), y entre estos dos grupos se encuentra Loma Grande (2615 msnm) (Figura 2). Este patrón observado, confirma la hipótesis de que los micronichos altitudinales sí influyen en el comportamiento reproductivo, en este caso número de óvulos, de *T. carlos-hankii*.

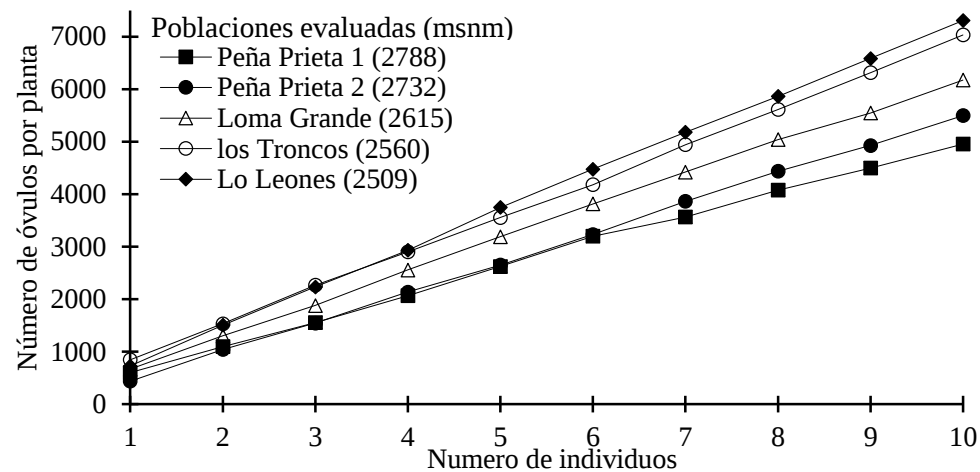


Figura 2. Número acumulado de óvulos por planta de cinco poblaciones de *T. carlos-hankii* en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca.

En la comparación de medias del número de óvulos entre diferentes origen altitudinal, se determinó que las poblaciones o subpoblaciones de *T. carlos-hankii* ubicadas en los parajes de Los Leones y Los Troncos, estadísticamente mostraron el mismo comportamiento (> 350 óvulos por flor), y fueron significativamente diferentes de las poblaciones localizadas en Loma Grande y Peña Prieta 1 y 2 (Figura 3). El patrón fue que, hubo mayor cantidad de óvulos en las zonas más baja y a medida que se incrementó la altitud también, se cuantificó menor número de óvulos por flor. Esto puede estar directamente con las condiciones microclimáticas de los sitios ya que las mayores altitudes presentan las temperaturas más bajas (Cuadro 1).

Dentro de cada eje floral de *T. carlos-hankii*, se observó diferente patrón de variación en número de óvulos en los tres estratos en que se dividió al eje (Figura 4). Por ejemplo, en altitudes de 2509 a 2732 m, el número de óvulos en los estratos basal, intermedio y apical, no difieren significativamente. Sin embargo, a 2788 msnm se cuantificó un descenso importante en el estrato intermedio. También fue notorio que hubo alta variación en las estimaciones del número de óvulos dentro de cada estrato e indica una influencia ambiental muy alta.

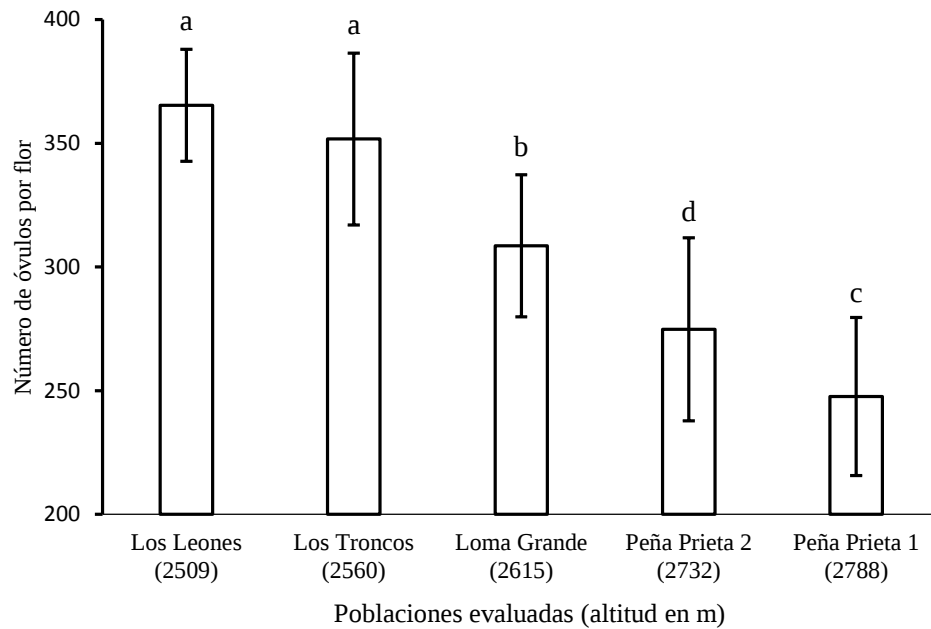


Figura 3. Comportamiento medio y desviaciones estándar del número de óvulos por flor en plantas de *T. carlos-hankii* de cinco sitios de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca (Tukey, $P < 0.05$).

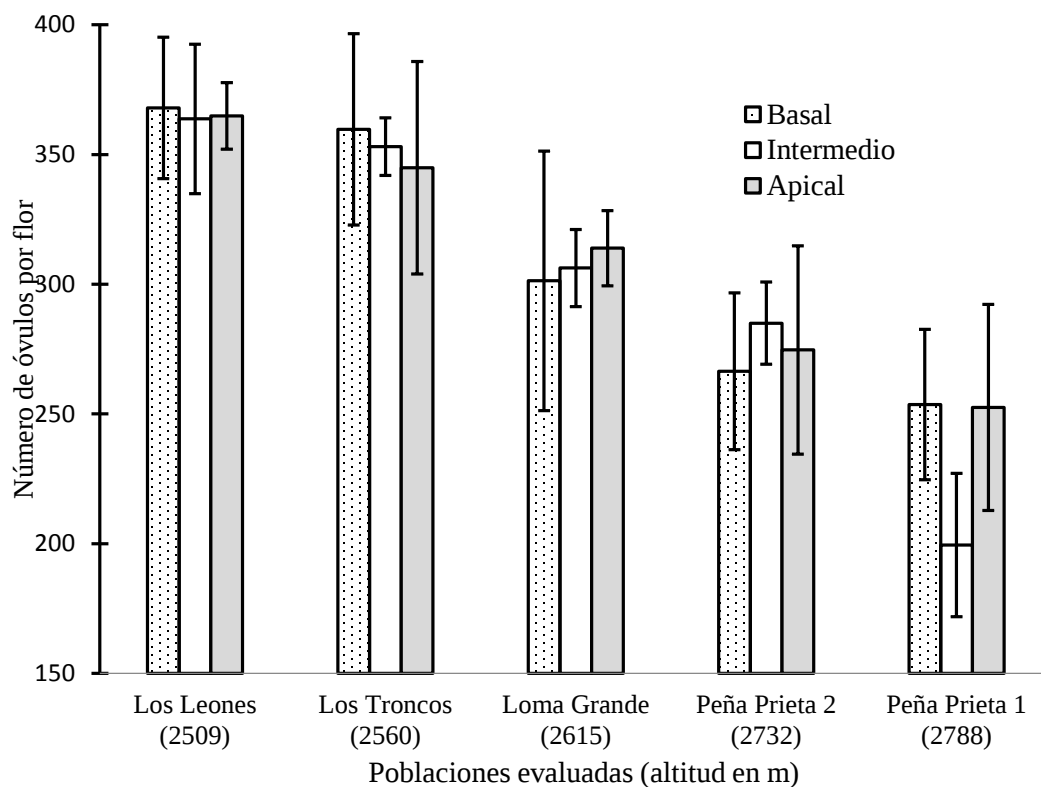


Figura 4. Variación en número de óvulos entre estratos del eje floral (variación intrapoblacional), en cinco poblaciones de *T. carlos-hankii* de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca.

Existe una relación alométrica entre el número de óvulos y caracteres morfológicos de la planta debido a se presentaron correlaciones positivas y significativas ($P < 0.05$) entre el número de óvulos y altura de la planta, longitud de cáliz más corola, longitud del sépalo y longitud de la antera de *T. carlos-hankii*. Es decir, en este estudio las plantas más pequeñas como fueron las ubicadas en Peña Prieta 2 y Peña Prieta 1, presentaron el menor número de óvulos y viceversa. En contraparte, se cuantificó una relación negativa y significativa, entre número de óvulos y diámetro de cáliz más corola (Cuadro 2).

Cuadro 2. Correlaciones de Pearson (r) entre número de óvulos y variables morfológicas florales de *T. carlos-hankii* de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca.

	Altura planta	Diámetro roseta	Número brácteas	Número espigas	Long. cáliz + corola	Longitud de					Diámetro cáliz más corola
						sépalo	estambre	estilo	antera	ovario	
Núm. Óvulos	0.92*	0.79 ^{ns}	0.82 ^{ns}	0.75 ^{ns}	0.96**	0.89*	0.67 ^{ns}	0.88 ^{ns}	0.94*	0.39 ^{ns}	-0.99**

^{ns}No significativo ($P > 0.05$); *significativo a $P < 0.05$; **significativo a $P < 0.01$.

Los resultados muestran que, el número de óvulos en la flor de *T. carlos-hankii* se correlacionó de manera significativa ($p < 0.05$) y positiva con la temperatura mínima anual pero negativamente la altitud y precipitación (Cuadro 3). Esto último confirma lo señalado previamente, los sitios más altos (> 2700 msnm) fueron los que presentaron menor número de óvulos; aunque existe otra relación interesante, altas precipitaciones se relacionaron con menor número de óvulos.

Cuadro 3. Correlaciones de Pearson (r) entre número de óvulos de *T. carlos-hankii* y características descriptivas ecológicas y de vegetación en los sitios de muestreo de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca.

	Altitud	Precipitación anual	Temperatura mínima anual	Densidad de árboles y arbustos	Diámetro de árboles a 1.30 m de altura	Cobertura de copa de árboles	Altura de árboles
Número de óvulos	-0.99**	-0.99**	0.98**	0.10 ^{ns}	-0.44 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	0.71 ^{ns}

^{ns}No significativo ($P > 0.05$); **significativo a $P < 0.01$.

DISCUSIÓN

Las diferencias fenotípicas encontradas en el número de óvulos de *T. carlos-hankii* muestran ciertos patrones asociados con el gradiente altitudinal en términos de micronichos ecológicos en función de la orografía que provoca la variación en factores ambientales como temperatura, precipitación y vegetación entre otros, estableciendo condiciones muy particulares en sitio ocupado por la especie en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. En las bromelias epifitas la producción de óvulos en diferentes nichos altitudinales y sus implicaciones ecológicas aun es un tema desconocido; sin embargo, trabajos realizados por Hornung-Leoni y Sosa (2006), han documentado la existencia de una relación clinal entre los gradientes altitudinales y la variación fenotípica en distintas especies del género *Puya*. Krömer *et al.* (2006) encontraron que, patrones de riqueza de especies y síndromes de polinización de comunidades de bromelias epifitas varían de acuerdo al gradiente altitudinal de distribución de las especies. Por otra parte, trabajos hechos por Jonas y Geber (1999), Ellison *et al.* (2004), Xu-Hui (2010) y Nattero *et al.* (2011) registran que en especies vegetales terrestres como *Clarkia unguiculata*, *Nicotiana glauca*, *Caragana microphylla* y *Sarracenia purpurea* existen patrones de variación clinal en caracteres reproductivos y estos tienen como base la producción de óvulos para lograr éxito.

Los sitios de Los Leones (2509 msnm) y Los Troncos (2560 msnm) presentaron mayor número de óvulos por flor (> 350), es indicador de que a esa altitud *T. carlos-hankii* está teniendo su mejor desarrollo y éxitos reproductivo y entre estos sitios existe cierta semejanza en puesto que están a 0.81 km de distancia. En este sentido, Fernández-Ríos (2013) encontró una correlación positiva y significativa entre la matriz de distancias fenotípicas euclidianas con las distancias geográficas y con la distancia altitudinal; entonces, si hay relación entre los sitios. Otro factor que podría estar interviniendo en este fenómeno es la ecología de floración de *T. carlos-hankii* y su polinizadores observados en

campo *Hylocharys leucotis* y *Eugenes fulgens* (Trochilidae). Al respecto, Gómez (2002), Krömer *et al.* (2006), Carranza-Quinceno y Estévez-Varón (2008) señalan que bajo un gradiente altitudinal la presencia de especies de polinizadores pueden variar y presentar diferentes patrones de forrajeo, las que promueven o limitan el flujo genético entre poblaciones, evento que podría tener implicaciones en la variación o similitud del número de óvulos en las poblaciones de *T. carlos-hankii*. Es decir, no solo influyen las adaptaciones ecológicas al sitio sino su relación con otras entidades biológicas.

Fernández-Ríos (2013) registró que en nichos de baja altitud como Los Leones (2509 msnm) y Los Troncos (2560 msnm), los individuos presentan una altura promedio de 69.1 a 71.1 cm respectivamente con una producción intermedia de flores, mientras que en nichos localizados en zonas altas como Peña Prieta 1 (2788 msnm) y Peña Prieta 2 (2732 msnm) la altura de la planta disminuye de 55 a 51.9 cm respectivamente produciendo a su vez una menor cantidad de flores. En este estudio se encontraron los mismos patrones de producción de óvulos por población respecto a la altitud, lo que podría indicar que, en nichos de zonas de menor altitud las condiciones ambientales son adecuadas para el crecimiento de los individuos y que la producción significativa de óvulos abre la posibilidad de una mayor producción de semillas tanto por el número de óvulos producidos por flor como por la gran cantidad de flores producidas por planta, lo que tendría repercusiones favorables en el éxito reproductivo y reclutamiento de individuos por medio de semillas en *T. carlos-hankii*.

La variación evaluada de número de óvulos en tres estratos del eje flora a través de los sitios de muestreo, es producto probablemente de la configuración ambiental de cada nicho, la edad, características y densidades de hospederos, y otros efectos de características de los doseles que provocar un mosaico de microclimas entre estratos verticales de hospederos y vegetación circundante (Jhonson-Maynard *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2001). En plantas terrestres Herrera (1993), observó que la variación en número de óvulos de *Viola cazorlensis* está influenciada por la fenología del desarrollo de las plantas y tienen efectos importantes los diversos factores ambientales que varían en tiempo y espacio. En el caso de plantas epifitas, que capturan nutrientes directamente del ambiente, el efecto podría ser aún mayor porque además dependen del hospedero (Johansson, 1974). Esto es, las condiciones microambientales y nutricionales podrían estar influenciando la variación fenotípica dentro de las poblaciones de *T. carlos-hankii*. Por ejemplo Merwin *et al.* (2003) documentaron que las bromelias epifitas muestran ciertas preferencias de especies y característica atribuidas a las dimensiones del hospedero y por consiguiente a las condiciones microclimáticas que en ellos prevalecen. Herrmann *et al.* (2006) encontraron una relación entre el hospedero y el desarrollo de *T. usneoides* (Schlesinger y Marks, 1977). En relación de nutrientes, Zots y Ashoff (2009) mostraron que el fósforo y nitrógeno estimulan el crecimiento de bromelias como *Guzmania monostachia*, *Tillandsia elongata* y *Werauhia sanguinolenta* pero difieren de acuerdo a la especie de hospedero.

En *T. carlos-hankii* las poblaciones de Los Leones y Los Tronco presentan una alta densidad de individuos de talla grande con mayor producción de flores y óvulos en relación a las demás poblaciones. Esta relación alométrica entre el número de óvulos y variables morfológicas de *T. carlos-hankii* puede ser utilizada como un indicador que explique en términos de costos y beneficios ecosistémicos, las diferentes adaptaciones morfológicas y fisiológicas de las plantas ante la heterogeneidad ambiental. El gran tamaño de planta puede constituirse como atrayente para los polinizadores y consecuentemente un mayor éxito reproductivo en fertilización de flores y producción de semillas. Donnelly *et al.* (1998) y Worley *et al.* (2000) documentaron que las plantas invierten una gran cantidad de energía en el crecimiento, desarrollo y producción de recompensas florales para provocar mayor atracción de polinizadores y garantizar el éxito reproductivo. En este sentido, las plantas de bajo porte como los individuos de Peña Prieta 1 y Peña Prieta 2 teóricamente pueden presentar una menor probabilidad de ser visitado por sus polinizadores. Hornung-Leoni y Sosa (2006) encontrando en el género puya (Bromeliaceae), una relación lineal positiva entre la longitud del sépalo y pétalo con la altura de las plantas, y esta a su vez con el tamaño o especie de polinizador. Bonser y Aarssen, (2009) proponen que existe una relación entre el tamaño de las estructuras reproductivas y caracteres vegetativos. Específicamente Ishii y Morinaga (2005) determinaron correlaciones significativas entre número de óvulos y dimensiones de los caracteres florales de *Iris gracilipes*.

Los resultados mostraron una correlación significativa entre número de óvulos de *T. carlos-hankii* y altitud, temperatura y precipitación. Actualmente se conoce que estos mismos factores son determinantes en la floración de angiospermas; por lo que, cualquier variación importante en estos agentes, influirá en el inicio y duración del proceso reproductivo entre y dentro de las poblaciones vegetales (Turck *et al.* 2008; Amasino, 2010). Benzing (1990), Laube y Zots (2003) y Zots (2005), registran que la baja disponibilidad de agua, temperatura y nutrientes son factores capaces de limitar el crecimiento vegetativo, y tiene implicaciones directas sobre la distribución de plantas epifitas vasculares.

Aunque en esta investigación no se evaluó la cantidad de luz que entra en las copas de los árboles, existen trabajos que señalan una mayor producción de flores en *Tillandsia brachycaulos* bajo ambientes con alta incidencia de rayos solares o luz (Cervantes *et al.*, 2005). Así, Cavaleiro *et al.* (2009) encuentran variaciones en el tamaño de *Aechmea distichanta* respecto a la exposición de luz y su distribución en un bosque, finalmente se ha relacionado que el tamaño de los individuos y el número de flores producidas en plantas epifitas está influenciado por la calidad de las escorrentías en los forofitos que las sostienen (Callaway *et al.*, 2002; Merwin *et al.*, 2003; Herrmann *et al.*, 2006; Zott y Asshoff, 2010).

Ante los escenarios del cambio climático proyectados sobre la vegetación en esta región Zacarias-Eslava y del Castillo (2010), demuestran que existe un desplazamiento de la vegetación de las zonas bajas hacia las zonas altas. En las poblaciones de *T. carlos-hankii* se esperaría que este mismo patrón se repitiera pues debido a la sensibilidad de estas plantas epifitas respecto a sus nichos, es posible que exista un desplazamiento de fenotipos de zonas bajas hacia zonas altas y probablemente los fenotipos de Peña Prieta 1 y Peña Prieta 2, documentados en esta investigación, pudieran extinguirse al carecer de hospederos en las zonas más altas.

La herbivoría fue otra presión que se observó en las poblaciones de Peña Prieta 1 y Peña Prieta 2. Texido *et al.* (2011) señalaron, a través de sus evaluaciones, que la herbivoría no influye en la variación intra específica de *Cistus ladanifer*. Sin embargo, puede disminuir la capacidad reproductiva y reclutamiento de individuos. Fernández-Ríos (2013) mostró que en *T. carlos-hankii* la herbivoría afectó la producción de flores de manera significativa en las poblaciones de Peña Prieta 1 y Peña Prieta 2. En este sentido, Palacios-Mosquera y Mondragón-Chaparro (2012) mencionan que este evento puede incrementar la probabilidad de autogamia, baja producción de semillas y probablemente un bajo reclutamiento de nuevos genotipos de *T. carlos-hankii*.

CONCLUSIONES

Se determinaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en número de óvulos por flor entre cinco sitios altitudinales de muestreo de *Tillandsia carlos-hankii* en los bosques de pino-encino de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. En general se observaron tres patrones de comportamiento, los sitios de menor altitud (< 2561 msnm), Los Leones y Los Troncos presentaron los mayores valores de número de óvulos (> 350); Loma Grande a 2615 msnm se comportó de manera intermedia; y Peña Prieta 1 y 2 presentaron los menores valores de óvulos (< 265). Esto indica cierta relación inversa entre altitudes de los sitios de muestreo y número de óvulos, a menor altitud mayor número de óvulos o viceversa. También se estimó una correlación positiva y significativa entre número de óvulos y altura de planta, longitud de cáliz más corola y longitud de sépalo de *T. carlos-hankii*. Complementariamente se determinó una relación negativa entre número de óvulos y altitud y precipitación.

LITERATURA CITADA

- Amasino, R. 2010. Seasonal and developmental timing of flowering. *Plant Journal*. 61: 1001-1013.
- Benzing, D. H. 1990. Vascular Epiphytes. New York: Cambridge University Press.
- Benzing, D. H. 2000. Bromeliaceae. Profile of an adaptive radiation. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bonser, S. y L. Aarssen. 2009. Interpreting reproductive allometry: individual strategies of allocation explain size-dependent reproduction in plant populations. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematic*. 11: 31-40.
- Callaway, R. R., K. Moore, G. Moore y S. Pennings. 2002. Epiphyte host preferences and host traits: mechanisms for species-specific interactions. *Oecologia*. 132: 221-230.
- Carranza-Quiceno, J. A. y J. V. Estévez-Varón. 2008. Ecología de la polinización de Bromeliaceae en el dosel de los bosques neotropicales de montaña. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*. 12: 38-47.
- Cavaleiro, L., D. López y I. M. Barberis. 2009. Morphological variation of *Aechmea distichanta* (Bromeliaceae) in Chaco forest: habitat and size-related effects. *Plant Biology*. 11: 379-391.
- Cervantes, S. E., E. A. Graham y J. L. Andrade. 2005. Light microhabitats, growth and photosynthesis of an epiphytic bromeliad in a tropical dry forest. *Plant Ecology*. 179: 107-118.
- Cruz-Pacheco, G. V. 2011. Germinación de semillas de *Viridanthia* (Bromeliaceae). Informe de residencia profesional. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.
- Donnelly S. E., J. L. Crisp y W. A. Lonnie. 1998. Pollination in *Verbascum thapsus* (Scrophulariaceae): The advantage of being tall. *American Journal of Botany*. 85: 1618-1625.

- Ellison, A., H. Buckley, T. Miller y N. Gotelli. 2004. Morphological variation in *Sarracenia purpurea* (Sarraceae): geographic, environmental, and taxonomic correlates. *American Journal of Botany*. 91: 1930-1935.
- Espejo-Serna, A., A. R. López-Ferrari, I. Ramírez-Morillo, B. K. Holst, H. E. Luther y W. Till. 2004. Checklist of Mexican Bromeliaceae with notes on species distribution and levels of endemism. *Selbyana*. 25: 33-86.
- Espejo-Serna, A., A. R. López-Ferrari, N. Martínez-Correa y V.A. Pulido-Esparza. 2007. Bromeliad flora of Oaxaca, México: richness and distribution. *Acta Botánica Mexicana*. 81: 71-14.
- Fernández-Ríos, C. 2013. Variación fenotípica de caracteres reproductivos en *Tillandsia carlos-hankii* Matuda (Bromeliaceae), en la región de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. Tesis de maestría, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Franco, M. A. D. 2008. Diversidad de artrópodos presentes en *Tillandsia carlos-hankii* y *T. oaxacana*. Tesis de maestría. Centro interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional. México.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. Edición de la autora. México, D.F.
- Gómez, J. M. 2002. Generalización en las interacciones entre plantas y polinizadores. *Revista Chilena de Historia Natural*. 75: 105-116.
- Herrmann, M., J. Pust y R. Pott. 2006. The chemical composition of through fall beneath oak, birch and pine canopies in North West Germany. *Plant Ecology*. 184: 273-285.
- Herrera, C. 1993. Selection on floral morphology and environmental determinants of fecundity in a hawk moth-pollinated violet. *Ecological Monographs*. 63: 21-275.
- Hornung-Leoni L. y V.Sosa. 2006. Morphological variation in *Puya* (Bromeliaceae): an allometric study. *Plant Systematics and Evolution*. 256: 35-53.
- Ishii H. S. y S. I. Morinaga. 2005. Intra- and inter- plant correlations among floral traits in (Iridaceae). *Evolutionary Ecology*. 19: 435-448.
- Jhonson-Maynard, J. L., R. C. Graham, P. J. Shouse y S. A. Quideau. 2005. Desiccation and silicon biogeochemistry under pine and scrub oak monocultures: implications for weathering rates. *Geoderma*. 126: 353-365.
- Johansson, D. R. 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. *Acta Phytogeographica Suecica*. 59: 1-139.
- Jonas C. S. y M. A. Geber. 1999. Variation among population of *Clarkia unguilata* (Onagraceae) along altitudinal and latitudinal gradients. *American Journal of Botany*. 86: 333-343.
- Krömer, T., M. Kessler y S. K. Herzog. 2006. Distribution and flowering along two climatically contrasting elevation transects in the Bolivian Andes. *Biotropica*. 38: 183-195.
- Lauble S. y G. Zotz 2003. Which abiotic factors limit vegetative growth in a vascular epiphyte?. *Functional Ecology*. 17: 598-604.
- Liu, C. J., C. J. Westman, y H. Ilvesniemi. 2001. Matter and nutrient dynamics of pine (*Pinus tabulaeformis*) and oak (*Quercus variabilis*) litter in North China. *Silva Fennica*. 35: 3-13.
- Lopez-Ferrari R. A. y A. Espejo-Serna 2007. *Tillandsia Borealis* (Bromeliaceae) una nueva especie en el Norte de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 80: 63-71.
- Martínez, A. 1988. Diseños Experimentales: Métodos y elementos de teoría. Trillas, S.A. México, D.F.
- Merwin M., S. Rentmeester y N. Nadkarni. 2003. The influence of host tree species on the distribution of epiphytic bromeliads in experimental monospecific plantations, la selva, Costa Rica. *Biotropica*. 35: 37-47.
- Mondragón C. D. M., D. M. Villa-Guzmán D. M., G. J. Escobedo-Sarti y A. D. Franco-Méndez. 2006. La riqueza de bromelias epífitas a lo largo de un gradiente altitudinal en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, México. *Naturaleza y Desarrollo*. 4: 13-16.
- Mondragón, D., D. Villa-Guzmán. 2008. Estudio etnobotánico de las bromelias epífitas en la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji. *Polibotánica*. 26: 175-191.
- Mondragón, D. y I. G. Cruz. 2009. Presence of *Vaejovis franckei* in epiphytic bromeliads in three temperate forest types. *The Journal of Arachnology*. 37: 371-372.
- Nattero, J., A. N. Sersic y A. A. Cocucci. 2011. Geographic variation of floral traits in *Nicotiana glauca*: relationships with biotic and abiotic factors. *Acta Oecologica*. 30: 1-9.
- Palacios-Mosquera, Y. y D. Mondragón-Chaparro. 2012. Herbivory in *Tillandsia carlos-hankii* (Bromeliaceae) and the impact on reproductive success. 6th International Canopy Conference, CIIDIR-Oaxaca, Oaxaca, México.
- Romero-García, J. M. 2008. Meiofauna asociada al dosel de un bosque de pino-encino: un hábitat atípico. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, México.

- Santana, C. y C. Machado. 2010. Fenologia de floração e polinização de espécies ornitófilas de bromeliáceas em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, BA, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. 33: 469-477.
- Schlesinger, W. y P. Marks. 1977. Mineral cycling and the niche of spanish moss, *Tillandsia usneoides* L. *Botanical Society of America*. 64: 1254-1262.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana Nom-059. Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna Silvestre: Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio: Lista de especies en riesgo. Diario Oficial, México 31 de diciembre 2010.
- Servicio Meteorológico Nacional. 2012. <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/oax/NORMAL20040.TXT>, (consultado en septiembre, 2012).
- Smith, L. y J. Downs. 1977. Flora Neotropica. Tillandsioideae (Bromeliaceae). Monograph No. 14, Part 2. Hafner Press. New York, USA.
- Statistic, Analysis System (SAS). 1999. SAS Procedures guide. Versión 8. SAS Institute, Inc. Cary. NC. USA. 1643 p.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw-Hill Latinoamericana, A.C. Bogota, Colombia. 622 p.
- Texido A.L., M. Méndez y F. Valladares. 2011. Flower size and longevity influence florivory in the large-flowered shrub *Cistus ladanifer*. *Acta oecologica*. 37: 418-421.
- Tremblay, R. 1997. Morphological variance among population of three tropical Orchids whit restricted gene flor. *Plant Species Biology*. 12: 85-96.
- Turck, F., F. Fornara y G. Coupland. 2008. Regulation and identity of florigen: *Flowering Locus T* moves center stage. *Annual Review of Plant Biology*. 59: 573-594.
- Victoria, V.N. 2009. Distribución de epífitas vasculares a lo largo de un gradiente altitudinal en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, México. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral regional Unidad Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional.
- Worley, A. C., A. M. Baker, J. D. Thompson y S. C. H. Barrett. 2000. Floral display in *Narcissus*: Variation in flower size and number at the species, population, and individual levels. *International Journal Plant Science*. 161: 69-79.
- Xu-Hui, C., G. Yu-Bao, Z. Ting. Ting, Z. Min. Jie, C. Hua-Congy y S. Xiao-Yan. 2010. Morphological variation of *Carangana microphylla* populations in the Xilingol steppe and their relationship with environmental factors. *Acta Ecologica Sinica*. 30: 50-55.
- Zacarias-Eslava, Y. y R. del Castillo. 2010. Comunidades vegetales templadas de la Sierra Juárez, Oaxaca: pisos altitudinales y sus posibles implicaciones ante el cambio climático. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 87: 13-28.
- Zotz, G. 2005. Vascular epiphytes in the temperate zones a review. *Plant Ecology* 176, 173-183.
- Zotz, G. y R. Asshoff. 2010. Growth in epiphytic bromeliads: response to the relative supply of phosphorus and nitrogen. *Plant Biology*. 12: 108-113.

EFECTO DE LA COBERTURA ARBÓREA EN SISTEMAS DE CAFÉ ORGÁNICO EN EL SUR DE OAXACA¹

[EFFECT OF TREE SHADE IN ORGANIC COFFEE SYSTEMS IN SOUTHER OAXACA]

René Maldonado-Martínez, Gerardo Rodríguez-Ortiz[§], José Raymundo Enríquez-del Valle, José Cruz Carrillo-Rodríguez, María Isabel Pérez-León

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230. Tel. 01(951) 5170788. [§]Autor responsable (grodriguez.itvo@yahoo.com)

RESUMEN

La sombra que proporcionan los árboles al cultivo de café es importante en la cantidad y calidad de grano. El objetivo fue evaluar el efecto de la cobertura arbórea sobre la producción de café orgánico, presencia de plagas, enfermedades y malezas y características físicas de parcelas del sur de Oaxaca. Durante 2012 se estableció un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, usando unidades experimentales de 100 m². Las 27 parcelas se establecieron en tres rangos altitudinales y tres tipos de cobertura arbórea. En los sistemas se midió densidad, productividad de grano de café y otras variables analizadas estadísticamente. El rango altitudinal (841-1193 m) define a las parcelas como café de altura, usando sitios de fuerte pendiente, 1255-1400 cafetos ha⁻¹, 29-93 árboles ha⁻¹ y edad de plantación de 19-25 años. La cobertura arbórea no mostró efecto sobre la producción de grano ($P>0.1$). Alta densidad de sombra ($>75\%$) generó mayor acumulación de materia orgánica al suelo, alta susceptibilidad al ataque de broca (*Hypothenemus hampei*), roya (*Hemileia vastatrix*) y ojo de gallo (*Mycena citricolor*), y menor presencia de malezas. Las variedades de *Coffea arabica* más utilizadas fueron Typica (22%) y Caturra+Criollo (38%). La mezcla Mundo Novo+Typica (3195 kg ha⁻¹) y Criollo (906 kg ha⁻¹) fueron las más productivas.

Palabras clave: *Coffea arabica*, árboles sombra, plagas y enfermedades, rango altitudinal.

ABSTRACT

The shade that the trees provide to coffee crop is important in quantity and quality of grain. The objective was to evaluate the effect of tree cover on the organic coffee production, presence of pests, diseases and weeds and other physics characteristics in plots of southern Oaxaca. During 2012, a completely randomized design with three replications was established, using experimental units of 100 m². Twenty seven plots were carried out at three altitudinal ranges and three types of tree cover. In the coffee systems were measured, density, coffee-grain productivity and other variables analyzed statistically. The altitudinal range (841-1193 m) defines the systems like coffee-high production, using high slope, 1255-1400 coffee-tree ha⁻¹, 29-93 trees ha⁻¹, and plantation age of 19-25 years. Three cover showed no effect over grain production ($P>0.1$). Dense shade tree ($>75\%$) generated greater accumulation of soil organic matter, high susceptibility to coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*), coffee rust (*Hemileia vastatrix*) and leaf-spot fungi (*Mycena citricolor*), and lower presence of weeds. The *Coffea arabica* varieties more frequently were Typica (22%) and Caturra+Criollo (38%). The mixture Novo+Typica (3195 kg ha⁻¹) and Criollo (906 kg ha⁻¹) were the most productive.

Index words: *Coffea arabica*, shade trees, pests and diseases, altitudinal elevation.

INTRODUCCIÓN

En años recientes se ha resaltado la producción de café bajo sombra como generador de bienes y servicios múltiples como, reductor de contaminantes (captura de carbono), generador de empleos para la sociedad, mejorador de la calidad de producción y así mismo, conservador del medio ambiente (Anta, 2006; Rosas *et al.*, 2008; Rainforest Alliance, 2009; Hernández-Vásquez *et al.*, 2012). La cobertura arbórea es uno de los factores que influye de manera importante

en la productividad de café, ya que es un factor independiente de la calidad de sitio, aporta materia orgánica, evita la erosión de suelo, regula la cantidad de la luz penetrante, controla plagas y enfermedades e influye en la producción de grano de café (Beer *et al.*, 2003; Aguirre y Carlos, 2011).

Las condiciones sub-óptimas de la cobertura arbórea ayudan a reducir las oscilaciones y la magnitud de la temperatura foliar de los cafetos (Van-Kante *et al.*, 2004). Es importante señalar que los árboles de sombra dan un resultado positivo en la productividad de café, dependiendo del tipo de especie que se utilice y el manejo de los árboles (DaMatta *et al.*, 2008). Son pocos los trabajos enfocados en la influencia de las diferentes especies de árboles de sombra sobre la producción, rendimiento y calidad de fruto y grano. Estudios referentes a evaluar la calidad de sombra han determinado niveles de cobertura arbórea alta (>75 %), media (75-46 %) y baja (<46 %) (Moraga *et al.*, 2011). Este manejo conlleva un aumento de la producción, calidad y rendimiento de café, ya que las copas de los árboles pueden afectar la producción de frutos y aumentar plagas y enfermedades (Geel *et al.*, 2005; Juárez, 2007).

La comunidad de San Baltazar Loxicha es una zona marginada del estado de Oaxaca que se dedica a la producción de café orgánico bajo un sistema rústico, es decir, un conjunto de especies asociadas, por lo que es necesario evaluar la estructura arbórea de los árboles, sus características y el manejo de los cafetos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la cobertura arbórea a diferentes altitudes sobre la producción de café orgánico, presencia de plagas, enfermedades y malezas, y otras características físicas en parcelas de San Baltazar, Loxicha, Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Las parcelas de café se localizan en la comunidad de San Baltazar Loxicha, Pochutla, de la región Sierra Sur de Oaxaca. Los sitios de muestreo se establecieron durante 2012 entre los 16° 5' LN y 96° 47' LO a una altitud promedio de 1010 m en clima cálido; estas características lo catalogan como café de altura. Todas las parcelas involucradas en este estudio pertenecen al Consejo Estatal del Café (CECAFÉ) del estado de Oaxaca y los sistemas están basados en producción orgánica del grano.

Establecimiento de parcelas experimentales

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio empleando como unidad experimental (UE) parcelas cuadradas de 100 m². Los nueve tratamientos con tres repeticiones, se conformaron localizando parcelas en tres rangos altitudinales: (1139-1296 m, zona alta; 982-1139 m, zona media; y 826-982 m, zona baja) y tres distintos tipos de cobertura arbórea. Los niveles de cobertura arbórea (alta, media y baja) fueron determinados mediante observación visual y medición del diámetro de copa de los árboles (DC, m) (área de copa, AC = $(\pi/4) \times DC^2$). La cobertura arbórea densa contempla parcelas con sobreposición de copas (AC = >75%); cobertura arbórea media sin sobreposición de copas (AC = 46-75%) y; cobertura baja con árboles totalmente aislados (DC < 46%).

Las parcelas fueron delimitadas con rafia y en su interior se formó una cuadrícula de 100 m² con fin de facilitar la toma de datos. Las 27 UE se caracterizaron de forma general (nombre del productor, localización geográfica con GPS, pendiente (%), exposición y altitud). En las plantas de café se consideraron las siguientes variables: altura total mayor de 50 cm (ATC, m), diámetro de pie (DPC, cm), diámetro de copa (DCC, m), número de ramas, número de entrenudos y cantidad de frutos, peso verde con/sin cáscara del fruto (g), peso seco del grano de café (g), edad de la planta (años), variedad y estado fitosanitario (obteniendo la proporción de plantas plagadas/enfermas por parcela). Las variables medidas en los árboles que generan la sombra fueron: diámetro normal (DNA, cm), altura total (ATA, m), diámetro de copa (DCA, m) y especie.

La materia orgánica (hojarasca) en el suelo se determinó por medio de un marco de madera de 50x50 cm, que se seleccionó tres veces de forma aleatoria en cada parcela; el valor se determinó considerando el porcentaje cubierto por materia orgánica de cada cuadro. La presencia de malezas o hierbas (%) se determinó de manera visual, asignando un porcentaje a la densidad de las mismas observadas por cuadrante.

Análisis de la información

Las variables medidas se conformaron en una base de datos. Se realizaron pruebas de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk, $P > 0.13$) y de homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett, $P > 0.2$) a los datos en porcentaje, análisis de varianza (procedimiento GLM) y separación de medias (Tukey, 0.05). Además, se determinaron estadísticos básicos por tratamiento y variedad (Procedimiento MEANS). Todos los análisis estadísticos fueron realizados en SAS (SAS Institute Inc., 2004).

RESULTADOS

Efecto de la cobertura arbórea

La altitud de las parcelas de café evaluadas (826 a 1296 m) las cataloga como sistemas de producción de altura, mostrando esta variable el mismo nivel de altitud ($P = 0.82$) en los niveles de cobertura arbórea evaluados con un promedio de 1064 m. Similarmente, la pendiente entre dichas parcelas tuvo el mismo comportamiento ($P = 0.45$), mostrando un promedio de 27%. La mayor variabilidad en la pendiente se encontró en las parcelas con alta y baja densidad arbórea (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características generales, plagas y enfermedades de parcelas de café con diferente intensidad de sombra en San Baltazar Loxicha, Oaxaca.

Variable	Prob.	Densidad de sombra (%)		
		Alta (>75)	Media (46-75)	Baja (< 46)
Pendiente (%)	0.4510	33.5 $\pm$ 20.8 a	21.2 $\pm$ 11.5 a	25.0 $\pm$ 18.8 a
Materia orgánica (%)	0.0001	65.0 $\pm$ 15.8 a	38.3 $\pm$ 5.0 b	22.2 $\pm$ 9.3 c
Altitud (m)	0.8280	1074.0 $\pm$ 166.0 a	1086.0 $\pm$ 171.0 a	1031.0 $\pm$ 171.0 a
Broca (%) [†]	0.0360	8.0 $\pm$ 4.1 a	5.3 $\pm$ 5.9 ab	1.1 $\pm$ 1.4 b
Roya (%) ^{††}	0.0007	18.5 $\pm$ 7.1 a	12.8 $\pm$ 9.7 a	2.4 $\pm$ 3.8 b
Ojo de gallo (%) [§]	0.0003	54.8 $\pm$ 20.2 a	50.0 $\pm$ 5.9 a	19.8 $\pm$ 11.9 b
Maleza (%)	0.0001	19.6 $\pm$ 8.6 c	56.0 $\pm$ 21.0 b	94.1 $\pm$ 3.8 a

Literales diferentes en filas indican diferencia estadística significativa (Tukey, 0.05). La media se acompaña de $\pm$ desviación estándar. [†]*Hypothenemus hampei* (Ferrari), ^{††}*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome, [§]*Mycena citricolor* (Berk. & Curt.) Sacc.

Todas las variables que se refieren a la presencia de materia orgánica en el suelo, plagas y enfermedades y malezas mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.03$) entre los niveles de cobertura arbórea. Parcelas con alta intensidad de sombra (>75%) tuvieron mayores niveles de materia orgánica en el suelo, broca, roya y ojo de gallo; sin embargo, mostraron la menor presencia de malezas. La broca (*Hypothenemus hampei* Ferrari) presentó una mayor incidencia en las parcelas con alta cobertura arbórea (8%), disminuyendo su presencia (1.1%) en las parcelas de baja densidad arbórea. La mayor variabilidad de la presencia de broca se presentó en los sitios de media y alta cobertura de sombra. El mismo comportamiento mostró la presencia de roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome) y ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk. & Curt. Sacc.). Por otro lado, la presencia de malezas fue superior ($P = 0.0001$) en las parcelas con baja cobertura arbórea (Cuadro 1).

La densidad de árboles sombra fue la única variable que mostró diferencias estadísticas entre los niveles de cobertura ($P = 0.0001$), variando entre 29 y 93 árboles ha⁻¹ para la intensidad baja y alta, respectivamente. Todas las demás variables de productividad evaluadas fueron similares ($P \geq 0.17$) entre las intensidades de cobertura arbórea. Las parcelas de café orgánico de San Baltazar Loxicha se caracterizan por presentar una densidad de cafetos de 1255-1400 plantas ha⁻¹, edades entre 19 y 25 años. El peso verde de un grano de café fue de 1.07 g y 0.34 g de peso promedio de la cáscara; el peso seco promedio de un grano de café es de 0.49 g, generando una producción de 6.73 kg/unidad experimental y 678 kg ha⁻¹. Normalmente, los cafecultores comercializan su producción en quintales (Qq) (Qq = 57.5 kg), por lo que el valor de la producción corresponde a 11.8 Qq ha⁻¹. La mayor variabilidad se encontró en las parcelas de intensidad arbórea media, en donde las variables PSGP y PSGH mostraron una desviación estándar superior a la media (Cuadro 2).

Rendimiento de variedades

Las parcelas de café orgánico de San Baltazar Loxicha contienen cinco variedades de *Coffea arabica*: la mayor frecuencia fue Typica (22%), Caturra y Criollo (19% c/u), en menor proporción están presentes Mundo Novo Bourbon y las mezclas de dos o tres variedades por parcela. Las variedades que mostraron la mayor producción de grano fue la mezcla Mundo Novo-Typica con 3195 kg ha⁻¹, con una densidad de 1200 cafetos ha⁻¹ y 45 árboles ha⁻¹ (cobertura media). La edad promedio de los cafetos fue de 20 años y las parcelas contienen 40% de materia orgánica, pendiente 25 % y la mayor altitud encontrada (1280 m) (Cuadro 3).

Cuadro 2. Productividad de parcelas de café con diferente intensidad de sombra en San Baltazar Loxicha, Oaxaca.

Variable	Significancia	Densidad de sombra (%)		
		Alta (>75)	Media (46-75)	Baja (<46)
Cafetos ha ⁻¹	0.8430	1400.0 ± 269.0 a	1356.0 ± 406.0 a	1255.0 ± 229.0 a
Árboles ha ⁻¹	0.0001	93.0 ± 5.0 a	51.0 ± 6.0 b	29.0 ± 3.0 c
Edad (años)	0.1720	19.0 ± 5.0 a	25.0 ± 9.0 a	21.0 ± 5.0 a
PVCCG (g)	0.2110	1.1 ± 0.1 a	1.0 ± 0.1 a	1.1 ± 0.5 a
PVSCG (g)	0.2640	0.7 ± 0.1 a	0.7 ± 0.1 a	0.7 ± 0.1 a
PSPRG (g)	0.5460	0.4 ± 0.1 a	0.4 ± 0.1 a	0.5 ± 0.1 a
PSGP (kg/parc)	0.5710	8.5 ± 8.1 a	8.1 ± 9.3 a	3.6 ± 2.0 a
PSGH (kg ha ⁻¹)	0.5700	852.6 ± 812.0 a	812.9 ± 929.1 a	369.0 ± 202.3 a

Letras distintas en filas indican diferencia estadística significativa (Tukey, 0.05). La media se acompaña de ± desviación estándar. PVCCG = Peso verde promedio (cáscara+grano); PVSCG = Peso verde promedio (grano); PSPRG = Peso seco promedio (grano); PSGP = Peso seco de granos por parcela; PSGH = Peso seco de granos por hectárea.

La variedad Criolla obtuvo la segunda mejor producción de granos con alta variabilidad mostrada en su desviación estándar (906 ± 1032 kg ha⁻¹) con una mayor densidad de cafetos y menor cobertura arbórea que la mezcla Mundo Novo-Typica (Cuadro 3). La mezcla Caturra-Bourbon fue la de menor producción de granos (32 kg ha⁻¹) a pesar que la densidad de cafetos es similar a los más productivos, pero la cobertura arbórea fue la más densa (95 árboles ha⁻¹).

Cuadro 3. Características de las variedades de café orgánico utilizadas en las parcelas de San Baltazar Loxicha, Oaxaca.

Variedad	Pendiente (%)	Materia orgánica (%)	Altitud (m)	Densidad (cafetos ha ⁻¹)	Densidad (árboles ha ⁻¹)	Edad de plantación (años)	Peso seco de grano (kg ha ⁻¹)
B	26 ± 24	38 ± 17	929 ± 79	1200 ± 0	58 ± 38	19 ± 1	682 ± 258
B+T	16 ± 2	53 ± 38	1004 ± 24	1850 ± 636	70 ± 35	29 ± 20	434 ± 182
C	25 ± 15	36 ± 27	1193 ± 117	1300 ± 316	45 ± 28	20 ± 6	446 ± 224
C+B [†]	38	50	1295	1200	95	16	32
C+CR	24 ± 5	60 ± 28	993 ± 102	1350 ± 353	73 ± 38	20 ± 0	414 ± 382
CR	31 ± 19	36 ± 20	1057 ± 204	1240 ± 181	58 ± 32	24 ± 4	906 ± 1032
MN+T [†]	25	40	1280	1200	45	20	3195
T	19 ± 11	44 ± 21	1073 ± 149	1400 ± 357	51 ± 21	26 ± 6	495 ± 291
T+CR	64 ± 32	38 ± 17	841 ± 20	1200 ± 0	65 ± 42	14 ± 2	798 ± 949
T+CR+MN [†]	26	40	924	1400	60	20	694

[†]Variedades existentes en una sola parcela. La media se acompaña de ± desviación estándar. B = Bourbon; T = Typica; C = Caturra; CR = Criollo; MN= Mundo novo.

El rango altitudinal de las parcelas (841-1193 m) las cataloga como café de altura, prefiriéndose la plantación de cafetos en exposiciones suroeste y noroeste y en menor proporción la cenital (Figura 1a). Las parcelas se ubican en los sitios indistintamente de su altitud y exposición ($P = 0.12$), lo cual se ve reflejado en los niveles similares de producción de grano de café ($P = 0.8$) entre los sitios localizados a diferente exposición, siendo las parcelas ubicadas al noroeste las de mayor variabilidad (Figura 1b).

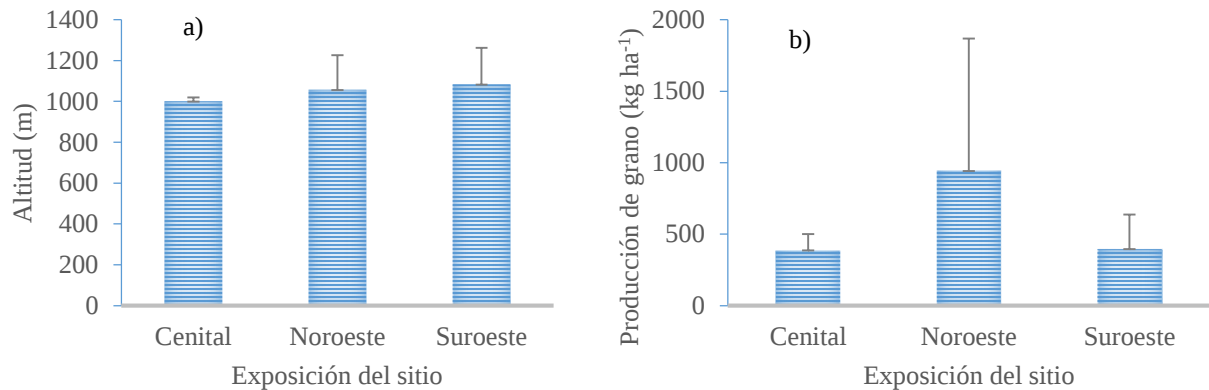


Figura 1. Altitud (a) y producción de grano de café (b) por exposición del sitio en parcelas de San Baltazar Loxicha, Oaxaca. Barras verticales en columnas representan la desviación estándar.

DISCUSIÓN

La producción de café bajo sombra en México se encuentra en terrenos accidentados en un conjunto de especies asociadas en densidades distintas, múltiples estratos y coberturas arbóreas con diferentes arreglos dependiendo del clima, humedad, suelo y otros factores (Rosas *et al.*, 2008). Estas condiciones son similares a las existentes en las parcelas de producción de café orgánico de San Baltazar Loxicha.

La variable altitud no influyó en la producción de granos de café, ya que el rango altitudinal no presentó alta variabilidad (841-1193 m); además, las parcelas de café se localizan por lo general en exposiciones noroeste y suroeste y con alta variabilidad en pendiente, que al combinarse con esos niveles de altitud, generan condiciones frescas y de humedad homogénea en los sitios. Fischersworing y Rosbkamp (2001) y Lara-Estrada (2005) mencionan que el café producido en rango altitudinal de 400 a 2000 m, genera una variabilidad en la productividad del cafeto, la cual no fue evidente en el sitio de estudio. Con base en las observaciones de campo, el periodo de maduración de café es más prolongado en exposiciones suroeste que noroeste, donde este es más corto. Con excepción de la densidad de árboles sombra, todas las variables evaluadas para medir la productividad de las parcelas de café fueron similares entre los grados de cobertura arbórea evaluados (Van-Kante *et al.*, 2004). Localizar el sitio de establecimiento de una parcela (exposiciones suroeste, noroeste y cenital) y su grado de pendiente es indiferente en ese rango estrecho de altitud (UACH, 2005).

La productividad de café, medida en peso fresco y seco de granos, así como la homogeneidad en edad de la plantación, resultó no significativa entre los niveles de cobertura arbórea evaluados. Probablemente, esto se deba a las condiciones de manejo similares de los cafetos (SMBC, 2003; Juárez, 2007). Complementando este resultado, en los recorridos al campo se observó que los cafetos producen solamente en la parte media y alta de la copa, lo cual se puede modificar cuando se presentan más de dos ramificaciones de la planta a baja altura; esto sin duda repercute en la cantidad y calidad de grano producido como consecuencia del manejo (DaMatta *et al.*, 2008; Lara-Estrada, 2005; Moraga *et al.*, 2011).

A pesar que la cobertura arbórea densa y media mostraron valores similares en producción de grano seco (852.6 y 812.9 kg ha⁻¹, respectivamente) y que éstas fueron diferentes a las encontradas en zonas con cobertura baja (369 kg ha⁻¹), el análisis de varianza no detectó diferencias entre los mismos. El problema podría estar sucediendo debido a la alta

variabilidad encontrada (desviación estándar superior a la media) que genera un problema de inflación de varianzas, no permitiendo la diferenciación de grupos (Montgomery, 2001). Estas diferencias que debieron detectarse se sustentan en una mayor presencia de materia orgánica acumulada en la superficie del suelo (65%), alta densidad de árboles sombra y mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades para las parcelas con alta densidad de sombra, donde la presencia de malezas fue menor (Van-Kante *et al.*, 2004).

Cerdán (2007) afirma que los árboles aportan ciertos beneficios al suelo, en específico modifican la productividad de café alterando ciertos elementos para su crecimiento, desarrollo y la cantidad y tamaño del grano de café, entre otros. También coincide con lo investigado por Beer *et al.* (2003), quienes dicen que las especies arbóreas aportan diferentes porcentajes de materia orgánica dependiendo la densidad de los árboles. Los dos tipos de cobertura arbórea, alta y media presentaron una semejanza en el comportamiento de plagas y enfermedades, detectando una mayor incidencia en el nivel bajo de cobertura. Esto necesariamente repercutirá en la calidad del grano, pues se generan manchas y picaduras, que para fines de producción, representa una pérdida en el precio del producto, pues no cumple con las características físicas y organolépticas que pide el mercado (Villaseñor, 1987; Barrios *et al.*, 1998; Marín *et al.*, 2003; Wart *et al.*, 2006).

La baja cobertura arbórea genera que la planta de cafeto se encuentre en plena exposición de los rayos solares; situación que origina estrés hídrico, competencia por nutrientes en el suelo por mayor diversidad de malezas (cobertura baja: 94.11%), aumento de labor por limpieza del cafetal, mayor erosión, pérdida de humedad, alteración de la tolerancia de la variedad de café, entre otros (Sosa *et al.*, 2004; Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal, Pesca y Acuicultura, 2013).

De las cinco variedades de *Coffea arabica* encontradas en las parcelas bajo estudio, la mezcla Mundo Novo-Typica fue la más productiva (3195 kg ha⁻¹), seguida de la variedad Criollo (906 kg ha⁻¹). Solís (2007) afirma que estas variedades son de porte alto, pudiendo producir en promedio 4 a 6 kg/planta la variedad Typica (Criollo), y la variedad Mundo Novo de 10 a 12 kg/planta. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos establecidos por Solís (2007).

Por otro lado, las variedades Caturra-Bourbon (32 kg ha⁻¹) fueron de menor producción por ser originarias de África, son de alta calidad y provienen de la mutación Typica, que produce de 6 a 8 kg/planta. La variedad Caturra originaria de Brasil de porte bajo y con altos rendimientos, es mutación de Bourbon que produce de 8 a 10 kg/planta (Asociación Nacional del Café, 2013). Es importante notar que estas variedades reducen sensiblemente su productividad ante una alta densidad de árboles (Asociación Nacional del Café, 2013) y que probablemente no pudieron expresar su potencial de crecimiento debido a las condiciones diferentes existentes en las parcelas de San Baltazar Loxicha. En general, las variedades que producen mayor cantidad de granos son de porte alto, resistentes a plagas y enfermedades, soportan temperatura, humedad, deficiencias nutricionales en suelo, alta densidad de sombra, entre otros; caso contrario sucede con las variedades de porte bajo (SMBC, 2003).

CONCLUSIONES

Las parcelas agroforestales de café orgánico de San Baltazar Loxicha se caracterizan como un sistema de producción de café de altura, distribuyéndose en rango estrecho de altitud (841-1193 m), pendiente con alta variabilidad (19-64%) y preferentemente localizadas en exposiciones suroeste y noroeste. La combinación de estas condiciones homogeniza las condiciones de los sitios de plantación, que aunados a la falta de manejo de las parcelas, no permitieron diferenciar la productividad en los niveles de cobertura arbórea evaluada.

Parcelas con cobertura de sombra densa (>75%) generan mayores acumulaciones de materia orgánica al suelo (65%) y alta susceptibilidad al ataque de broca (*Hypothenemus hampei*, 8%), roya (*Hemileia vastatrix*, 19%) y ojo de gallo (*Mycena citricolor*, 55%); sin embargo, este nivel de sombra mostró menor presencia de malezas. La comunidad estudiada utiliza cinco variedades de *Coffea arabica* en diferentes combinaciones, siendo las más comunes Typica (22%) y Caturra+Criollo (38%). La mezcla Mundo Novo+Typica fue la de mayor producción de grano (3195 kg ha⁻¹), seguida de la variedad Criollo (906 kg ha⁻¹) y las variedades Caturra+Bourbon con el menor rendimiento (32 kg ha⁻¹).

LITERATURA CITADA

- Aguirre, S. y A. Carlos. 2011. Mapeo del índice de área foliar y cobertura arbórea mediante fotografía hemisférica y SPOT 5 HRG. Datos 45 (1):105-119.
- Anta, F., S. 2006. El café de sombra: un ejemplo de pago de servicios ambientales para proteger la biodiversidad. Gaceta Ecológica 80:19-31.
- Asociación Nacional del Café. 2013. Disponible en: http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Variedades_de_cafe#Bourbón (Consultado: marzo 2013).
- Barrios, A.W., C. F. Ovalle de la V., R. R. Dávila J., R. A Valdez I., M. G. Solís G. y C. R. Muñoz. 1998. Beneficiado húmedo y su control de calidad. In: Manual de Caficultura. ANACAFE. Ciudad de Guatemala. Guatemala. pp. 229-259.
- Beer, J., C. Harvey, M. Ibrahim, J. Harman, E. Somarriba y F. Jiménez. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. Agroforestería en las Américas 10(37):37-28.
- Cerdán, C. 2007. Conocimiento local sobre servicios ecosistémicos de cafeticultores del Corredor Biológico Volcánica Central Talamancan. Tesis de Licenciatura. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 81 p.
- DaMatta, F., P. Ronchi y R. Barros. 2008. Ecophysiology of coffee growth and production. Plant Physiology 19(4):485-510.
- Fischerswöring, B. y R. Rosbkamp. 2001. Guía para la caficultura ecológica. 3ª ed. Lima, Perú. pp. 134-153.
- Geel, L., M. Kinnear y H. Kock. 2005. Relating consumer preferences to sensory attributes of instant coffee food quality and preference. Island Press. Washington, USA. pp. 237-244.
- Hernández-Vásquez, E., G. V. Campos-Ángeles, J. R. Enríquez-del Valle, G. Rodríguez-Ortiz y V. A. Velasco-Velasco. 2012. Captura de carbono por *Inga jinicuil* Schltdl. en un sistema agroforestal de café bajo sombra. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 3(9): 11-22.
- Juárez, N. A. 2007. Análisis comparativo entre grandes y pequeñas fincas cafetaleras en la región de Huatusco y Coatepec. Tesis Profesional. Facultad de Economía, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 144 p.
- Lara-Estrada, L. D. 2005. Efecto de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L. var. Caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua. Tesis Profesional, CATIE, Costa Rica. 92 p.
- Marín, L., S. M., P. J. Arcila, E. C. Montoya R. y C. E. Oliveros T. 2003. Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L. var. Colombia). Cenicafé 54(3): 208-2003.
- Montgomery, D.C. 2001. Design and analysis of experiments. 5th edition. John Wiley & Sons, Inc. USA. 684 p.
- Moraga, Q. P., R. B. Taleno., M. Pilz., R. M. Hernández, J. P. Alfredo., M. Barrios, J. Haggard y W. G. Moya. 2011. Árboles de sombra e intensidad del cultivo afectan el rendimiento de café (*Coffea arabica* L.) y la valoración ecológica en Masatepe, Nicaragua. Revista Agroforestería en las Américas 11(17): 41- 47.
- Rainforest Alliance. 2009. Lineamientos para el diseño de proyectos de carbono en cafetales usando la metodología agroforestal simplificada. El Fondo de Innovación de la Corporación Financiera Internacional, un miembro del Grupo del Banco Mundial. Disponible en: <http://www.rainforest-alliance> (Consultado: abril 2013).
- Rosas, A. J., P. E. Escamilla y R. O. Ruiz. 2008. Relación de los nutrientes del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. Terra Latinoamericana 26(4): 375-384.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.1 User's guide. SAS Institute, Cary, N.C. USA. 4979 p.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal, Pesca y Acuicultura. 2013. Disponible en: <http://www.sedafp.oaxaca.gob.mx/noticias05022013.html> (Consultado: febrero 2013).
- SMBC. 2003. Manual de café bajo sombra. Smithsonian Migratory Bird Center. National Zoological Park. Washington, D.C. USA. pp. 36-64.
- Solís, H., C. 2007. Etapas fenológicas de 28 variedades de café en condiciones de semillero. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 69 p.
- Sosa, M. L., P. E. Escamilla y C. S. Díaz. 2004. Organic coffee. Coffee: growing processing, sustainable production. A guide book for growers, processors, traders and researchers. Wiley-VCH Verlag KGaA. Weinheim, Germany. pp. 339-354.
- UACH. 2005. Acciones de fomento productivo y mejoramiento de la calidad del café en México. Evaluación Nacional Externa. Universidad Autónoma Chapingo (CRUO-CENIDERCAFE). SAGARPA. Consejo Mexicano del Café. Huatusco, Veracruz. México. 104 p.
- Van-Kante, J. Beer, G. Schroth y P. Vaast. 2004. Interacciones competitivas entre *Coffea arabica* y árboles maderables de rápido crecimiento en Pérez Zeledón, Costa Rica. Tecni-Libros. Costa Rica. 135 p.
- Villaseñor, A. 1987. Caficultura moderna en México. Agro comunicación Sáenz Colín y Asociados. Texcoco, México. pp. 327-340.

Wart, Z., J. M. Rojo., J. De la Cruz y N. Yeumans. 2006. Coberturas y la salud del suelo. Universidad Earth. Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica. Pp. 12-19.

DOSIS DE FERTIRRIEGO DURANTE LA ACLIMATIZACIÓN DE PLANTAS DE *Agave americana* MICROPROPAGADAS¹

[FERTI-IRRIGATION DOSE DURING ACCLIMATIZATION OF MICROPROPAGATED *Agave americana* PLANTS]

Rosalba Pérez-Santiago, José Raymundo Enríquez-del Valle[§], Ernesto Castañeda-Hidalgo, Vicente Arturo Velasco-Velasco, Gerardo Rodríguez-Ortiz, Gisela Virginia Campos-Ángeles

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230. Tel. 01(951) 5170788. [§]Autor responsable (jenriquezdelvalle@yahoo.com)

RESUMEN

Agave americana var. *oaxacensis* se usa para producir una bebida destilada denominada mezcal. La especie se cultiva en pequeñas extensiones que no abastecen la demanda, por lo que agricultores magueyeros están interesados en propagar y establecer plantaciones de esta especie. El objetivo fue evaluar durante 12 semanas, de mayo a julio del 2012, bajo condiciones de invernadero, la aclimatación de plantas de *A. americana* var. *oaxacensis* micropropagadas y fertirrigadas con soluciones nutritivas a concentraciones diferentes de nutrimentos de la solución Steiner. Se ha realizado la propagación *in vitro* de esta especie y debido a que en un esquema de micropropagación, la etapa de aclimatación afecta la sobrevivencia y calidad de las plantas, en este trabajo se propuso evaluar la aplicación de fertirriego a las plantas durante su aclimatación. Noventa plantas de *A. americana* micropropagadas, que tenían en promedio de 13 a 15 cm de altura y de 5 a 6 hojas, se transfirieron de *in vitro* a macetas con sustrato de perlita. El total de plantas se separó en seis grupos para aplicarles diariamente durante 84 días diferentes diluciones de la solución nutritiva Steiner (5, 20, 40, 60, 80 y 100%). Al término de esta etapa los resultados mostraron que conforme las plantas se fertirrigaron con concentraciones cada vez mayores de nutrimentos, estas fueron más grandes, de tal manera que las plantas fertirrigadas a 5% y las plantas fertirrigadas al 100% de concentración de nutrimentos tuvieron 10.0 y 14.2 cm de altura, 3.7 y 6.4 hojas, el tallo de 1.3 y 1.9 de diámetro, su raíz de 2.5 y 5.6 cm³ de volumen, respectivamente.

Palabras clave: *Agave americana*, aclimatación, fertirrigación, micropropagación.

ABSTRACT

Agave americana var. *oaxacensis* is used to produce a distilled liquor called mescal. The species is grown in small areas that do not supply the demand, and so, the maguey farmers are interested in propagate plants and plantations of this species. The objective was to evaluate during 12 weeks, from May to July 2012, under greenhouse conditions, the acclimatization of micropropagated *A. americana* var. *oaxacensis* plants and fertigated with nutrient solutions at different concentrations of the Steiner's nutrient solution. The *in vitro* propagation of this species has been done and because the acclimatization stage affects survival and quality of plants in a micropropagation scheme, the goal of this work was to evaluate the application of fertigation to plants during their acclimatization. Ninety micropropagated *A. americana* plants which had an average of 13 to 15 cm height and 5 to 6 leaves were transferred from *in vitro* to pots with perlite substrate. The total of plants were separated into six groups to apply them daily for 84 days different dilutions of the Steiner's nutrient solution (5, 20, 40, 60, 80 and 100%). At the end of this stage, the results showed that as the plants were fertigated with increasing concentrations of nutrients, these were larger, and so the plants fertigated at 5% and the plants fertigated at 100% of nutrient concentration achieved 10.0 and 14.2 cm height, 3.7 and 6.4 leaves, 1.3 and 1.9 cm of stem diameter, the roots had 2.5 and 5.6 cm³ in volume, respectively.

Index words: *Agave americana*, acclimatization, fertigation, micropropagation.

INTRODUCCIÓN

En el continente Americano existen alrededor de 166 especies de agave. En el territorio mexicano, las poblaciones rurales usan diferentes especies de *Agave* con fines diversos y en Oaxaca, México, un uso muy arraigado es el mezcal. Éste se obtiene de la fermentación y destilación del líquido concentrado de los azúcares de la piña (tallo y base de las hojas) de la planta (Valenzuela, 2006).

Para la producción de mezcal, las especies de maguey que más se usan son *A. angustifolia*, *A. potatorum*, *A. karwinskii* y *A. americana*. La primer especie es ampliamente propagada y cultivada, mientras que las otras especies son poco cultivadas o silvestres, recolectadas particularmente en los bosques de pino-encino, selva baja caducifolia y pastizales de las regiones templadas y áridas (Pérez, 1998). En Oaxaca, el *A. americana* var. *oaxacensis* se cultiva en pequeñas extensiones y se establece en límites de terrenos, particularmente en el distrito de Ocotlán y la Sierra Sur del estado. Su tallo es de mayor tamaño y contiene cantidades similares de azúcares que *A. angustifolia* (Valenzuela, 2006). Agricultores magueyeros de Oaxaca están interesados en propagar y establecer plantaciones de especies de agaves diferentes al maguey espadín (*A. angustifolia*), por considerar que el mezcal que se produciría con materia prima de otras especies ayudaría a diferenciar su producto, que tendría mayor valor comercial.

El cultivo de tejidos vegetales se ha usado como una alternativa para propagar asexualmente diversas especies de agaves: *A. tequilana*, *A. fourcroydes*, *A. arizonica* y *A. angustifolia*. De esta última se tienen datos de su propagación *in vitro*, de la aclimatización durante 70 días en invernadero de las plantas obtenidas y del crecimiento de éstas durante más de un año en vivero. Se ha demostrado la importancia del tipo de sustrato y el abastecimiento de nutrimentos en su efecto sobre el crecimiento y calidad de las plantas al final de la etapa de aclimatización (Enríquez-del Valle *et al.*, 2000; Enríquez-del Valle *et al.*, 2012). La metodología desarrollada para *A. angustifolia* se está aplicando en *A. americana* var. *oaxacensis*. En las plantas que se obtienen *in vitro*, interesa evaluar su aclimatización y crecimiento inicial en invernadero bajo el efecto de diferentes dosis del abastecimiento de nutrimentos, con la finalidad de lograr que la mayor cantidad de plantas sobreviva al finalizar esta etapa, y también que los individuos sean de calidad al ser trasplantados a suelo.

Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar durante 12 semanas bajo condiciones de invernadero la aclimatización de plantas de *Agave americana* var. *oaxacensis* micropropagadas y fertirrigadas con soluciones nutritivas a diferentes concentraciones de nutrimentos de la solución Steiner (1984).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante los meses de mayo a julio 2012, en las instalaciones del laboratorio de micropropagación del Instituto tecnológico del Valle de Oaxaca, ubicado en los Valles Centrales de Oaxaca. Brotes adventicios de *A. americana* var. *oaxacensis* se obtuvieron *in vitro* a partir de tejidos de tallo que se establecieron en un medio de cultivo preparado con agua destilada, las sales minerales de Murashige y Skoog (1962), 30 g L⁻¹ de sacarosa, 0.4 mg L⁻¹ de tiamina, 100 mg L⁻¹ de myo-inositol, 1 mg L⁻¹ de benziladenina (BA). El pH del medio de cultivo se ajustó a 5.8 antes de agregar 5.4 g L⁻¹ de agar. Los cultivos se mantuvieron durante ocho semanas en condiciones de incubación de 18-28 °C, iluminación fluorescente blanca a 100 µmol m⁻² s⁻¹ de flujo de fotones fotosintéticos en fotoperiodos de 16 h y 8 h de oscuridad.

Posteriormente, en los grupos de brotes que se formaron en cada explanto se seleccionaron aquellos que tenían de 13 a 15 cm y para inducir su enraizado, se separaron individualmente, transfiriéndose a recipientes de vidrio de 160 cm³ que contenían 20 mL de medio de cultivo con consistencia de gel, preparado con las sales inorgánicas MS a 75% de concentración de nutrimentos 30 g L⁻¹ de sacarosa, 0.4 mg L⁻¹ de tiamina, 100 mg L⁻¹ de myo-inositol y 1 mg L⁻¹ de ácido indol-butírico (AIB). El pH del medio de cultivo se ajustó a 5.8 antes de agregar 5.4 g L⁻¹ de agar. Los cultivos se llevaron al cuarto de incubación en donde recibieron durante seis semanas condiciones similares que en la etapa anterior.

Las plantas obtenidas y cuyas hojas más grandes eran desde 13 a 15 cm de longitud se extrajeron del medio de cultivo, sus raíces fueron enjuagadas para eliminar restos del medio de cultivo y se establecieron en macetas de 225 cm³ que contenían como sustrato el material inerte perlita. Después de establecer las plantas de forma individual en sus respectivas macetas se encerraron bajo cubiertas de polietileno transparente para mantener una alta humedad relativa (80-95%) a su alrededor.

Las plantas en maceta se llevaron a invernadero y se colocaron sobre mesas de concreto de 120 cm de ancho, 1200 cm de largo y 90 cm de alto. La etapa de aclimatización transcurrió durante 12 semanas en donde las plantas estuvieron expuestas a radiación solar a $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y durante las semanas 1, 2, 3 y 4 de esta etapa, a partir de las 15:00 h la cubierta que las protegía se les quitaba durante 15, 30, 45 y 60 minutos respectivamente, para exponerlas a ventilación y disminuir así la humedad relativa como estímulo para su aclimatización. A la semana cuatro las plantas ya no mostraron síntomas de marchitamiento, por lo que a partir de la quinta semana se les retiró permanentemente las cubiertas de polietileno.

De las 90 plantas que en total se evaluaron en la etapa de aclimatización se dividieron en seis grupos de 15 plantas cada uno para aplicarles, 10 mL de solución nutritiva con alguno de los tratamientos de dosis de fertilización que consistieron en diluciones (5, 20, 40, 60, 80 y 100%) de la concentración de nutrimentos de la solución universal Steiner (1984). El experimento se estableció según un diseño completamente al azar. La unidad experimental consistió de una planta en cada maceta y se tuvieron 15 repeticiones por tratamiento.

Al final del experimento, de cada tratamiento se cosecharon al azar 10 plantas para evaluar el número de hojas, la longitud y ancho de la hoja más grande, el área foliar, el diámetro del tallo, los pesos frescos y secos de tallo, hojas y raíz, el volumen de hojas y raíz, así como número y longitud de raíces. Los datos se sometieron a análisis de varianza y comparación de medias. Para la rutina de análisis estadístico se utilizó el programa computacional Statistical Analysis System (SAS) (SAS Institute Inc., 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los esquemas de micropropagación, la aclimatización es la etapa final necesaria, en que las plantas obtenidas se transfieren a contenedores con sustrato y condiciones de invernadero, donde deben adaptarse gradualmente a nuevas condiciones ambientales, tales como, humedad relativa baja, radiación solar alta, fluctuaciones de temperatura y constante estrés de resistencia a enfermedades (Pierik, 1990; Pospíšilová *et al.*, 1999).

La supervivencia de las plantas micropropagadas durante el periodo de aclimatización depende fundamentalmente de sus peculiaridades fisiológicas, estructurales y anatómicas resultantes de su desarrollo *in vitro* (Domínguez y Donayre, 2006; Portillo, 2007). Este proceso debe garantizar que el mayor número de plantas sobreviva al proceso y conserven calidad sanitaria y fisiológica, condiciones importantes para que asuman crecimiento vigoroso cuando se transfieran a suelo (Hazarika, 2003). Si durante la aclimatización las plantas se someten a niveles adecuados de temperatura, humedad, radiación solar, sustratos y abastecimiento de nutrimentos, la calidad que éstas posean al final de dicha etapa tendrá efecto en etapas posteriores de vivero y el rendimiento económico del cultivo (Pospíšilová *et al.*, 1999; Enríquez-del Valle *et al.*, 2000).

Para propagar *in vitro* el *Agave americana* var. *oaxacensis* se usó la metodología descrita para *A. angustifolia* (Enríquez *et al.*, 2008). Las plantas obtenidas tenían hojas delgadas y no succulentas. Éstas fueron transferidas de *in vitro* a condiciones de invernadero en donde se expusieron a radiación solar disminuida 60%; se establecieron en macetas con sustrato de perlita que es un material inerte, de baja densidad aparente (0.37 g cm^{-3}), posee 67.85% de poros, de los cuales 9.8 % es de aireación, que permite un adecuado drenaje y mantiene suficientes espacios porosos para la respiración de la raíz. Sin embargo, por tratarse de un sustrato inerte es necesario aplicar soluciones nutritivas a las plantas. Transcurridos 70 días en tales condiciones, se logró que todas las plantas de *A. angustifolia* se adaptaran, mostraran crecimiento, su morfología ya presentaba características adecuadas para transferir estas plantas a suelo en vivero, en donde se expusieron a radiación plena y menor frecuencia de riegos (Enríquez-del Valle *et al.*, 2012).

Las plantas de *A. americana* obtenidas *in vitro* tenían de 5 a 6 hojas y su hoja mayor de 13 a 15 cm de altura, cuando se transfirieron del medio de cultivo a macetas con sustrato de perlita. Cuando habían transcurrido 84 días de aclimatización en invernadero, todas las plantas se adaptaron y los análisis de varianza (Cuadros 1 y 2) mostraron que las diferentes diluciones tuvieron efectos diferentes altamente significativos ($P \leq 0.01$) en la altura de planta, número de hojas, ancho de la hoja más larga, diámetro del tallo, volumen de hojas, volumen de tallo, peso fresco (hojas, tallo y raíces), sin embargo las diferentes dosis de fertilización no mostraron efectos significativos (Tukey, $P = 0.05$) diferentes en grosor de tallo, longitud de raíces y número de raíces.

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza de las características del *Agave americana* obtenidas *in vitro* y que durante 84 días de aclimatización recibieron diferentes dosis de nutrimentos.

F.V.	Gl	Cuadrados medios y significancia					
		AP (cm)	NH	AH (cm)	DT (mm)	PFH (g)	VH (cm ³)
Trat.	5	25.22**	1.33**	1.05**	0.57**	194.95**	215.69**
Error	54	4.55	3.07	0.12	0.07	20.52	20.43
Total	59						

F. V. fuente de variación; Trat. = Tratamiento; Gl = Grados de libertad; AP = Altura de planta; NH = Número de hojas; AH = Ancho de la hoja más larga; DT = Diámetro del tallo; PFH = Peso fresco de las hojas; VH = Volumen de las hojas; **valor de F, altamente significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 2. Resumen del análisis de varianza de las características de plantas de *Agave Americana* micropropagadas y que durante 12 semanas de aclimatización recibieron diferentes dosis de nutrimentos.

F. V.	Gl	Cuadrados medios y significancia					
		PFTa 8 (g)	GTa (mm)	PFRa (g)	VRa (cm ³)	LoRa (cm)	NRa
Trat.	5	0.11**	0.02 ^{ns}	8.91**	14.83**	8.19 ^{ns}	0.20 ^{ns}
Error	54	0.01	0.01	2.10	2.36	15.09	2.75
Total	59						

F. V. fuente de variación; Trat. = Tratamiento; Gl = Grados de libertad; PFTa = Peso fresco de tallo; GT = Grosor de tallo; PFRa = Peso fresco de la raíz; VRa = Volumen de la raíz; LoRa = Longitud de la raíz más larga; NRa = Número de raíces; **valor de F, altamente significativo con $P \leq 0.01$; ns = valor de F, no significativo con $P > 0.05$.

Altura de planta

Esta variable fue cuantificada en la fecha que se trasplantaron de *in vitro* a maceta con un sustrato y posteriormente cada 15 días, durante las 12 semanas de aclimatización. La Figura 1a muestra que al iniciar el experimento las plantas tenían en promedio 13 a 15 cm de altura, de 5 a 7 hojas y fue en el transcurso de los días 1 a 44 posteriores al trasplante que su tamaño promedio disminuyó. Lo anterior debido a que ocurrió la senescencia de hojas que la planta formó durante su cultivo *in vitro* y que en el transcurso de la aclimatización fueron gradualmente sustituidas por hojas nuevas. De tal manera que posterior al día 44 de aclimatización las nuevas hojas ya eran lo suficientemente grandes para que las plantas mostraran incremento en altura (Figura 1b) en respuesta a dosis crecientes de solución nutritiva.

En el transcurso de los días del 16 al 30 las plantas sometidas a fertirriego con dosis de fertilización al 100 y 60%, mostraron incremento en el número de hojas, a pesar de que ocurría la senescencia de las hojas provenientes del cultivo *in vitro*; sin embargo, en las plantas que recibieron fertirriego con las dosis más bajas (5, 20 y 40%) su cantidad de hojas decreció paulatinamente durante todo el periodo de aclimatización pues la cantidad de hojas que morían en la planta fue superior que las nuevas hojas (Figura 2a).

En el día 72 después del trasplante las plantas que recibieron la solución nutritiva al 100% de concentración de nutrimentos tuvieron 14.28 cm de altura, magnitud mayor y significativamente diferente a los 10.0 y 11.4 cm de las plantas que se fertirrigaron con dosis de 5 a 20% de nutrimentos (Figura 1b).

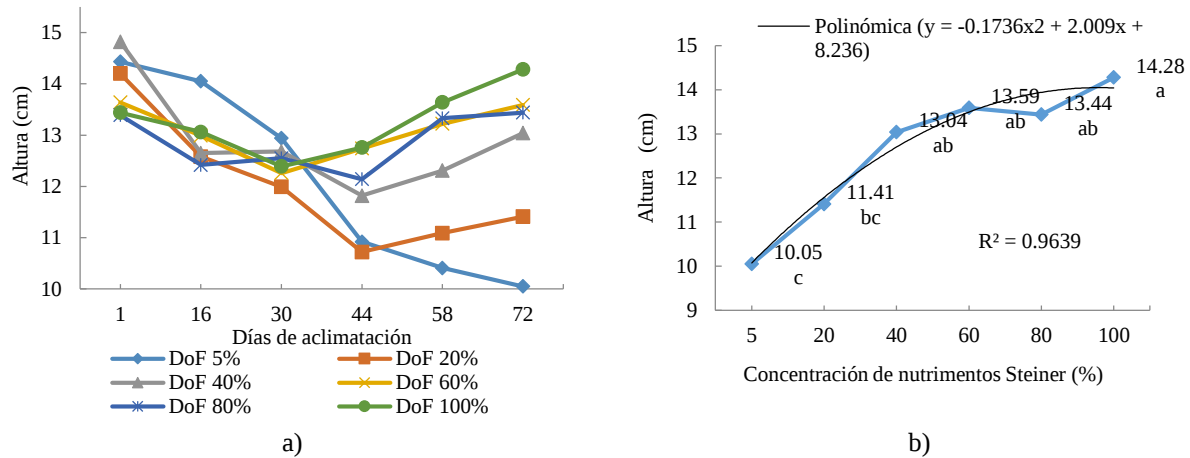


Figura 1. Crecimiento en altura de planta de *Agave americana*: a) en el transcurso de las 12 semanas de aclimatación. b) Al término del período de aclimatación de 72 días durante los cuales se les aplicaron soluciones nutritivas con concentración diferente de nutrientes (plantas obtenidas *in vitro*). DoF = dosis de fertilización. Letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, 0.05).

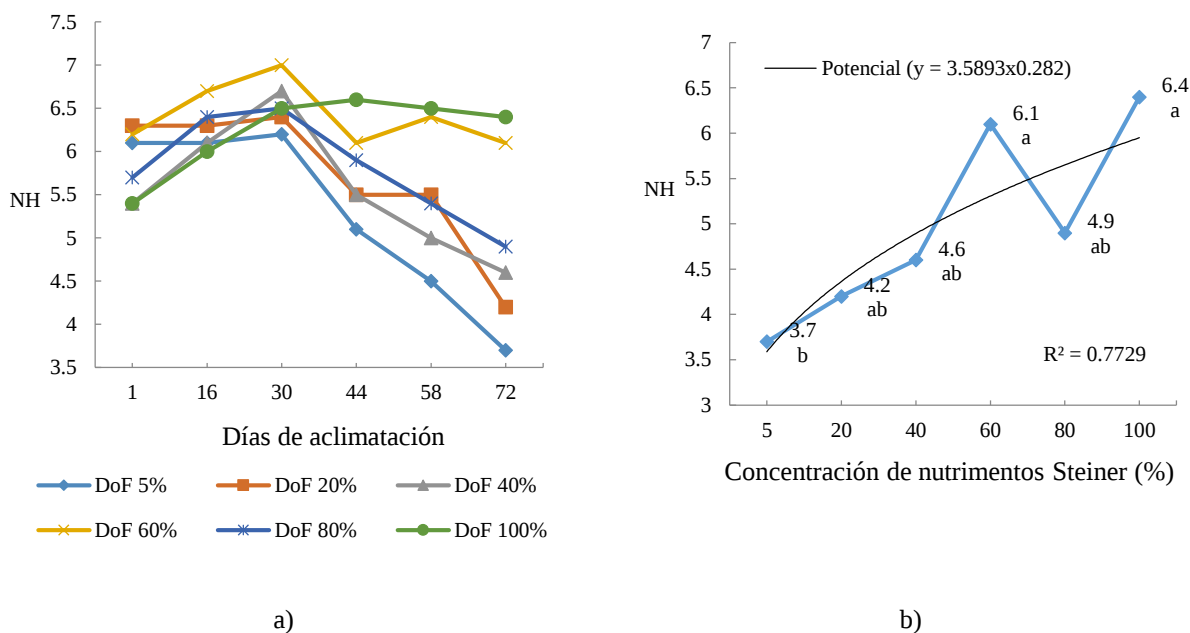
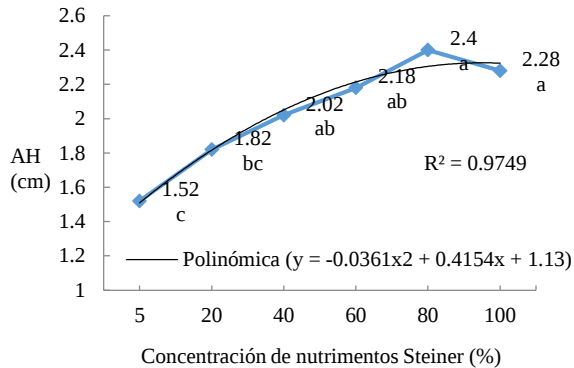


Figura 2. Cantidad de hojas (NH) en plantas de *Agave americana* micropropagadas: a) A 72 días de aclimatación recibieron diferentes diluciones de solución nutritiva. b) Al término del periodo de aclimatación de 72 días durante los cuales se les aplicaron soluciones nutritivas con concentración diferente de nutrientes. DoF = dosis de fertilización. Letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, 0.05).

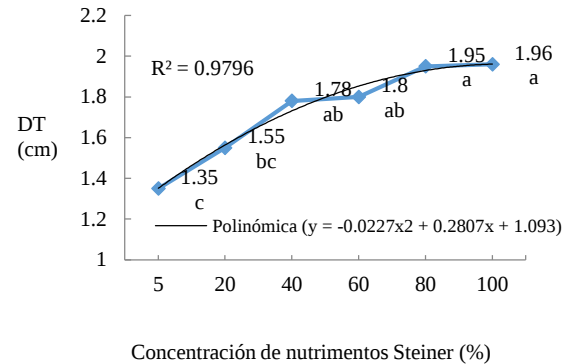
Cuando habían transcurrido 72 días de aclimatación las plantas que recibieron solución nutritiva del 60 y las que recibieron la solución al 100% tuvieron seis hojas en promedio, significativamente diferente a las cuatro hojas que tuvieron las plantas que fueron fertilizadas con dosis menores a las antes mencionadas (Figura 2b).

Ancho de la hoja mayor

En el día 72 después del trasplante las plantas que recibieron la solución nutritiva al 80% de concentración de nutrientes su hoja mayor tuvo 2.4 cm de ancho, magnitud mayor y significativamente (Tukey, 0.05) diferente al 1.5 cm de ancho de hoja de las plantas que habían sido fertirrigadas con dosis del 5% de nutrientes (Figura 3a).



a)



b)

Figura 3. Anchura de hojas (AH) (a) y diámetro de tallo (DT) (b) de *Agave americana* obtenido *in vitro* cuando habían transcurrido 84 días de aclimatización durante los cuales se les aplicó solución nutritiva con concentración diferente de nutrientes. Letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, 0.05).

Diámetro del tallo

Al inicio de la aclimatización, las plantas en los diversos tratamientos tenían sus tallos 0.8 a 0.9 de diámetro. Al término de los 72 días de aclimatización durante los cuales recibieron un fertirriego diario con solución nutritiva, las plantas alcanzaron cada vez mayor tamaño conforme se fertirrigaron a concentración creciente de nutrientes en el rango de 5 a 100% de la formulación Steiner (1984), de tal manera que las plantas que se fertirrigaron a 5% de nutrientes y las que recibieron 100% de nutrientes tuvieron 1.35 y 1.96 cm de diámetro de tallo, magnitudes significativamente diferentes (Tukey, 0.05) (Figura 3b).

Crecimiento de plantas

Al término de los 72 días de aclimatización durante los cuales las plantas recibieron diariamente riegos con solución nutritiva, las plantas alcanzaron cada vez mayor tamaño conforme recibieron diariamente riegos con concentración creciente de nutrientes en el rango de 5 a 100% de la formulación Steiner (1984), de tal manera que las plantas que recibieron la solución nutritiva diluida a 5% de nutrientes y las que recibieron la solución nutritiva a 100% de nutrientes, tuvieron 1.35 y 1.96 cm de diámetro de tallo, 4.05 y 16.42 g de peso fresco foliar (Figura 4a), 4.4 y 17.4 cm³ de volumen foliar (Figura 4b), 0.122 y 0.40 g de peso fresco de tallo, 0.52 y 0.54 cm de grosor de tallo, 2.44 y 5.1 g de peso fresco de la raíz (Figura 5a), 2.5 y 5.6 cm³ de volumen de raíz (Figura 5b), respectivamente, magnitudes significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

Ambos grupos de plantas formaron en promedio 9.2 y 9.1 raíces, con la raíz más larga de 17.61 y 17.3 cm, magnitudes no significativamente diferentes (Tukey, 0.05). Sin embargo, el segundo grupo de plantas tuvo un sistema de raíz de mayor tamaño, tal como lo muestran los volúmenes y pesos frescos, debido a que las raíces fueron más ramificadas.

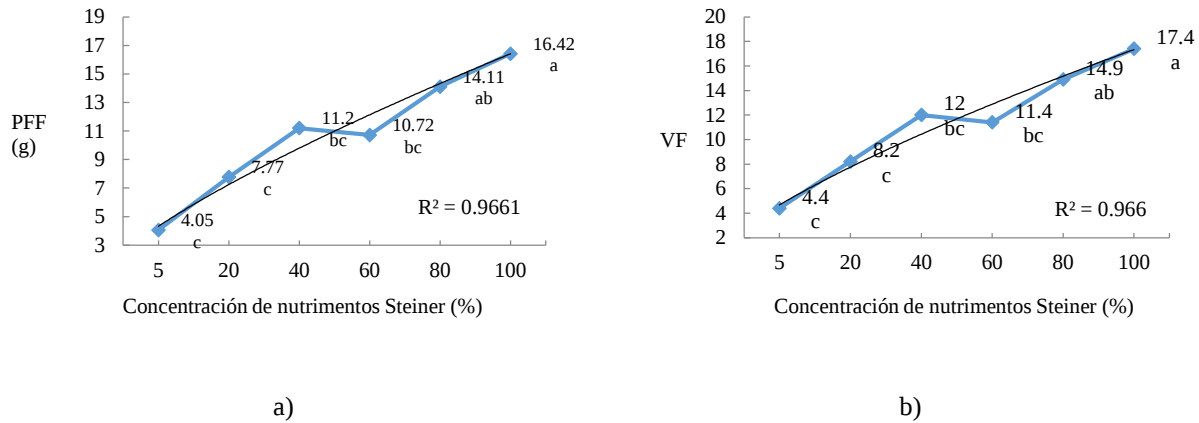


Figura 4. Peso fresco foliar (PFF) (a) y volumen foliar (VF) (b) de plantas de *Agave americana* obtenidas *in vitro* al término de 12 semanas del periodo de aclimatización durante las cuales se le aplicó solución nutritiva con concentración diferente de nutrientes. Letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, 0.05).

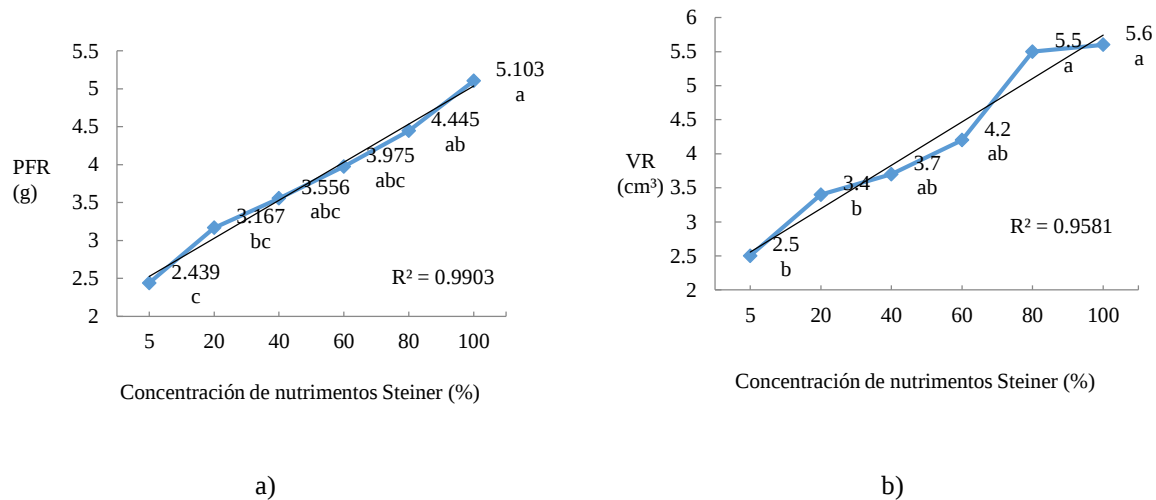


Figura 5. Peso fresco de las raíces (PFR) (a) y volumen de raíz (VR) (b) de plantas de *Agave americana* obtenidas *in vitro* al término de 72 días de aclimatización durante los cuales se les aplicó solución nutritiva con concentración diferente de nutrientes. Letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, 0.05).

CONCLUSIONES

Plantas micropropagadas de *Agave americanavar. oaxacensis* durante 72 días de su aclimatización en invernadero sustituyeron las hojas que habían formado *in vitro* por otras nuevas. La cantidad y tamaño de las nuevas hojas que formaron las plantas fue afectado por la concentración de nutrientes proporcionados en la solución nutritiva. Los datos reunidos durante las 12 semanas de aclimatización confirman la hipótesis formulada al inicio de la investigación, la cual pronosticaba una relación positiva entre la magnitud de crecimiento vegetativo y la dosis de fertilización que recibieron las plantas.

LITERATURA CITADA

Domínguez, T. G. y G.M. L. Donayre. 2006. Aclimatación de *Uncaria tomentosa* (Willd.) DC. producida *in vitro*. Ecología Aplicada. 5(1 y 2):67-74.

- Enríquez, V. J.R. 2008. La propagación y crecimiento de agaves. Fundación Produce Oaxaca A.C. e Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca, México. 48 p.
- Enríquez-del Valle, J. R., G. Carrillo-Castañeda, P., Sánchez-García, M. N. Rodríguez-Mendoza, y M.C. Mendoza. 2000. Fertilización para la óptima adaptación y vigor de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) obtenidas *in vitro*. Revista Fitotecnia Mexicana. 23:59-68.
- Enríquez-del Valle, J.R., I. Cruz-Valdez y G. Carrillo-Castañeda. 2012. Acclimatization of *Agave angustifolia* Haw. vitroplants in inert substrates and fertigated with different nutrimental dose. Acta Horticulturae. 947: 101-104.
- Hazarika, B. N. 2003. Acclimatization of tissue- cultured plants. Current Science. 85(12-25): 1704-1712.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15:473-497.
- Pérez, P. 1998. Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología. Instituto de Biotecnología de las Plantas. Cuba. pp. 193-206.
- Pierik, R. L. M. 1990. *In vitro* culture of higher plants. Marthinius Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands. pp.49-72.
- Portillo, L. 2007. Somaticembryogenesis in *Agave tequilana* Weber cultivar azul. *In vitro* cell. Dev. Biol-Plant 43:323-328.
- Pospíšilová, J., I. Tichá, P. Kadlecek, D. Haisel and S. Plzáková. 1999. Acclimatization of micropropagated plants to *ex vitro* conditions. Biologia Plantarum. 42(4): 481-497.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.1 User's guide. SAS Institute, Cary, N.C. USA. 4979 p.
- Steiner, R. 1984. The universal nutrient solution. In: Proc. Sixth International Congress on Soilless Culture. International Soc. Soilless Culture. The Netherlands. pp. 633- 647.
- Valenzuela, S. K.K. 2006. Plant regeneration of *Agave tequilana* by indirect organogenesis. *in vitro* cell. Dev Biol. Plant. 42:336-340.

RELACIÓN ENTRE VARIACIÓN ECOLÓGICA-OROGRÁFICA Y VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN OAXACA¹

[RELATIONSHIP BETWEEN ECOLOGICAL-OROGRAPHIC VARIATION AND MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) IN OAXACA]

Irma Arleth Pacheco-Triste¹, José Luis Chávez-Servia^{2§} y José Cruz Carrillo-Rodríguez³

¹Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. ²Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Oaxaca, Hornos # 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 71210. ³Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Exhacienda Nazareno Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 71210. (§Autor responsable: jchavez@ipn.mx)

RESUMEN

México tiene una gran variabilidad de morfotipos de tomate. En este trabajo se planteó evaluar la variación fenotípica de una muestra de tomate de Oaxaca, México, y determinar su relación con los patrones de variación ecogeográfica de los sitios de colecta u origen de las muestras. Se realizó una caracterización morfológica bajo invernadero durante el ciclo de primavera de 2009 y una descripción y clasificación de los sitios de origen de las muestras, basados en descriptores geográficos y climáticos. Las variables de mayor valor descriptivo de la variabilidad morfológica en el análisis de correspondencia, fueron: tipo de ramificación, densidad de follaje, forma y tamaño del fruto, forma distal o terminal del fruto, color del epicarpio y forma de semilla. Los resultados mostraron que la variación fenotípica de 102 colectas se agrupó en 10 grupos significativamente diferentes ($P < 0.05$), de acuerdo con el análisis de conglomerados. Entre los sitios de origen de las muestras, se identificaron seis grupos ecológicos diferenciados por temperaturas, precipitaciones, altitud y tipo de vegetación. Se determinó, mediante el análisis de correlación canónica, una relación significativa ($P < 0.005$) entre los grupos fenotípicos y grupos ecológicos. Esto es, las diferencias morfológicas de las colectas están determinadas, en parte, por las diferencias ecológicas, orográficas y geográficas entre los sitios de localización.

Palabras clave: Biogeografía, correlación canónica, variación ecológica y fenotípica, variedades nativas.

ABSTRACT

Mexico has a great variability of tomato morphotypes. In this work, the objective was evaluate the phenotypic variation of a tomato collection from Oaxaca, Mexico in order to determine its relationship with ecogeographic variation patterns of the collect sites or origin places from the tomato samples. A morphological characterization under greenhouse and an ecological description and classification of the sample origin places based on geographic and climatic descriptors was done during the crop Spring cycle 2009. The traits of major descriptive value from morphological variability, determined by correspondence analysis were: branching type, foliage density, fruit size and shape, blossom or terminal fruit shape, skin color and seed shape. Results showed that the phenotypic variation of 102 accessions was clustered into 10 groups significantly different ($P < 0.05$), according to Cluster analysis. Among origin sites of the samples, were determined six ecological groups which were differentiated by temperature, precipitation, altitude and vegetation type. A significant canonical correlation ($P < 0.005$) was determined between phenotypic and ecological groups. It means, that the morphological differences among accessions are due to, in part, ecological, orographic and geographic differences among sites of location of the sampled populations.

Index words: Biogeography, canonical correlation, ecological and phenotypic variation, landraces.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los principales cultivos en el mundo, y en México representa una importante entrada de divisas por exportaciones y constituye una fuente de empleo temporal y constante; se siembran anualmente más de 55 mil hectáreas con una producción media de más de 2 millones de toneladas (Vargas y Martínez, 2004; SIAP, 2012).

Por otro lado, existen dos teorías que proponen a México y Perú, respectivamente, como los centros de domesticación del tomate cultivado; aunque, no se descarta que la domesticación tuviera lugar en ambos lugares (Jenkins, 1948; Rick y Forbes, 1975; Peralta y Spooner, 2007). El origen de la domesticación permanece sin resolverse; no obstante, en México se preserva *in situ* una gran diversidad genética en forma de variedades nativas, poblaciones semidomesticadas y silvestres, y continúan diversificándose y adaptándose a los cambios ambientales (Lépiz y Rodríguez, 2006; Sánchez-Peña *et al.*, 2006; Álvarez-Hernández *et al.*, 2009; Juárez-López *et al.*, 2009; Carrillo y Chávez, 2010).

En general, las plantas pueden alterar su desarrollo, fisiología, fenología y ciclo biológico en respuesta al ambiente en que se desarrollan. Estas respuestas adaptativas al ambiente o plasticidad fenotípica involucran caracteres que varían entre poblaciones, genotipos e individuos. Entender esas divergencias fenotípicas y genéticas o capacidad de un genotipo para expresar diferentes fenotipos en diferentes ambientes es de vital importancia para tener un mejor conocimiento de los acervos genéticos y con ello emprender estrategias de mejoramiento genético o aprovechamiento, ante evidencias claras de cambios climáticos que tiende a formar áreas con ambientes más secos (Sultan, 2000; Mercer y Perales, 2010). Una manera rápida de documentar las divergencias genotípicas entre poblaciones de tomate es mediante la evaluación de las diferencias en caracteres cualitativos gobernados por pocos genes (Falconer y Mackay, 1996).

En México y Latinoamérica es común encontrar una alta diversidad de formas de frutos de tomate, en los trópicos, subtrópicos y regiones semi-secas; aun cuando, existen pocas evidencias documentales de su aprovechamiento directo, ya sea como fuentes de genes para el mejoramiento o uso directo de esa variabilidad morfológica, y distribución geográfica y adaptación a la heterogeneidad ambiental. Tampoco se han realizado análisis ecogeográficos para identificar las posibles divergencias fenotípicas y genotípicas adaptativas, en respuesta a las presiones ambientales y selección humana, en las poblaciones silvestre o cultivadas de tomate nativo en los centros de diversificación y donde se conserva *in situ* (Lépiz y Rodríguez, 2006; Mercer y Perales, 2010).

En maíz, se han encontrado adaptaciones específicas de variedades autóctonas a nichos altitudinales particulares (Mercer *et al.*, 2008; Ruiz *et al.*, 2008); lo que indica una evolución por selección del hombre a ambientes agroecológicos específicos, y en las poblaciones de tomate se espera sigan patrones específicos debido, tanto a presiones de selección artificial (hombre) como del ambiente. El estado de Oaxaca, México presenta una gran variación altitudinal (de 0 a 3750 msnm), climática, edáfica, de vegetación, orográfica y ecogeográfica que dan pauta para la formación de nichos ecológico particulares (Arellanes *et al.*, 2006), y las poblaciones de tomate se han adaptado a esas condiciones microambientales. El objetivo de este trabajo fue evaluar la variabilidad fenotípica de una muestra de tomate de Oaxaca, México, y determinar su relación con los patrones de variación ecogeográfica de los sitios de colecta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta y recolecta de tomate en Oaxaca

Entre julio de 2008 y enero de 2009, se realizó una colecta de 102 muestras poblacionales de tomate silvestre y cultivado nativo, en los mercados locales, huertos de traspatio, parcelas de cultivo o bosques cercanos a 58 comunidades y sus áreas naturales circunvecinas en Oaxaca, México. La muestra por población consistió de un tamaño mínimo de 20 a 30 frutos o bien 20 g de semillas donada por los agricultores. De cada muestra se hizo un registro de datos pasaporte que incluyó: fecha de colecta, nombre del donante cuando era el caso, sitio de colecta (paraje o centro poblado), latitud, longitud, altitud, fuente de la muestra según el caso (mercado, solar o traspatio, ambiente natural), nombre local otorgado a la muestra, tamaño de la muestra (número o peso aproximado de frutos,

g), tipo de población (variedad nativa, variedad mejorada, híbrido, línea avanzada o silvestre), y una descripción de color y forma de fruto.

Ensayo experimental y caracterización morfológica en invernadero

Cada lote de semilla por población conformó una colecta (= accesión), y una parte de las semillas de la colección se germinó en sustrato de Peat Moss® comercial y 35 días después se hizo el trasplante en un invernadero localizado en la Ex-hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México, ciclo primavera de 2009. La distribución de las colectas se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantas, se implementó un sistema de fertirriego por goteo con las fórmulas de fertilización comercial 12-43-12, 19-19-19 y 13-6-40 de N-P-K complementando con una dosis semanal de nitrato de calcio. Para la prevención de plagas y enfermedades se realizaron aplicaciones de Captan®, Daconil®, Confidor® o sulfato de cobre, y complementando con extractos vegetales (Viprot®, Exakint®, y Bio-crack®).

Para describir la variación fenotípica, se hizo una caracterización morfológica con base en 27 variables de la hoja, flor, tallo, fruto y semilla: 18 cualitativas y nueve cuantitativas (p. ej. tamaño de planta, hoja, flor, fruto y otros). En los caracteres cuantitativos la medición se hizo utilizando escalas ordinales y se asumieron como caracteres cualitativos. La evaluación de caracteres se realizó con referencia en los descriptores para *Lycopersicum* spp. de IPGRI (1996). Con este enfoque de caracterización cualitativa, se aceptó como válido el modelo de expresión fenotípica propuesto por Falconer y Mackay (1996): valor fenotípico (P) = genotipo (G) + ambiente (A), donde valor fenotípico (P) = valor genotípico (G), ya que se asume que los caracteres cualitativos son gobernados por pocos genes. En este trabajo, todos los materiales colectados se sembraron en invernadero y se asume que hubo poca influencia ambiental (A) significativa.

Descripción geográfica-ecológica de sitios de colecta

Cada sitio o lugar de colecta se georeferenció con ayuda de un GPS (GARMIN, modelo GPSMAP76 ®), también se recurrió a las georeferencias reportadas por INEGI (2000, 2004, 2005) y García (1998) de cada localidad, agencia o cabecera municipal. Con los datos de campo y las referencias cartográficas, cada sitio fue descrito en términos de latitud, longitud, altitud, tipo de vegetación, tipo de clima, tipo de textura y humedad de suelo, evapotranspiración, temperatura máxima absoluta, máxima promedio, mínima absoluta, mínima promedio, y media anual y precipitación total anual.

Se conformó una base de datos con base en la caracterización ecogeográfica ambiental de los sitios de colecta a través de una escala nominal u ordinal de cada variable o descriptor ecológico. La ausencia de estaciones climáticas dificultó la descripción precisa de los lugares de colecta. Posteriormente, con la base de datos de coordenadas geográfica y la información cartográfica se diseñaron mapas temáticos con el programa del Sistema de Información Geográfica Arc-View GIS 3.2 (ESRI, 1992).

Análisis estadístico

Con la base de datos de las modas de la caracterización morfológica cualitativa de cada colecta evaluada en invernadero, se hizo un análisis de correspondencia, y a partir de la varianza total se determinaron las variables que describieran el 80% de la variación morfológica evaluada. A partir de las variables seleccionadas, se efectuó un análisis de conglomerados de agrupación jerárquica por el método de la media no ponderada (UPGMA, acrónimo en inglés) y con las distancias euclidianas se construyó un dendrograma. El punto de corte o definición de grupos se determinó con la pseudo t ($P \leq 0.05$). Para la información ecogeográfica ambiental se efectuaron procedimientos de análisis estadístico similares para describir y clasificar los sitios de origen de las colectas. Posteriormente, para probar las hipótesis de independencia o asociación entre la variabilidad de grupos morfológicos y grupos de sitios ecológicos, se hizo un análisis de correlación canónica. Todos los análisis estadísticos se realizaron con ayuda del paquete estadístico SAS (SAS, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información obtenida de los donadores de muestras, compilada en los datos pasaporte mostró que las variedades nativas y poblaciones silvestres se conocen con diferentes nombres locales. Por ejemplo, al *cerasiforme* se denomina cuatamate, cuatomatillo, tomatillo, minitomate, mashito, tomate criollito, tomate pajarito y ojo de venado, debido a su forma redonda-ovalada y tamaños de 1 a 2.5 cm de diámetro. Por otro lado, el tomate con frutos achatados y con apariencia de gajos u hombros se le llama tomate criollo, tomate riñón o del país.

Descripción y clasificación de la variación morfológica

En el análisis de correspondencia se determinó que, en el tercer eje o dimensión principal, se concentró el 80% de la variabilidad total de los caracteres morfológicos de 102 colectas caracterizadas. Las variables de mayor valor descriptivo fueron: tipo de ramificación, densidad de follaje, forma y tamaño del fruto, forma distal o terminal del fruto, color del epicarpio y forma de semilla (Cuadro 1). Para el tomate se detectaron patrones generales en relación al tipo de crecimiento, ya que los tipos silvestres fueron de crecimiento indeterminado y las poblaciones cultivadas tendían a comportarse como intermedias o semideterminadas. Todo esto sugiere que las diferencias entre las muestras poblacionales caracterizadas se debieron, en mayor grado, a la divergencia en las características del fruto, y planta.

Cuadro 1. Vectores y valores propios del análisis de correspondencia con variables morfológicas.

Variable morfológica	Dimensión 1	Dimensión 2	Dimensión 3
Tipo de ramificación	0.406	0.131	0.005
Densidad de follaje	0.165	0.203	0.092
Tipo de hoja	0.043	0.015	0.798
Color exterior del fruto inmaduro	0.373	0.084	0.004
Forma predominante del fruto	0.512	0.450	0.022
Tamaño del fruto	0.633	0.137	0.021
Homogeneidad del tamaño del fruto	0.773	0.067	0.000
Forma de hombros en el fruto	0.863	0.033	0.000
Forma del corte transversal del fruto	0.740	0.013	0.001
Forma de la cicatriz del pistilo	0.379	0.092	0.391
Forma distal o terminal del fruto	0.723	0.115	0.000
Color del epicarpio del fruto maduro	0.484	0.105	0.067
Tamaño de la semilla	0.653	0.097	0.004
Forma de la semilla	0.581	0.192	0.006
Valor propio	0.276	0.154	0.126
Porcentaje explicado	52.71	16.34	10.97
Porcentaje acumulado	52.71	69.05	80.02

Con base en el análisis de conglomerados se determinó que, entre 102 colectas de tomate caracterizadas, se diferenciaron 10 grupos morfológicamente distintos ($t = 2.83$, $P < 0.05$), con base en la forma y tamaño predominante de frutos se pueden denominar tres tipos: arriñonados, redondos tipo globo o elongados y tipo *cherry*. Las características fenotípicas de los grupos morfológicos se presentan en el Cuadro 2. Así, los grupos II y III son muy semejantes, y sólo se diferencian en color del fruto inmaduro y forma de fruto. Otro patrón semejante se presentó entre los grupos VI y VII que se diferenciaron en forma, tamaño y homogeneidad de frutos. Después de esta semejanza los demás grupos difieren en tres o más características.

Dentro del gran grupo de frutos arriñonados (forma achatada con costillas y hombros) se incluyen a los grupos IV, VIII y X, los que son de crecimiento indeterminado, tallos vigorosos, follaje denso, frutos de tamaño intermedio (entre 5 y 8 cm) aunque el grupo IV puede presentar algunos frutos con más de 10 cm de diámetro (Cuadro 2). La presencia de hombros verdes o coloraciones irregulares rojas y verdes son típicas en estos grupos. La semilla es grande y ovada. Entre estos grupos las diferencias se encuentran en la cicatriz del pistilo; irregular, lineal-irregular y punteada respectivamente. Otra diferencia es en el color de epicarpio; amarillo en el grupo IV e incoloro en el VIII y X.

Una de las características representativas de los tomates arriñonados es la presencia de varios lóculos. Vázquez-Ortiz (2010) reporta un promedio de seis lóculos en muestras de tomate arriñonado provenientes de Puebla, Hidalgo, Guerrero, Yucatán, Estado de México y Oaxaca, México. Las muestras de tomates arriñonados evaluadas por Vázquez-Ortiz (2010) presentaron 30.9 g de peso en promedio, y en este trabajo presentaron 60.9 g, y con variaciones de hasta 350 g.

El otro gran grupo de tomates se forma con aquellos que presentan formas redondas y elongadas opiriformes. Los grupos representativos de esta forma de fruto fueron el I, II y VII, caracterizados por presentar tipo de ramificación apical, al final de la rama de frutos y color rojo-verdoso en estado inmaduro bicolor; es decir, en la parte basal se mantiene en tono rojo y el resto verde-rojizo. El tamaño de frutos de 3 a 5 cm; tanto la forma del fruto como la del corte transversal es redonda, cicatriz del pistilo punteada, terminal de floración aplanada y forma de semilla ovada. Una de las variables que permitió diferenciar los tres grupos fue la densidad de follaje; el grupo I presenta follaje con densidad intermedia, mientras que el II y el VII fueron más densos. Los grupos I y II presentaron hojas tipo estándar b, mientras el grupo VII presentó hojas tipo corneliomulleri. Además, el grupo I presentó hombros aplanados, y el II presentó hombros ligeramente hundidos (Cuadro 2).

Los grupos V y IX son de forma cherry y presentan ramificación profusa, follaje denso, color en estado inmaduro blanco verdusco, forma de hombro aplanada, forma transversal redonda, cicatriz de pistilo punteada, terminal de la floración aplanada, semillas pequeñas y triangulares. La diferencia entre estos grupos radica en el tipo de hoja y color del epicarpio; el grupo V presentó hojas tipo estándar b y epicarpio amarillo, mientras que el grupo IX fue de hojas tipo pimpinnellifolium y epicarpio incoloro (Cuadro 2).

Un grupo particular o único lo constituyó el VII, con sólo una población o muestra. Produjo unos de los frutos más pequeños, redondos, de color rojo a naranja, follaje denso y semilla muy pequeña (Cuadro 2). Debido a estas características, todo indica que es una de las formas silvestres porque además sus frutos se desprendieron fácilmente. Esta descripción coincide con las observaciones de Álvarez-Hernández *et al.* (2009), en las poblaciones de tomate silvestre de Michoacán.

En la descripción y clasificación de los sitios de colecta, de acuerdo con las características climáticas, de vegetación y suelos, se determinaron seis grupos ecológicos que reflejan parte de la heterogeneidad ambiental de Oaxaca. En este punto es oportuno mencionar que se tienen bases de datos limitadas sobre las descripciones climáticas de Oaxaca, ya que sólo operan 13 estaciones climatológicas en la entidad y por ello, fue imposible obtener una descripción más detallada de los sitios donde se obtuvieron las muestras. No obstante, la definición de seis grupos corresponde a divergencia en clima, altitud, precipitación y variación en los regímenes de temperaturas (Cuadro 4).

De acuerdo a los análisis multivariados efectuados, las variables más importantes para la formación de los grupos ecológicos fueron altitud, tipo de vegetación, tipo de suelo, temperatura (mínima absoluta, mínima promedio y media anual) y, en menor medida, la precipitación total anual (Cuadro 4). En términos generales, puede aceptarse que la altitud influye en los parámetros térmicos y pluviométricos, y éstos a la vez influyen en la vegetación.

Relación entre heterogeneidad ecológica-ambiental y variación fenotípica de tomate

El análisis de correlación canónica determinó que la variación morfológica evaluada presentó una correlación significativa con la variación ecológica, por lo menos en las tres primeras funciones canónicas. Las correlaciones canónicas ajustadas fueron superiores a 0.56 y el R^2 fue superior a 0.4 ($P \leq 0.005$), (Cuadro 5).

En cuanto al aporte de las variables en la estructura de las tres primeras funciones canónicas, las variables ecológicas tanto tipo de vegetación como clima presentaron los menores valores de correlación. En contraparte, las variables con mayor aportación fueron la altitud, temperatura mínima promedio y temperatura mínima absoluta con $r = 0.798$, 0.813 y 0.916 , respectivamente. Respecto al efecto de las variables morfológicas, se determinó que el tipo de ramificación ($r = 0.571$), la densidad del follaje (-0.786), tipo de hoja (0.653), forma de hombros (0.409), forma del corte transversal (0.505) y forma distal de fruto (-0.497), y tamaño de semillas (0.488) influyeron en la determinación de las tres primeras funciones canónicas (Cuadro 6).

Cuadro 2. Modas de 14 variables cualitativas en cada grupo morfológico (n= número de colectas).

Variable morfológica*	Grupo morfológico									
	I (n=7)	II (9)	III (3)	IV(6)	V (30)	VI (8)	VII (1)	VIII (2)	IX (4)	X (32)
Ramificación	Apical	Apical	Apical	Apical	Profusa	Apical	Apical	Apical	Profusa	Apical
Follaje	Intermedio	Denso	Denso	Denso	Denso	Denso	Denso	Denso	Denso	Intermedio
Tipo de hoja	Estándar b	Estándar b	Estándar b	Estándar a	Estándar b	Corneliomulleri	Cornelio mulleri	Estándar a-Corneliomulleri	Pimpinnelli	Corneliomulleri
Color fruto inmaduro	Bicolor	Bicolor	Blanco-verduzco	Bicolor	Blanco-verduzco	Bicolor	Bicolor	Bicolor	Blanco-verduzco	Bicolor
Forma de fruto	Redondo	Redondo	Achatado-redondo alargado	Achatado	Redondo	Ligeramente achatado	Redondo	Achatado	Redondo	Achatado
Tamaño de fruto	Pequeño	Pequeño	Pequeño	Intermedio	Muy pequeño	Intermedio	Pequeño	Intermedio	Muy pequeño	Intermedio
Homogeneidad del tamaño de fruto	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Poca	Intermedia	Poca	Intermedia	Poca-intermedia	Intermedia	Poca
Forma de hombro	Aplanado	Ligeramente hundido	Ligeramente hundido	Moderadamente hundido	Aplanado	Ligeramente hundido	Ligeramente hundido	Ligera-moderadamente hundido	Aplanado	Moderada-mente hundido
Forma transversal	Redonda	Redonda	Redonda	Irregular	Redonda	Redonda	Redonda	Redonda	Redonda	Irregular
Cicatriz de pistilo	Punteada	Punteada	Punteada	Irregular	Punteada	Punteada	Punteada	Lineal-irregular	Punteada	Punteada
Terminal de floración	Aplanada	Aplanada	Aplanada	Indentada	Aplanada	Aplanada	Aplanada	Aplanada	Aplanada	Indentada
Color de epicarpio	Amarilla	Amarilla	Amarilla	Amarilla	Amarilla	Incolora	Incolora	Incolora	Incolora	Incolora
Tamaño de semilla	Pequeña	Mediana	Mediana	Grande	Pequeña	Mediana	Pequeña	Mediana	Pequeña	Grande
Forma de semilla	Ovada	Ovada	Ovada	Ovada	Triangular	Ovada	Ovada	Ovada-triangular	Triangular	Ovada

- Categorización basada en los descriptores de IPGRI (1996).

Cuadro 3. Vectores y valores propios del análisis de correspondencia con variables ecológicas.

Variable ecológica	Dimensión 1	Dimensión 2	Dimensión 3
Altitud (m)	0.299	0.002	0.002
Tipo de vegetación y uso de suelo	0.097	0.565	0.09
Tipo de clima	0.007	0.041	0.13
Tipo de suelo	0.027	0.006	0.475
Humedad del suelo	0.006	0.119	0.044
Temperatura mínima absoluta (°C)	0.205	<0.001	0.001
Temperatura mínima promedio (°C)	0.169	<0.001	0.003
Temperatura media anual (°C)	0.108	0.129	0.108
Precipitación anual	0.082	0.139	0.148
Valor propio	0.319	0.298	0.199
Porcentaje explicado	36.84	32.17	14.27
Porcentaje acumulado	36.84	69.01	83.28

Cuadro 4. Intervalos y valores descriptivos de los grupos ecológicos; n=número de sitios de origen de las muestras.

Variable ecológica	Grupo ecológico					
	I (n=22)	II(21)	III (27)	IV (16)	V (5)	VI (11)
Altitud (msnm)	15-1067	1100-2300	20-1515	1460-1600	20-120	40
Temperatura mínima absoluta (°C)	12-14	6-8	12-14	4-5	12-14	16-18
Temperatura mínima promedio (°C)	16-18	10-12	14-16	6-8	16-18	18-20
Temperatura media anual (°C)	24-26	20-22	24-26	20-22	24-26	28-30
Vegetación y uso de suelo	Selva mediana subcaducifolia	Bosque de encino	Pastizal cultivado	Agricultura de temporal y pastizal inducido	Pastizal cultivado	Selva baja caducifolia
Precipitación (mm)	800-1000	600-800	1000-1200	600-800	3500-4000	800-1000
Tipo de suelo	Regosol éutrico	Acrisol húmico	Regosol éutrico	Feozem háplico	Feozem lúvico	Vertisol pélico
Clima predominante	Cálido subhúmedo	Semicálido subhúmedo	Cálido subhúmedo	Semicálido subhúmedo	Cálido húmedo	Cálido subhúmedo
Meses con humedad en el suelo	4	2	5	5	12	4

Cuadro 5. Resultados del análisis de correlación canónica entre grupos morfológicas y ecológicas.

Función canónica	Correlación canónica	Correlación canónica ajustada	R ² canónico	Estadístico de F	Probabilidad
1	0.815	0.766	0.664	2.45	<0.0001
2	0.687	0.589	0.473	1.83	<0.0001
3	0.633	0.564	0.401	1.50	0.005
4	0.531	0.431	0.282	1.16	0.192

Cuadro 6. Estructura de las correlaciones en las tres funciones canónicas estadísticamente significativas.

Grupo de variables	Función canónica 1	Función canónica 2	Función canónica 3
Correlación entre las variables ecológicas (independientes) y sus valores canónicos			
Altitud	0.798	0.228	-0.203
Tipo de vegetación	0.078	0.251	0.145
Tipos de clima	0.276	-0.179	0.19
Tipos de suelo	-0.148	0.583	0.286
Humedad del suelo	0.028	-0.532	0.615
Temperatura mínima absoluta °C	0.916	0.041	-0.113
Temperatura mínima promedio °C	0.813	0.169	-0.203
Temperatura media anual °C	-0.659	-0.055	0.105
Precipitación total anual	-0.463	-0.763	0.178
Correlación entre las variables morfológicas (dependientes) y sus valores canónicos			
Tipo de ramificación	0.081	0.571	-0.26
Densidad de follaje	-0.786	0.218	-0.073
Tipo de hoja	0.653	-0.119	-0.185
Color exterior del fruto inmaduro	0.149	-0.528	0.375
Forma predominante del fruto	-0.048	-0.193	-0.3
Tamaño del fruto	0.325	0.069	0.325
Homogeneidad del tamaño del fruto	-0.302	-0.094	-0.276
Forma del hombro del fruto	0.409	0.087	0.303
Forma del corte transversal del fruto	0.505	0.158	0.508
Forma de la cicatriz del pistilo	-0.103	0.111	0.394
Forma distal o terminal del fruto	-0.497	-0.157	-0.438
Color del epicarpio del fruto maduro	-0.401	0.038	0.2
Tamaño de la semilla	0.488	0.044	0.284
Forma de la semilla	-0.119	0.084	-0.219

Las relaciones anteriores se confirmaron mediante el análisis de correlación canónica. Las tres principales funciones canónicas presentaron una correlación significativa ($p < 0.05$). Por consiguiente, se detectó una correlación significativa entre la variación de grupos ecológicos y grupos morfológicos. Esto indica que existió una relación indirecta de la altitud, vegetación, tipo de suelo y temperaturas con la variación en tipo de ramificación, densidad de follaje, tipo de hoja, color externo del fruto, forma de hombros y corte transversal del fruto (Figura 1). Es decir, existen micronichos en los que el tomate se ha adaptado para expresar su potencial genético y esas regiones son candidatas para la conservación *in situ* del germoplasma.

La relación grafica existente entre las características morfológicas evaluadas y las variaciones ecológicas de los sitios de origen de las colectas de tomate en Oaxaca, se observa en los mapas temático integrados con la ecogeografía y morfológica de las Figuras 2, 3 y 4.

Aun cuando la información ambiental disponible para los sitios de colecta sea limitada y el número de colectas caracterizadas sea escaso (102), se determinaron ciertos patrones de variación conjunta entre los grupos ecológicos y los grupos morfológicos. Por ejemplo, el grupo morfológico cuatro incluye tomates arriñonados en tonos naranjas y rojos que pueden alcanzar más de 10 cm de diámetro y pesar hasta 350 g; se distribuyen en la Costa y el municipio de referencia es Santos Reyes Nopala y sus agencias municipales como Santiago Cuixtla, Cerro del Aire y Santa María Magdalena Tiltepec. Tales lugares se encuentran incluidos en el tercer grupo ecológico, caracterizado por un intervalo altitudinal entre 20 y 1515 msnm, temperatura media anual entre 24 y 26 °C, precipitación media anual entre 1000 y 1200 mm, clima cálido subhúmedo, suelos tipo regosol, periodo de permanencia de humedad de cinco meses y la vegetación característica son los pastizales; es decir, condiciones de clima idóneas para obtener las mayores expresiones fenotípicas del tomate (Rodríguez *et al.*, 1984).

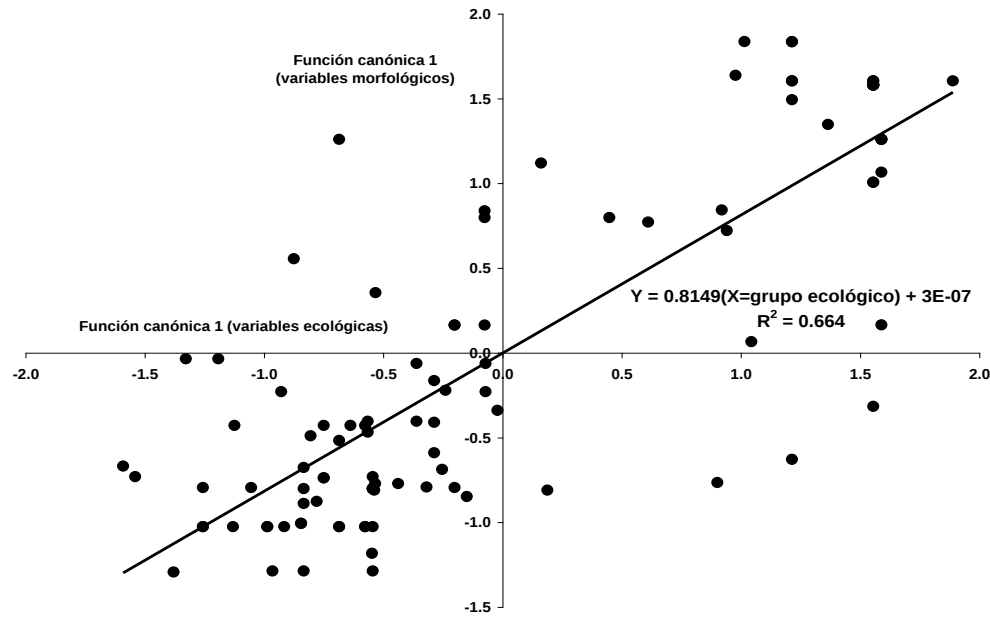


Figura 1. Dispersión de la distribución de colectas en función del primer par de variables canónicas que relaciona la distribución de la variabilidad morfológica y diversidad ecológica.

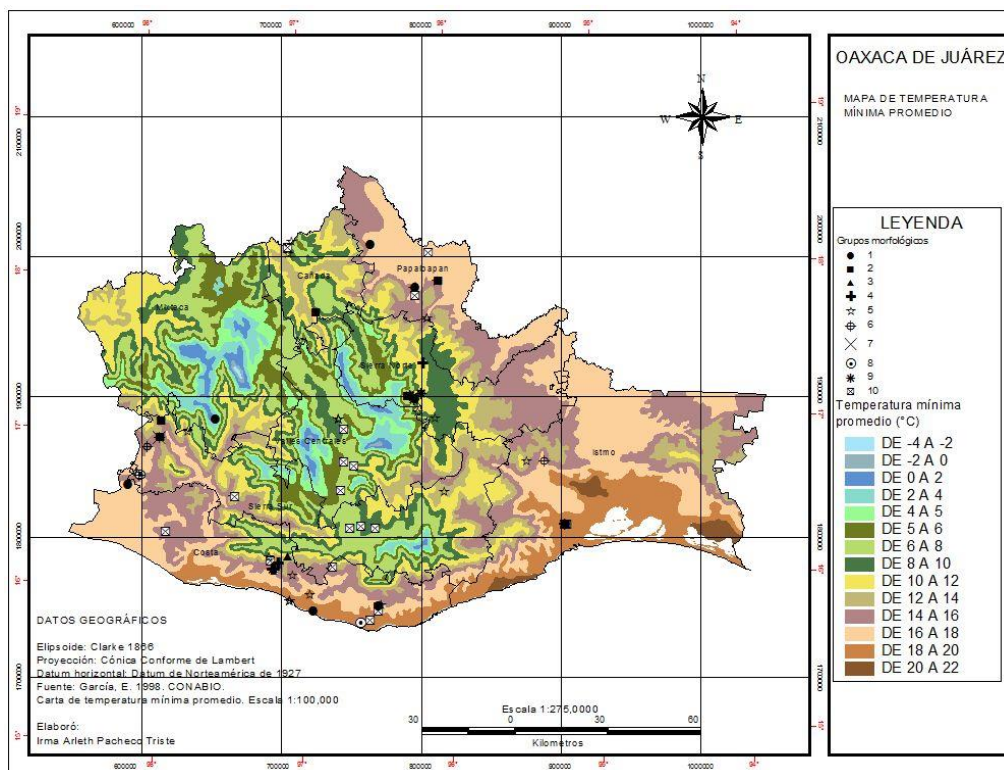


Figura 2. Distribución de los patrones fenotípicos de *Solanum lycopersicum*, en función de la temperatura mínima promedio.

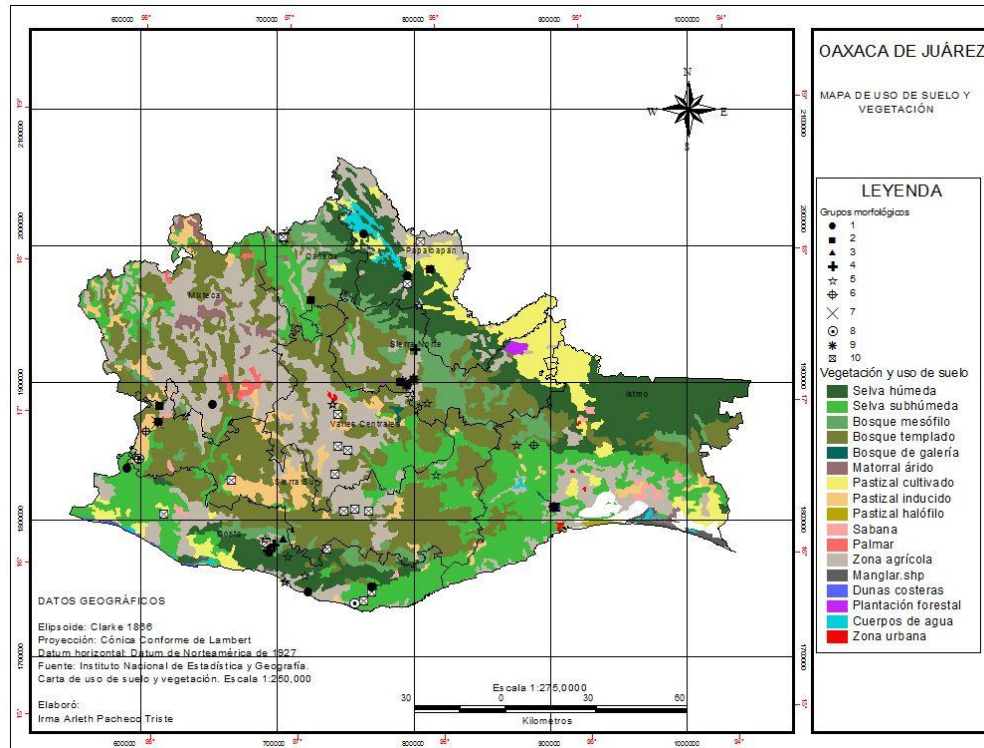


Figura 3. Distribución de los patrones fenotípicos de *Solanum lycopersicum*, en función de los tipos de vegetación.

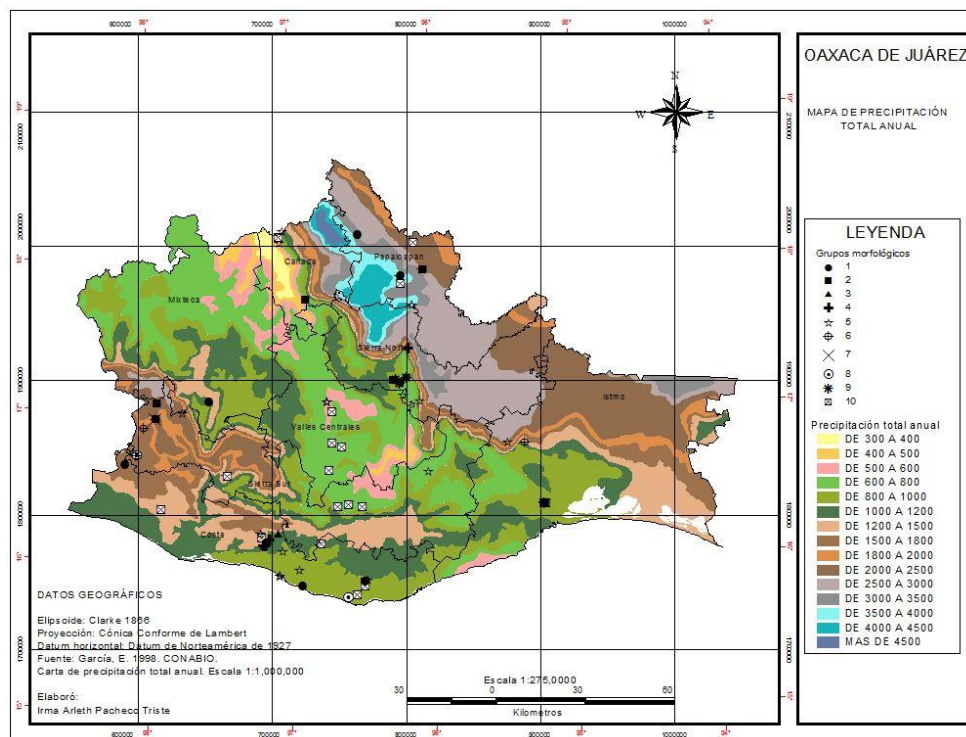


Figura 4. Distribución de los patrones fenotípicos de *Solanum lycopersicum*, en función de la precipitación total anual.

Otro patrón de distribución de la variación morfológica se identificó con el grupo morfológico X (tomates arriñonados en tonos rosados), colectados en la región Valles Centrales. Los lugares representativos de origen de esta forma de fruto fueron Praxedis de Guerrero, San Pedro Mártir; Ejutla de Crespo, San Bartolo Coyotepec. Es decir, es un grupo morfológico de forma riñón, con mayor abundancia hacia el distrito de Miahuatlán de Porfirio Díaz.

Por otro lado, se determinó que los tomates tipo *cherry* (variedad botánica *cerasiforme*) tienden a presentar adaptaciones a ambientes variados, característica que coincide con lo que documentó Álvarez-Hernández *et al.* (2009) en el estado de Michoacán. En el presente estudio fue posible identificar cierto patrón de distribución de los tipos *cherry* de color rosado (L-021, L-047, L-048), representantes del noveno grupo morfológico, y fue característicos de la Sierra Norte (Villa Hidalgo Yalalag, San Francisco Cajonos y San Pablo Yaganiza). No obstante, también se distribuye este tipo de fruto en la Costa, Sierra Sur, Papaloapan e Istmo. Es decir, esta la variante morfológica más cosmopolita, aunque localizado en micronichos particulares.

CONCLUSIONES

Existe amplia variabilidad morfológica en el tomate silvestre y cultivado de Oaxaca y también patrones eco-geográficos de los sitios de colecta. Estos últimos determinados por altitud, tipo de vegetación, tipo de suelo, temperatura (mínima absoluta, mínima promedio y media anual) y la precipitación anual de las zonas de colecta.

La variación morfológica descrita dentro de *Solanum esculentum* L. de Oaxaca se clasificó en 10 en grupos morfológicos y la variación ecológica se clasificó en seis grupos, en ambos casos se presentaron diferencias significativas entre los grupos formados. Además, se determinó una correlación canónica significativa entre ambos grupos de variación en las primeras tres funciones canónicas. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de que la variación ecológica del estado de Oaxaca influye en la variación morfológica del tomate, representando un laboratorio viviente del proceso evolutivo, ya que es posible encontrar variantes con caracteres ancestrales silvestres y variedades autóctonas con cierto grado de domesticación o selección.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Hernández, J. C., H. Cortez-Madrigal. e I. García-Ruiz. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de jitomate (Solanaceae) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica* 28: 139-159.
- Arellanes, M., A., V. de la Cruz P., M. A. Romero F., C. Sánchez S., F. J. Ruiz C., V. R. Martínez V. y E. López J. 2006. Historia y Geografía de Oaxaca. Carteles Editores, Oaxaca, México. 207 p.
- Carrillo-Rodríguez, J.C., J.L. Chávez-Servia. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33 (Esp. 4): 1-6.
- Environmental Systems Research Institute Inc. (ESRI). 1992. Arc-View GIS version 3.2 for windows. Environmental Systems Research Institute Inc. Redlands, CA, USA.
- Falconer, D.S and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics. Longman Group Ltd. Harlow, Essex, U.K. 464 pp.
- García, E. 1998. Precipitación total anual. Escala 1: 1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- García, E. 1998. Temperatura máxima absoluta. Escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- García, E. 1998. Temperatura máxima promedio. Escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- García, E. 1998. Temperatura mínima absoluta. Escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- García, E. 1998. Temperatura mínima promedio. Escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2000. Conjunto de datos vectoriales de la serie topográfica y de recursos naturales escala 1:1,000,000. Evapotranspiración [Consultado: 30 de agosto de 2008] http://mapserver.inegi.org.mx/data/inf_e1m/
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2000. Conjunto de datos vectoriales de la serie topográfica y de recursos naturales escala 1:1,000,000. Humedad de suelo [Consultado: 30 de agosto de 2008] http://mapserver.inegi.org.mx/data/inf_e1m/
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2000. Conjunto de datos vectoriales de la serie topográfica y de recursos naturales escala 1:1,000,000. Temperatura media anual. [Consultado: 30 de agosto de 2008]

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2004. Carta de uso de suelo y vegetación escala 1:250,000.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2004. Carta de climas escala 1:250,000.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2004. Carta de suelos escala 1:250,000.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005. Censo de Población y Vivienda 2005. Resultados por localidad. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/iter2005/consultafiltro.aspx?c=10395&s=est>
- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). 1996. Descriptores para el tomate (*Lycopersicon spp.*). International Plant Genetic Resources Institute. 50 pp.
- Jenkins, J.A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany* 2(4): 379-392.
- José, J.E. y A. Pinacho H. 2010. Evaluación de híbridos no convencionales de jitomate (*Solanum lycopersicon L.*) de tres formas de fruto, en invernadero. Memoria de residencia profesional. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. 54 p.
- Juárez-López, P., R. Castro B., T. Colinas L., P. Ramírez V., M. Sandoval V., D.W. Reeds., L. Cisneros Z. y S. King. 2009. Evaluación de calidad en frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(2): 5-9.
- Lépiz, I., R. y E. Rodríguez G. 2006. Los recursos fitogenéticos de México. In: J.C. Molina M y L. Córdova T. (eds.), Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura: Informe Nacional 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética, a.C. Chapingo, México. pp: 1-17.
- Mercer, K., A. Martínez-Vásquez, and H.R. Perales. 2008. Asymmetrical local adaptation of maize landraces along an altitudinal gradient. *Evolutionary Applications* 1:489-500.
- Mercer, K.L. and H.R. Perales. 2010. Evolutionary response of landraces to climate change in centers of crop diversity. *Evolutionary Applications* 3:480-493.
- Peralta, I. E. and D. M. Spooner. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: Razdan, M.K. and A. K. Matoo. (eds). 2007. Genetic improvement of Solanaceous Crops. Vol. 2. Tomato. Science Publisher Inc. Enfield. EEUU. pp: 1-24.
- Rick, C.M. and J.F. Forbes. 1975. Allozyme variation in the cultivated tomato and closely related species. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 102(6):376-384.
- Rodríguez, R., J. Medina, J.A. Tabares R. 1984. Cultivo moderno del tomate. Mundi Prensa Libros S.A. Zaragoza, España. 255 p.
- Ruiz, J.A., N. Duran, J.J. Sánchez, J. Ron, D.R. González, J.B. Holland and G. Medina. 2008. Climatic adaptation and ecological descriptors of 42 Mexican maize races. *Crop Science* 48:1502-1512.
- Sánchez-Peña, P., K. Oyama, J. Núñez-Farfán, J. Fornoni, S. Hernández-Verdugo, J. MárquezGuzmán and J.A. Garzón-Tiznado. 2006. Sources of resistance of whitefly (*Bemisia spp.*) in wild populations of *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Dunal) Spooner G. J., Anderson R. K. Jansen in Northwestern Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53:71-719.
- Sistemas de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. Estadísticas de producción agrícola 2012. Sistemas de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Mexico, D.F. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=om_wrapper&view=wrapper&Itemid=350.
- Statistical Analysis System (SAS). 2000. Statistics Analysis System. Software Release 8.1. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Sultan, S.E. 2000. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends in Plant Sciences* 5:537-542.
- Vargas, O., J.A. y M.A. Martínez D. 2004. Un modelo econométrico del mercado del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en México, 1970-1994. *Comunicaciones en socioeconomía, Estadística e Informática* 8(2):115-133.
- Vásquez-Ortiz, R., J.C. Carrillo-Rodríguez y P. Ramírez-Vallejo. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra del jitomate nativo del Centro y Sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8(2): 49-64.

LOS HUERTOS FAMILIARES Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA DE CUILAPAM DE GUERRERO, OAXACA, MÉXICO¹

[HOMEGARDENS AND FOOD SECURITY OF CUILAPAM DE GUERRERO, OAXACA, MEXICO]

Perla Karin De la Rosa-Reyes¹, Marco Antonio Vázquez-Dávila², Yuri Villegas-Aparicio^{2§}, Martha Patricia Jerez-Salas²

¹Estudiante de Posgrado del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. ²Profesor- Investigador del ITVO, Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. [§]Autor responsable: (yurivil38@prodigy.net.mx)

RESUMEN

Se seleccionaron 20 huertos en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca; el estudio se llevó a cabo en dos barrios representativos; secciones de febrero a agosto del 2012, se estudiaron los huertos familiares de las secciones primera y cuarta tomando como referencia la disponibilidad de agua. El objetivo fue identificar las interrelaciones de los elementos del huerto con la estructura, función y manejo de los huertos familiares en las dos secciones, para lograrlo se utilizó método etnoecológico. Los resultados muestran que ambas secciones presentan una estructura vertical y horizontal, pero también está presente la estructura cronológica. La función principal de los huertos es la de proveer alimentos básicos a la familia; además de que permite la conservación del germoplasma *in situ*, permite la transmisión de conocimientos de padres a hijos y la convivencia familiar. La siembra de las plantas en la primera sección se da principalmente en macetas para aprovechar al máximo la disponibilidad de agua, la fauna representativa son las aves y los bovinos y es utilizada para venta y trabajo de campo. La siembra en el segundo barrio se hace directamente en el suelo y la fauna presente en los huertos son las aves, también hay bovinos pero son escasos. Estos espacios les permiten a las familias disponer de alimentos básicos durante todo el año; al recoger una cosecha inmediatamente siembran el producto del cual es la temporada. Finalmente, al existir en el huerto especies perennes se permite contar con una seguridad alimentaria todo el año.

Palabras clave: solar, traspatio, huerta.

ABSTRACT

Twenty orchards were selected in Cuilapam de Guerrero, Oaxaca; the study was carried out in two representative neighborhoods, sections from February to August 2012, home gardens from first and fourth sections were studied taking as reference the water availability. The aim was to identify the interrelationships between garden elements and its structure, function and management in the two sections. In order to achieve this, the ethnoecological method was used. The results show that both sections have a vertical and horizontal structure, but the chronological structure is also present. The main function of the gardens is to provide basic food to family; more over, it allows *in situ* germplasm conservation, allows the transmission of knowledge from parents to children and family life. Planting plants in the first section occurs mainly in pots to maximize water availability, birds and cattle are the representative fauna and this is used for sale and fieldwork. Planting in the second neighborhood is done directly on the ground and the fauna in the orchards are birds and cattle, but the latter is scarce. These spaces allow families to have basic food throughout the year; when they harvest a crop, sown immediately the same product of the season. Finally, vegetal perennial species allow to have a food safety throughout the year.

Index words: solar, backyard, orchard.

INTRODUCCIÓN

Las actividades que han permitido a las personas su crecimiento y desarrollo es la agricultura, que es la capacidad de producir alimentos, además del establecimiento de una serie de relaciones entre el ser humano, la tierra, la vegetación y los animales (Vásquez-Dávila, 1995).

La relación entre el ser humano y su entorno natural se inició a partir de la agricultura, que autores como Toledo (2005) han denominado agricultura tradicional, la cual se sustenta en el uso del conocimiento tradicional de los campesinos. Los huertos familiares son agroecosistemas que ocupan una porción de tierra que rodean una vivienda familiar, que se cultivan con la mezcla de diversas especies de plantas perennes y anuales, organizados en una estructura vertical de varias capas, a menudo en combinación con la cría de animales de traspatio, y que son manejados por los miembros de la unidad doméstica para la producción de autosubsistencia (Fernandez y Nair, 1986; Hoogerbrugge y Fresco, 1993; Kumar y Nair, 2004).

Las sociedades campesinas y sus sistemas de producción tradicional se han convertido en un tema interesante de estudio, debido a su permanencia a través del tiempo en diferentes ámbitos locales, ante diversos embates del mercado y de la sociedad en general, esto se debe, por un lado, a que su funcionamiento está basado en la mano de obra familiar, donde los miembros aportan jornales con base a sus diversas actividades productivas, de tal manera que le dan cierta “elasticidad” ante los altibajos de los precios pagados por los productos agrícolas y ante las pérdidas ocasionadas por las fluctuaciones del clima (Mora, 2008).

Es importante mencionar que la mayor parte de los estudios sobre diversidad biológica en los huertos familiares destacan los elementos florísticos, y en muchas ocasiones no consideran los elementos faunísticos que también forman parte de los huertos familiares y como destacan Mariaca *et al.* (2007), representan la “alcancía familiar” y una fuente importante de proteínas, para las familias campesinas, además de establecer diversas interrelaciones con las especies de plantas presentes en el huerto. Una comunidad poco estudiada referente a los huertos familiares, es Cuilapam de Guerrero y se caracteriza al igual que muchas comunidades vecinas por el alto índice de migración. Fenómeno que dificulta la permanencia de las familias campesinas en sus lugares de origen, afectando su organización social, el abandono de sus actividades agrícolas y sobre todo el conocimiento tradicional y sus costumbres.

Es necesario el rescate y permanencia de los huertos familiares para la conservación “*in situ*” de la flora y fauna, así como el evitar o disminuir la transculturación y de esa manera disminuir la pérdida de especies nativas. El estudio de los huertos familiares conlleva al análisis de aspectos económicos, sociales y ecológicos inmersos en la producción de satisfactores como alimentos, forraje, leña, productos comerciales para generar ingresos, materiales de construcción, áreas de trabajo, plantas ornamentales y medicinales o para la comunidad (Herrera-Castro, 1992; Soemarwoto, 1992; Lok, 1996 y Jiménez-Osornio *et al.*, 1999). Por ello, el objetivo general del presente trabajo fue identificar las interrelaciones de los elementos con la estructura, función y manejo de los huertos familiares de dos barrios o secciones de la localidad de Cuilapam de Guerrero, Oaxaca, que presentan características contrastantes en cuanto a disponibilidad del recurso agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la comunidad de Cuilapam de Guerrero que se localiza en la parte central del estado, en la región de los Valles Centrales, en las coordenadas 16° 59' latitud norte, 96° 47' longitud oeste y a una altura de 1,560 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con San Pedro Ixtlahuaca; al sur con Villa de Zaachila; al oriente con Santa Cruz Xoxocotlán y San Raymundo Jalpan; al poniente con Villa de Zaachila. Su distancia aproximada a la capital del Estado es de 10 kilómetros (INEGI, 2004).

Se utilizó el método etnobiológico, entendido como “el método de investigación cualitativa por el que se aprende el modo de vida de una unidad social concreta” que se logra mediante la observación prolongada del grupo en cuestión. El estudio se desarrolló en dos etapas: Fase de gabinete (Selección del área de estudio y selección del método). Fase de campo, el trabajo de campo se inició a partir del mes de febrero del 2012. Se efectuaron recorridos preliminares por las siete secciones o barrios de la población, de esta se seleccionaron 20 huertos para el estudio, las secciones fueron la primera y la cuarta, tomando en cuenta la riqueza vegetal y la disponibilidad de agua.

En los huertos seleccionados se realizaron entrevistas semiestructuradas a los propietarios de los mismos (predominando el sexo femenino), con temas enfocados hacia las plantas presentes dentro de los huertos y la vegetación circundante, así como información general sobre el conocimiento que tienen acerca de sus recursos dentro del huerto. En cada huerto se fotografiaron plantas y animales, se elaboró una base de datos en Excel donde se archiva la información obtenida de flora y fauna como: nombre común, nombre científico, familia botánica, número de huerto, uso, categoría antropocéntrica (medicinal, comestible, ornamental, etc.), parte utilizada de la planta (flor, fruto, etc.) la información contenida en esta base de datos fue obtenida de las entrevistas con los propietarios de los huertos, así como de la bibliografía consultada.

Se decidió utilizar una muestra intencional, donde se priorizó la profundidad de la información más que la extensión de la misma. La unidad de análisis que se consideró para el estudio de aspectos sociales y culturales, así como el conocimiento tradicional fue la familia campesina. La unidad de análisis para el estudio de la biodiversidad fueron los huertos familiares, como agroecosistemas tradicionales, en el que habita la familia campesina y que se caracteriza por ocupar un espacio relativamente pequeño, ligado a la vivienda o al menos de fácil acceso y que cuenta con diversos elementos; florísticos, faunísticos, arquitectónicos, ambientales, entre otros de acuerdo a Mariaca *et al.* (2007). Para el desarrollo de la investigación se analizaron las variables: agrobiodiversidad faunística (se registró el número de especies y su frecuencia en el huerto) y florística (se registró el número de especies en el huerto), el conocimiento tradicional de las familias (uso y manejo de animales y plantas) (estructura vertical, horizontal), las características socioculturales (estructura cronológica del huerto y su extensión). Los recorridos se realizaron por las tardes, esto debido a que es la hora en que las personas o familias retornan a sus hogares después de haber realizado sus labores y es entonces cuando se les puede localizar.

La guía de entrevista utilizada se agrupó por temas, primero se abordaron las características socioeconómicas del o los entrevistados: nombre, edad, sexo, ocupación, lugar de nacimiento, tiempo de radicar en la comunidad, nivel de estudios, si hablaba alguna lengua o idioma diferente al español y si había vivido fuera de la comunidad. Después, las del solar: edad, historia, dimensiones y forma de adquisición. Por lo general, esta parte de la entrevista transcurrió en el interior de las casas de los entrevistados, teniendo a las hamacas como sillas. Posteriormente, se realizó el recorrido dentro del solar.

Durante este recorrido, se llevó a cabo la segunda parte de la entrevista, cuyo guión de preguntas se elaboraron en función de las áreas y estructuras que podían encontrarse en el traspatio de acuerdo con los trabajos analizados. Luego entonces se indagó sobre las áreas que podían verse durante el recorrido: ornamental, frutal, medicinal y de vegetación secundaria. A medida que avanzó el trabajo se detectó la presencia de una más: la de hortalizas y condimentos. En una segunda visita, se midió el solar, haciendo las anotaciones correspondientes. Esta medición se hizo con ayuda de los propietarios o de un auxiliar la con una cinta métrica de 50 m de largo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La diversidad florística encontrada dentro de los 20 huertos estudiados está integrada por 120 especies, distribuidas en 32 familias, de las cuales las más representativa fueron la familia Asteraceae (8%) y Rutaceae (8%), seguida de la familia Liliaceae (6%), y representadas en 110 géneros de los cuales los más abundantes son el género *Citrus* y *Capsicum*. Dicha diversidad estuvo enmarcada por las características de cada una de las dos secciones donde se realizó el trabajo, los elementos determinantes fueron sin duda el suelo y la disponibilidad de agua.

Los elementos florísticos que comprenden los huertos familiares de Cuilapam de Guerrero son los siguientes y difieren de lo que describe Guzmán en 1999, en San Bartolomé, Quialana quién reporta 104 especies dentro de los huertos familiares de esa localidad, y de las 129 que indica Cano en 2003 en Tepango, Guerrero, y Vásquez-Dávila y Lope-Alzina 2012 encontraron para Talea de Castro con 62 especies vegetales, para San Bartolomé Quialana 104 y para San Blas Atempa 92 especies, Sánchez-Velasco (2008) reporta para Huehuetlán, el Grande, Puebla 199 especies útiles dentro de los huertos familiares de la comunidad y que la familia más representada fue la Araceae y la Crassulaceae. La diferencia en cuanto a la riqueza florística puede deberse a la disponibilidad de agua dentro de cada comunidad, a la riqueza de los suelos, la temporada en la cual se realizó el trabajo de campo o de la época de maduración o crecimiento de cada especie vegetal.

En los huertos de la primera sección la edad de los productores va de 32 hasta los 70 años y solo el 10% de los entrevistados en esta sección tienen una profesión, el 90% se dedican exclusivamente al campo y quehaceres del hogar. Es importante mencionar que mientras el trabajo de la milpa es responsabilidad del jefe de familia, el trabajo del huerto familiar está a cargo de la mujer; las mujeres son grandes trabajadoras, de ellas cuelgan los mayores y más actividades de la sustentación de sus casas y educación de sus hijos, y paga de sus tributos, y con todo esto, si es menester, llevan algunas veces carga mayor labrando y sembrando sus mantenimientos. Son maravillosas granjeras, yendo a los mercados a comprar y vender sus productos. Crían aves de las suyas y las de Castilla para vender y para comer. Crían pájaros para su recreación y para las plumas, con la que hacen sus ropas galanas; y crían otros animales domésticos de los cuales dan el pecho a los corzos, con los que los crían tan mansos que no saben írseles al monte jamás, aunque los lleven y traigan por los montes y críen de ellos (Landa, 1983 citado por Toledo, 2005).

Es importante considerar en el abordaje de los huertos familiares su relación con la cosmovisión de la familia que lo habita, ya que la gente es quien de acuerdo con sus expectativas, necesidades y forma de ver el mundo, diseñará y dirigirá la construcción del huerto con el correr de los años. En ese sentido, es notoria la ausencia de cerdos en las familias evangélicas esto se debe a que es una prohibición bíblica y no se les permite criar y mucho menos consumir la carne de cerdo. Las señoras acostumbran dejar tras la puerta principal una escoba, esto con el fin de que las visitas no deseadas se alejen cuanto antes del hogar. Si en la casa hay niños menores de 6 años acostumbran pintar cruces de cal detrás y al frente de la recámara donde duerme, esto con el fin de alejar a la bruja. Los adultos no permiten que los niños se duerman bajo la sombra de los árboles, porque dicen que si lo hacen los duendes que ahí viven les robarán sus almas.

Los habitantes también acostumbran el sábado de gloria pegarle a los niños con una vara en las piernas, y esto lo hacen porque dicen que así aseguran que los niños crecerán, esto mismo hacen con los árboles para que crezcan y den frutos, si esto no funciona le cuelgan al árbol ropa interior de mujer para que le de vergüenza. Si tienen algún árbol con frutos le cuelgan trapos o listones rojos, esto con el fin de que las personas no le echen ojo y sus frutos se caigan. Al momento de sembrar alguna semilla también tienen mucho cuidado de quién lo hace, porque dicen que si la persona es de manos calientes la semilla no germinará. Algo que ellos cuidan mucho es a sus hijos, por ello cuando salen les ponen su ropa interior al revés, o les cuelgan en la muñeca de su mano un ojo de venado para evitar que les echen ojo, y si esto sucede los niños se ponen muy inquietos, incluso le llega a dar vómito y calentura, y por tanto deben limpiar a sus hijos con un huevo, alcohol y albahaca, también pueden curarlos con untándoles una playera de algún familiar que venga sudado.

El conocimiento (Corpus) de la primera sección

Los campesinos o productores saben las temporadas para sembrar cada uno de sus cultivos y esta información la pasan de viejos a jóvenes, algunos jóvenes aprenden viendo o lo escuchan de otras personas por ejemplo en esta sección siembran cada año la jícama y lo hacen en el mes de mayo para cultivarla para el mes de noviembre (día de muertos). También siembran la flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) y la flor de borla (*Vernonia tortuosa*) en el mes de julio para cosecharla el mes de noviembre (día de muertos). Podan los árboles en luna llena para que sus retoños crezcan fuertes y vigorosos. Para saber si lloverá durante el año, se basan en las fases lunares, por ejemplo dicen que si la luna está en cuarto menguante y los cuernos para arriba, si lloverá, de lo contrario no habrán lluvias. O se basan en lo que llaman las castañuelas, que son los primeros doce días del año, pues dicen que esos días pintan como será cada mes.

En los huertos de la primera sección la edad de los productores va de 32 a 72 años y sólo el 10% de los entrevistados en esta sección tienen una profesión, el 40% tienen un ingreso de su trabajo como policías, judiciales, bomberos, empleados (as) de mostrador, y el 50% se dedican al campo y quehaceres del hogar, solo el 40% cuentan con pozo propio el resto riega con agua potable o residual por ello los huertos no son tan ricos en cuanto a especies vegetales pues el agua para ellos es una limitante, los suelos que en esos huertos se pudieron encontrar son pedregosos acompañados de peña y eso hace que la riqueza mineral para la producción sea poca. Las familias debido a la escasez de agua que se les presenta están optando por tener sus plantas en macetas, esto les permite tener un mejor control en cuanto al riego y disminuir por tanto el gasto de agua, dentro de los huertos siembran solo plantas que les sirven para alimento y las de ornato están desapareciendo debido a la problemática ya planteada.

Se identificaron cuatro enfermedades más importantes para ellos y que curan con sus plantas medicinales del huerto y la más común fue el dolor de estómago, seguida de la tos, fiebre. En el Cuadro 1 se presentan las plantas que tienen un uso tradicional medicinal y que las personas de la primera sección utilizan para curar.

Cuadro 1. Plantas con uso medicinal en los huertos de Cuilapam de Guerrero, Oaxaca, México, 2013.

Nombre común	Enfermedad	Parte usada
Albahaca	<i>Mal de aire/susto</i>	Toda la planta
Arnica	<i>Reuma</i>	Flores y hojas
Bugambilia	<i>Tos</i>	Hojas y flores
Chaya	<i>Insomnio</i>	Hojas
Chicalote	<i>Mal de aire</i>	Toda la planta
Cempasúchil	<i>Susto</i>	Flor
Chamizo	<i>Lactancia</i>	Flor y hoja
Dedos de Dios	<i>Infección ojos</i>	Fruto
Epazote	<i>Dolor estómago, lombrices</i>	Toda planta
Espule	<i>Salpullido</i>	Toda la planta
Eucalipto	<i>Tosferina</i>	Hojas
Gedeondilla	<i>Dolor</i>	Hojas y flor
Granada	<i>Lombrices</i>	Flores, fruto
Guayaba	<i>Diarrea</i>	Fruto y hojas
Hierba buena	<i>Dolor estómago</i>	Toda planta
Hierba santa	<i>Quemaduras, golpes</i>	Hojas
Hierba maestra	<i>Bilis</i>	Toda planta
Lima	<i>Mezquinos</i>	Fruto
Malva	<i>Gastritis</i>	Hojas
Manzanilla	<i>Dolor estómago</i>	Hojas y flor
Marrubio	<i>Tos</i>	Tallo y hojas
Nopal	<i>Diabetes</i>	Hoja
Orégano	<i>Cólico</i>	Hojas
Papaya	<i>Estreñimiento</i>	Fruto
Romero	<i>Dolor estómago</i>	Hojas
Ruda	<i>Susto</i>	Toda planta
Sábila	<i>Fiebre, Nervios</i>	Hojas
Te limón		Hojas

La parte medicinal de las plantas que más utilizan son las hojas, esto se debe a que es la parte donde se concentran sus sustancias activas, y que además la mayor parte de las plantas utilizadas como medicina son herbáceas por tanto están constituidas de hojas y una pequeña raíz. Las plantas empleadas para la cura de dolor de estómago que fue la enfermedad más frecuente son la hierbabuena, epazote, manzanilla y romero, todas estas usadas como té, con guayaba, hierbabuena y romero. Las categorías antropocéntricas identificadas en esta sección fueron: comestibles (60%), donde las más representativas son la lima (*Citrus aurantifolia*), nopal (*Opuntia* sp.), calabaza (*Cucurbita pepo*), etc., medicinal (30%) las más representativas son hierba buena (*Mentha x piperita*), manzanilla (*Matricaria chamomilla*), sábila (*Aloe vera*), árnica (*Arnica montana*), etc., ornamental (5%) ellos por la escasez de agua que presentan prefieren plantas que requieran poco suministro de este líquido como son el girasol (*Helianthus annuus*), tulipán (*Tulipa* sp.), rosales (*Rosa* sp.), etc., cerca (5%) lo más común es el carrizo (*Arundo donax*).

La estructura vertical de los huertos de la primera sección con respecto a la distribución vertical de los huertos estudiados, se identificaron tres estratos : arbóreo, arbustivo y herbáceo, predominando el arbóreo (48%) arbustivo en un (30%), seguido del herbáceo (22%). Dentro del estrato arbóreo se encontraron especies vegetales que se utilizan como alimento y a su vez como sombra, y es importante resaltar que estas especies en su mayoría no requieren de un riego constante ya que se mantienen con el agua de lluvia como por ejemplo el árbol de naranja, tamarindo y eucalipto. El estrato herbáceo está representado por especies como la hierbabuena, la malva y la albahaca, y dentro del estrato arbustivo lo más representante es la ruda.

En cuanto a la distribución horizontal las dos secciones coinciden pues se detectaron cuatro zonas de uso y manejo: medicinales, comestibles, sombra y ornato además de la casa habitación y las áreas necesarias como baños, lavaderos y corredor.

Las medicinales se ubican dentro del huerto junto con las comestibles, pero las ornamentales las ubican al frente de la casa, y las que son para sombra que son principalmente comestibles las ubican de tal manera que den sombra a la casa y a las plantas. La cronología del huerto se ve reflejada en la utilidad y el uso que se le da a las plantas, existen plantas que son perennes y por tanto pueden utilizarse todo el año como la hierba buena, el marrubio, y otras que solo están disponibles por temporadas como el cempasúchil que se vende en noviembre, la noche buena que se usa en diciembre, en la cronología también se considera la edad de los huertos ya que entre más joven sea este, menos número de especies potenciales alimenticias estarán disponibles.

Dentro de los huertos de la primera sección se encontraron siete especies de animales distribuidas en dos clases (Cuadro 2). La presencia de un mayor número de chivos se debe a que son animales de pastoreo, es decir los llevan al campo para que se alimenten y de esa manera disminuyen su costo en compra de pastura y esto fue confirmado al consultar el censo agropecuario del INEGI, 2004, dónde se reporta que el aprovechamiento de la vegetación natural se da para el ganado caprino, además que se utilizan para alimento y venta y su costo la mayor parte del año es muy bajo, además que su manejo es muy fácil pues los tienen confinados dentro de un corral durante la noche y en el día en pastoreo. La presencia de gallinas y guajolotes también es notoria y se presenta en el 100% de los huertos y esto se debe a la poca demanda de alimento que tienen y es que se pueden alimentar con desperdicios de comida y tortilla, además de que aportan carne y huevos a las familias campesinas, y al igual que los chivos, estas se tienen dentro de un corral para evitar que bajen de peso, y que sus huevos los pongan en lugares que la familia tenga acceso a ellos y no se los coman otros animales.

Cuadro 2. Fauna encontrada en los huertos de la sección primera de Cuilapam de Guerrero, Oaxaca, México, 2013.

Nombre común	Clase	Familia	Total de fauna
Borregos	Mamíferos	Bovidae	29
Chivos	Mamíferos	Bovidae	115
Puercos	Mamíferos	Suidae	12
Aves	Aves	Phasianidae	111
Bovinos	Mamíferos	Bovidae	17
Gatos	Mamíferos	Felidae	29
Perros	Mamíferos	Canidae	47

Los bovinos son utilizados en esta sección para el trabajo del campo, y aunque los costos para adquirirlos están en aumento tienen que ver como consiguen ese dinero ya que les es indispensable para sus labores.

El inventario de la fauna que se encontró en los solares o huertos de la primera sección fue de 242 animales de diversas especies y los más abundantes fueron los caprinos (31.9%), seguidos de las aves (30.8%) y los que ocupan el último lugar son los porcinos (3.3%), si se analizan los datos se puede notar que los porcinos han disminuido notablemente y esto es porque dentro de la comunidad ya está prohibido tener a estos animales dentro de los huertos por el olor fétido que despiden y esto ocasiona que los vecinos que no tienen estos animales se molesten y por ello el regidor de ecología ha prohibido tener estos animales cerca de las viviendas. Además de que en esta sección se centra un buen número de personas que no son católicas y su religión les prohíbe criar y comer ganado porcino.

Los productores de la primera sección usan los caprinos como un ahorro, mismo que venden cuando tienen una necesidad económica, o los utilizan para regalo en las bodas, estos los obsequian a sobrinos o ahijados que se casan para que ellos inicien su ahorro, las aves las señoras las crían para venderlas en el mercado de la comunidad o en Zaachila y así obtener ingresos económicos para cubrir principalmente gastos de sus hijos, esto lo hacen principalmente en los meses de enero porque viene la cuesta después de un fin de año muy gastado, julio porque es fin de cursos y en las escuelas hay que cubrir las colegiaturas, uniformes y festivales y en diciembre por los gastos de fin de año.

Los huertos de la cuarta sección; de los productores entrevistados el 50% son profesores ya jubilados que dedican su tiempo a cuidar del huerto como una distracción y al mismo tiempo obtienen alimentos básicos, el resto son amas de casa, comerciantes o empleados en el centro de la ciudad, la edad de los productores va desde 38 hasta los 74 años y en esta sección es común encontrar plantas ornamentales que colocan en sus corredores y al frente de sus casas. La responsabilidad económica de la familia es compartida por el hombre y la mujer ya que dicen en estos tiempos un salario no es suficiente para la manutención de la familia. La cosmovisión de la sección cuarta, es importante señalar que cada comunidad, o en este caso sección tienen variaciones en cuanto a sus mitos o creencias y es interesante conocer la forma en que ellos veneran o bendicen sus recursos naturales.

En esta sección existía el árbol llamado laurel (*Laurus nobilis*) pero ahora es raro encontrarlo y es porque las personas dicen que su sombra llama a la bruja y que por las noches era común verla debajo del árbol y si había niños en la casa los mallugaba o molestaba, por ello optaron por cortarlos. Al igual que en la primera sección, acá también pintan cruces de cal o colocan las palmas que llevan a bendecir en semana santa detrás y al frente de las habitaciones donde duermen los niños, para alejar a la bruja. Las personas difícilmente salen solas después de las 11 de la noche, pues dicen que sale la matlacihua, que es una mujer vestida de blanco que toma la apariencia o forma de algún conocido y que los engaña y se los lleva lejos para echarlos a perder. Muchas personas dicen que en las festividades de día de muertos si no ponen sus altares o su ofrenda vienen las almas de sus muertos a quemar el lugar donde colocan sus santos, y es porque se enojan que vienen cansados, con hambre y sed y no tienen nada que comer.

El jueves y viernes santos acostumbran a llevar semilla de maíz, frijol y calabaza a misa para que las bendiga el padre y así garanticen una buena cosecha. Cuando las señoras están elaborando tamales o barbacoa y de pronto llega una mujer embarazada, esta debe colocar dentro de la olla un tamal o un pedazo de barbacoa porque de lo contrario dicen que estos productos no se cocerán, ya que los ojea la embarazada por el antojo. Dicen las personas mayores y que tienen pozo de agua en su casa, que si la gente te llega a pedir que le regales agua no debes negársela, porque de lo contrario el pozo se secará.

El conocimiento (corpus) de la sección cuarta, aunque como ya se mencionó, los productores entrevistados de esta sección el 90% tienen una profesión o tienen un empleo federal, pero conocen las actividades del campo y saben los periodos de siembra y toman en cuenta las fases lunares, ellos dicen que si la luna nueva trae un círculo rojo alrededor, es seguro que caerá granizo, o si la luna nueva se va con un círculo blanco alrededor quiere decir que las aguas ya se va y no lloverá más. Basándose en las experiencias de los ancianos, saben que si un árbol de huamuche (*Phithecellobium dulce*) tiene muchos frutos la cosecha será buena. La producción de los huertos familiares de lo utilizan principalmente para consumo, aunque Toledo *et al.* (2006) mencionan que en ocasiones se destina el excedente hacia el mercado. Dentro de la comunidad las personas que tienen excedentes los expenden en el mercado local o en la plaza de Zaachila, pocos son los que van a vender al mercado de la central.

Las prácticas (praxis) en la sección cuarta, en los huertos de esta sección el 50% de los productores cuentan con un pozo propio que aunque en muchas ocasiones disminuye su cantidad de agua, les sirve para el riego, lavado de ropa y trastes, además venden el agua por tinacos o pipas y esto para ellos ha representado un gran negocio, incluso hay dos purificadoras que son muy redituables, y esta sección es muy reconocida a nivel pueblo porque en una de sus calles existe un pozo que se le conoce como “el pozo de piedra” y es un verdadero venero de agua, en todo el año no se seca y los vecinos del barrio o sección cuando no tienen agua, acarrear agua de ese pozo, pero solo se les permite a los habitantes del barrio tomar el agua, incluso los vecinos de la calle colocaron una bomba de agua y manguera subterránea que les permite bombear a sus casas y así nunca carecen de este vital líquido, los suelos son muy productivos y además todos los residuos de la cocina la depositan dentro del huerto para que sirva como abono a las plantas.

Se identificaron cinco enfermedades que las personas curan con algunas plantas medicinales que tienen en sus huertos y la más común es el dolor de estómago, que curan con la hierba buena (*Mentha x piperita*) y la preparan en té, seguido de la tos la curan con la bugambilia (*Bougainvillea spectabilis*) también la utilizan en té y le ponen miel, unos dientes de ajo y la hierba de vaporrub, también realizan vaporizaciones pero con eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) y vaporrub etc. Y el susto que es común utilizar la ruda (*Ruta chalapensis*) por las mañanas cuando aún tiene gotas de rocío la persona que tiene susto la abraza y se la unta por todo el cuerpo, esto lo debe hacer durante tres días.

En el Cuadro 3 se presentan las plantas que tienen un uso tradicional medicinal y que las personas de la sección cuarta utilizan para curar. La parte medicinal de las plantas que más utilizan son las hojas, después las flores y por último toda la planta.

Cuadro 3. Plantas medicinales más utilizadas en la sección cuarta en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca, México, 2013.

Nombre común	Enfermedad	Parte usada
Aceitillo	<i>Diabetes</i>	Hojas
Aguacate	<i>Golpes</i>	Hojas
Albahaca	<i>Mal de aire/susto</i>	Toda la planta
Anona	<i>Dolor de cuerpo</i>	Hojas
Árnica	<i>Reuma</i>	Flores y hojas
Bugambilia	<i>Tos</i>	Hojas y flores
Cilantro	<i>Escalofríos</i>	Hojas
Chaya	<i>Insomnio</i>	Hojas
Chicalote	<i>Mal de aire</i>	Toda la planta
Cempasúchil	<i>Susto</i>	Flor
Chamizo	<i>Lactancia</i>	Flor y hoja
Dedos de Dios	<i>Infección ojos</i>	Fruto
Epazote	<i>Dolor estómago, lombrices</i>	Toda planta
Espule	<i>Salpullido</i>	Toda la planta
Eucalipto	<i>Tosferina</i>	Hojas
Gedeondilla	<i>Dolor</i>	Hojas y flor
Granada	<i>Parto, tos</i>	Flores, fruto
Guaje	<i>Lombrices</i>	Fruto
Guayaba	<i>Diarrea</i>	Fruto y hojas
Hierba buena	<i>Dolor estómago</i>	Toda planta
Hierba santa	<i>Quemaduras, golpes</i>	Hojas
Hierba maestra	<i>Bilis</i>	Toda planta
Lima	<i>Mezquinos</i>	Fruto
Malva	<i>Gastritis</i>	Hojas
Manzanilla	<i>Dolor estómago</i>	Hojas y flor
Marrubio	<i>Tos</i>	Tallo y hojas
Nopal	<i>Diabetes</i>	Hoja
Orégano	<i>Cólico</i>	Hojas
Papaya	<i>Estreñimiento</i>	Fruto
Romero	<i>Dolor estómago</i>	Hojas
Ruda	<i>Susto</i>	Toda planta
Sábila	<i>Caída cabello, fiebre</i>	Hojas
Te limón	<i>Nervios</i>	Hojas

En los huertos de la sección cuarta se identificaron también tres estratos verticales: herbáceo (45%), arbustivo (25%) y arbóreo (30%), pero a diferencia de la primera sección en esta predomina el estrato herbáceo y esto se debe a que hay disponibilidad de agua pues el 90% de los productores cuentan con un pozo propio dentro de su huerto y son pozos que tienen suficiente agua en todo el año, con ella riegan, la utilizan para quehaceres del hogar y el 30% la venden en pipas o tinacos en época de estiaje. El estrato herbáceo está representado por la hierbabuena (*Mentha x piperita*), epazote (*Chenopodium ambrosioides*) y espule (*Lavanda angustifolia*), el arbustivo se representa con el café (*Coffea arabica*), la chaya (*Cnidoscolus chayamansa*) y la hierba santa (*Piper sanctum*), y el arbóreo lo representa el guajinicuil (*Inga jinicuil*).

Los resultados encontrados para ambas secciones coinciden con el trabajo realizado por Guzmán (1999) en San Bartolomé Quialana y por González *et al.* (2004) para Xochipala, Guerrero y por lo reportado por Vásquez-Dávila y Lope-Alzina 2012 para Talea de Castro, San Bartolomé Quialana y San Blas Atempa quienes identificaron los mismos estratos dentro de los huertos estudiados en las diferentes comunidades.

El estudio de Sánchez-Velasco (2008) que realizó en Huehuetlán, el Grande, Puebla identificó tres estratos encontrados en los huertos de Cuilapam de Guerrero. Albuquerque *et al.* (2005), mencionan tres estratos en los huertos al norte de Brasil, el primero está integrado por plantas medicinales y árboles frutales, el estrato medio está formado por especies multipropósito y el último está formado por árboles de 7 a 12 metros de altura. Pero lo anteriormente mencionado difiere de Angeles *et al.* (2000) quién identifica dos estratos en los huertos de la región Catalonia, el primer estrato está formado de hierbas y arbustos, el segundo formado por árboles. Ceccolini (2002) reporta en los huertos de la Isla de Soqotra, Yemen al sur de la Península de Arabia describió de tres a cuatro estratificaciones, el nivel bajo lo forman plantas de crecimiento postrado, el segundo estrato lo forman las hierbas, el tercero está formado por los árboles frutales de talla pequeña y el último o cuarto estrato lo integran las palmas.

Conocimiento, uso y manejo de la fauna en la sección cuarta, en la sección cuarta la especie más abundante son las aves (32.3%), le siguen los chivos (25.4%) (Cuadro 4) y al igual que en la sección primera los cerdos son los menos representativos, pero esto no se debe precisamente al problema de la primera sección, la sección cuarta se caracteriza porque el 85% de sus habitantes no se dedica solamente a las labores del campo pues tienen trabajo como policías, secretarías y maestros jubilados o personas con profesión entonces el huerto y los animales los ocupan principalmente para invertir su dinero y venderlos cuándo estén caros los animales para así obtener ganancias y poder seguir invirtiendo.

Cuadro 4. Fauna encontrada en los huertos de la sección cuarta de Cuilapam de Guerrero, Oaxaca, México, 2013.

Nombre común	Clase	Familia	Total fauna
Borregos	Mamíferos	Bovidae	8
Chivos	Mamíferos	Bovidae	30
Puercos	Mamíferos	Suidae	8
Aves	Aves	Phasianidae	37
Vacas y buey	Mamíferos	Bovidae	8
Gatos	Mamíferos	Felidae	12
Perros	Mamíferos	Canidae	15

La inventario de la fauna que se encontró en los solares o huertos de la sección cuarta fue de 118 animales de diversas especies y las más abundantes fueron las aves (31.3%), seguidos de los chivos (25.4%) y los que ocupan el último lugar son los puercos, borregos y bueyes (6.7%), si se analizan los datos se puede notar que los porcinos han disminuido notablemente y esto es porque dentro de la comunidad ya está prohibido tener a estos animales dentro de los huertos por el olor fétido que despiden y esto ocasiona que los vecinos que no tienen estos animales se molesten y por ello el regidor de ecología ha prohibido tener estos animales cerca de las viviendas.

Los productores de la sección cuarta utilizan las aves para reproducción y para producción de huevo, comentaron que ahora que estos productos tuvieron un gran incremento, a ellos no les afectó porque en sus huertos tenían el acceso a ellos y por tanto esto fue de gran ayuda para su economía. Al tener animales deben saber cómo curarlos y lo hacen igual que en la primera sección, la enfermedad más común de los caprinos, bovinos y ovinos son: el empacho de los animales ellos dicen “mi animal esta aventado” y les pasa eso porque comen pastura caliente o plástico y lo que hacen es darles en una botella de vidrio agua con sal, también les pegan con un huarache de cuero en su estómago “panza”, si el animal come veneno les preparan una botella con leche y se las dan a que la tomen y les dan muchas vueltas hasta que vomite el animal para que así expulse las toxinas del veneno. En los guajolotes la enfermedad más común es la viruela que los deja ciegos y pueden llegar a morir y esta la curan con la lima lo que hacen es asarla en las brasas y el jugo se lo echan en los ojos diariamente por las mañanas, también les cortan los granos con un cúter o navaja bien desinfectada.

Características sobresalientes de los huertos familiares estudiados, resaltan algunas particulares de los huertos estudiados por sección, asociado a las prácticas y preferencias de uso de las plantas, animales y los recursos naturales de cada sección. Para analizar lo anterior, algunos autores han hecho comparaciones entre ciertas áreas de manejo encontradas por Rico *et al.* (1990) y Caballero (1992) en huertos caseros mayas de la península de Yucatán.

Estas áreas se resumen en cinco secciones: 1) un área ocupada por la casa y cerca de ésta se puede encontrar el gallinero y un área para la cría de cerdos, en esta misma área la gente cultiva chile (*Capsicum* sp.) y otras plantas

aromáticas como epazote (*Chenopodium ambrosioides*), cebollina (*Allium schoenoprasum*) y orégano (*Coleus amboinicus*); 2) una sección dedicada al crecimiento de árboles frutales y arbustos; 3) una sección para los cultivos anuales principalmente vegetales, maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus* sp.) y calabaza (*Cucurbita* sp.); 4) otra área al frente de la casa dedicado a la siembra de plantas ornamentales y 5) un área de vegetación natural principalmente de bosque secundario.

Estas mismas áreas fueron encontradas por Vogl *et al.* (2002) en huertos caseros de migrantes indígenas establecidos en el Distrito de Palenque, Chiapas. Sin embargo, al compararlas con comunidades choles no migrantes con igual tamaño de muestra encontró en éstas mayor presencia de áreas para vegetación secundaria y para la siembra de cultivos anuales. Para el estudio cabe resaltar algunas características visibles que distinguen a los huertos de las secciones estudiadas. Por ejemplo, es frecuente encontrar una cerca que delimita el área del huerto y de las calles del poblado, en la primera se encontró que las cercas están hechas de carrizo. En otros casos se observó el nopal (*Opuntia* sp.). En el caso de la cuarta sección la cerca que delimita los huertos es principalmente de cercos vivos, y la que delimita el espacio con la calle es de cemento y es porque acá las personas cuentan con más ingresos económicos por las actividades que desempeñan.

Es así, como el Cuadro 5, permite establecer ciertas diferencias entre los huertos de cada comunidad, desde los materiales predominantes para la construcción del cerco hasta las diferentes áreas de manejo encontradas. Asimismo, se presentan los animales domésticos característicos de acuerdo a la actividad para la cual los utilizan. Las secciones estudiadas encuentran dentro de sus huertos una seguridad alimentaria que les permite satisfacer parte de sus necesidades, además de que les ayuda a disminuir los gastos en cuanto a la adquisición de algunas frutas, verduras, etc. Durante todo el año las personas pueden disponer en su huerto de alimentos que les permiten tener una vida saludable ya que no utilizan ningún producto químico, todo es orgánico, pues los abonos que utilizan están hechos a base de residuos de árboles, y desechos de cocina que convierten en composta y posteriormente los incorporan a la tierra para sus plantas.

Cuadro 5. Diferencias entre las huertas familiares de las dos secciones

Características	Primera sección	Cuarta sección
Tipo de cerca	Carrizo	Cemento, cercos vivos
Animales predominantes	Cabras y aves	Aves y cabras
Material de la casa	Cemento, lámina	Cemento
Tamaño del huerto	Mediano	Grande
Uso general de las plantas	Comestibles, medicinales	Comestibles, medicinales, ornato
Uso general de los animales	Trabajo, venta	Venta
Árboles frutales	Si	Si
Plantas medicinales	Si	Si
Plantas ornamentales	Pocas	Si
Estructura horizontal	Comestibles, medicinales, ornamentales, cercos vivos	Comestibles, medicinales, ornamentales
Estructura vertical	Arbórea, arbustiva, herbácea	
Distribución de la superficie	Casa, baños, lavaderos, corredor, huerta,	Herbácea, arbustiva, arbórea Casa, baños, lavaderos, galera, huerta, patio

CONCLUSIONES

Los huertos familiares de Cuilapam de Guerrero presentaron una riqueza florística de 120 especies útiles, esta es baja debido al clima, tipo de suelo y vegetación, sin embargo, el agua juega un papel sobresaliente para el mantenimiento y presencia de muchas especies.

Las estructuras que se identificaron en ambas secciones fueron vertical, horizontal y cronológica, la primera está se caracteriza por tener tres estratos que son el arbóreo en el cual, las especies miden desde los cuatro metros en adelante y está representado por árboles como la lima (*Citrus aurantifolia*), el mango (*Mangifera indica*) y el

guajinicuil (*Inga jinicuil*), el arbustivo donde las plantas miden desde los dos hasta los cuatro metros y se identifica la bugambilia (*Bougambillea* sp.), la chaya (*Cnidoscolus chayamansa*) y la hierbasanta (*Piper sanctum*), y el herbáceo que sus ejemplares miden de cero a metro y medio y son característicos el albahaca (*Ocimum micranthum*), hierba buena (*Mentha x piperita*), ruda (*Ruta chalapensis*). Respecto a la estructura horizontal se forman diferentes zonas de uso dentro del terreno (casa, patio, lavaderos, etc.), estos subespacios o componentes se diferencian por su composición florística y según el propósito de los mismos, la división del trabajo se da por género, ya que el hombre es el encargado del cuidado de los animales, la siembra de los terrenos y en algunas ocasiones cuida el huerto, pero la mujer es la directamente encargada del cuidado del huerto, selección de las semillas a sembrar, el cuidado de los hijos y en algunas ocasiones ayuda en las labores del campo.

La estructura cronológica está determinada por los ciclos vegetativos de cada una de las especies, es decir si la especie es perenne la planta está disponible todo el año como por ejemplo Manzanilla (*Matricaria chamomilla*), el árnica (*Arnica montana*), toronja (*Citrus maxima*), las anuales que son cempasúchil (*Tagetes erecta*), noche buena (*Euphorbia pulcherrima*), ciruela (*Spondias* sp.). Por lo general las plantas medicinales están presentes durante todo el año, y esto les permite a las personas disminuir algunos gastos. El manejo del huerto familiar se guía de acuerdo a sus funciones por parte del productor. La principal función del huerto familiar es la de proveer alimentos. Pero el manejo y la conservación de la agrobiodiversidad cambian con el tiempo y las circunstancias. Además de que conserva la riqueza *in-situ*, es decir el mantener la diversidad y continuidad en el tiempo y el espacio.

Para el campesino todas las especies son importantes ya que les sirve para alimentarse, para alimentar a sus animales, para curar algunas enfermedades, para condimento, para proyectar un mejor aspecto de sus hogares, etc. Muchos de los cultivos o variedades solo es posible encontrarlos dentro de los huertos familiares, ya que forman parte de variedades tradicionales utilizadas en épocas pasadas, que no se adaptan a la agricultura moderna, y cumplen un papel en la alimentación y el bienestar familiar. La caracterización del uso y manejo es similar dentro de las dos secciones, las plantas medicinales la utilizan para curar diversas enfermedades y las más comunes son el dolor de estómago, la diarrea y la tos para las cuales utilizan la hierba buena, manzanilla, y la bugambilia respectivamente. La fauna doméstica también es un elemento importante y las personas la utilizan para trabajo en el campo, para producción de carne y huevo, y para venta cuando su economía así lo requiere. Los ovinos (vacas y bueyes) son los animales más importantes para los habitantes de la primera sección ya que son animales de tracción y producción de leche, toda la fauna son una alcancía familiar y les resuelve grandes problemas económicos.

LITERATURA CITADA

- Albuquerque, V. P., H. C. Andrade L. y J. Caballero. 2005. Structure and floristics of homegardens in Northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments* 62: 491-506.
- Angeles, A., M.A. Bonet y J. Valles. 2000. Homegardens and their role as a main source of medicinal plants in mountain regions of Catalonia (Iberian Peninsula). *Economic Botany* 54 (3): 295-309.
- Caballero, J. 1992. Maya homegardens: past, present and future. *Etnoecológica* (1)1: 35-56.
- Cano, R. M. 2003. Los huertos familiares de Tepango, Guerrero. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 99 p.
- Ceccolini, L. 2002. The homegardens of Soqotra, Island Yemen: an example of agroforestry approach to multiple land-house in an isolated location. *Agroforestry Systems* 56: 107-115.
- Fernandez, E. & P. Nair. 1986. An evaluation of the structure and function of tropical homegardens. *Agricultural Systems*. 21: 279-310.
- Guzmán, S. R. 1999. Descripción de los huertos familiares zapotecos de San Bartolomé Quialana, Tlacolula, Oaxaca. México. Residencia Profesional. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23.
- Herrera- Castro, N. D. 1992. Los Huertos Familiares en el oriente de Yucatán. Tesis de Maestría. UNAM. Facultad de Ciencias. México, D.F. 180 p.
- Hoogerbrugge, I. and L.O. Fresco, 1993. Homegarden Systems: Agricultural characteristics and challenges. International Institute for Environment and Development, London, pp: 21.
- INEGI. 2004. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca.
- Jiménez-Osornio, J.J., R. Ruenes M. y P. Montanés E. 1999. Agrobiodiversidad en los solares de la Península de Yucatán. *Red de Gestión de Recursos Naturales* 14: 30-40.
- Kumar, B. and M. Nair. 2004. The enigma of tropical homegardens. *Agrofor. Syst.* 61:35-152.
- Lok, R. 1996. La función insustituible de los huertos caseros. *Agroforestería de las Américas* 3 (9-10): 4-5.

- Mariaca, M. R., A. González J. y T. Lerner M. 2007. El huerto familiar en México; Avances y propuestas. Avances en agroecología y ambiente B. U. A. de Puebla. México. pp. 119-138.
- Mora, D. J. 2008. Persistencia, conocimiento local y estrategias de vida en sociedades campesinas. Revista de Estudios Sociales 29: 122-133.
- Sánchez-Velasco D. 2008. Composición florística, estructura y manejo de los huertos familiares del municipio de Santo Domingo Huehuetlán el Grande, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. De México.
- Soemarwoto, O. 1992. Homegardens: a traditional agroforestry system with a promising future. In: Memorias del III Simposium de Agroforestería, Chapingo, México.
- Toledo, V. M. 1991. El juego de la supervivencia. Un manual para la investigación etnoecológica en Latinoamérica. CLADES. Berkeley, California. USA. 65 p.
- Toledo, V. M. 2005. La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. LEISA, Revista de Agroecología. 20(4):
- Toledo, V. M., J. Carabias, C. Mapes, C. y C. Toledo. 2006. Ecología y autosuficiencia alimentaria. Sexta edición. Siglo veintiuno. Editores, ciudad de México. 118 p.
- Vásquez-Dávila, M.A. 1995. Sociedad y Naturaleza en Oaxaca, número 2: Recursos Vegetales de Oaxaca. Conacyt-Oaxaca. México.
- Vásquez-Dávila, M. A., D. G. Lope-Alzina. 2012. Manejo y conservación de la agrobiodiversidad y biodiversidad en huertos familiares indígenas de Oaxaca, México: Un enfoque biocultural.

ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR Y FACTORES DE PERTURBACIÓN EN UNA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TEHUANTEPEC¹

[LEAF AREA INDEX AND DISTURBANCE FACTORS IN A BASIN OF TEHUANTEPEC RIVER]

Cesar Gil Vásquez-Agustín, Gerardo Rodríguez-Ortiz[§], José Raymundo Enríquez-del Valle,
Vicente Arturo Velasco-Velasco, Gisela Virginia Campos-Ángeles

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230. Tel. 01(951) 5170788. [§]Autor responsable (grodriguez.itvo@yahoo.com)

RESUMEN

El índice de área foliar (IAF) es factor importante en ecosistemas forestales por su estrecha relación con el ciclo hidrológico y el uso actual de suelo. La investigación se realizó durante 2011 con el objetivo de relacionar los factores de perturbación del sitio y el IAF en la cuenca de Santa María Quiegolani, Yautepec, Oaxaca. Selectivamente, se establecieron cuatro sitios (400 m²) distribuidos en los factores de perturbación presentes. En los sitios se realizaron muestreos destructivos de 12 árboles. Se obtuvo peso verde y seco en la muestra y peso verde total de follaje en tres individuos por sitio. El área foliar de la muestra (AF, m²) se obtuvo en el programa ImageJ®. A nivel árbol, se ajustó un modelo logarítmico (pseudo-R² = 0.89) para estimar AF usando como variables independientes diámetro normal (DN, cm) y área de copa (AC, m²), $AF = 0.052 \times (DN^2 + AC)^{1.08}$. La zona con vegetación de pino-encino y factor de perturbación agrícola mostró un IAF de 3.26. El área conservada y con vegetación de pino con IAF = 6.29, siendo el mayor en el área de estudio. El bosque de pino bajo uso agrícola-ganadero, presentó IAF=3.62. Finalmente, áreas bajo descanso (de 12 años) y con vegetación secundaria (*Baccharis* sp), mostraron el menor IAF=0.15.

Palabras clave: área foliar, zonas perturbadas, zonas de conservación.

ABSTRACT

The leaf area index (LAI) is an important factor in forest ecosystems because of its close relationship with the hydrological cycle and current land use. The research was conducted in 2011 in order to study the relationship between disturbance factors and LAI in a basin of Santa Maria Quiegolani, Yautepec, Oaxaca. Four sites (400 m²) distributed in the disturbance factors were established selectively. A destructive sampling of 12 trees was conducted. In three trees per plot, green and dry weight of the leaves in the sample and total green weight of the tree leaves were obtained. Leaf area of the sample (AF, m²) was obtained using ImageJ ® program. At tree level, a logarithmic model (pseudo-R² = 0.89) was adjusted in order to estimate AF using diameter at breast height (DN, cm) and crown area (AC, m²), like independent variables ($AF = 0.052 \times (DN^2 + AC)^{1.08}$). The area with pine-oak vegetation and agricultural disturbance factor showed LAI=3.26. Areas with pine vegetation under preservation a LAI=6.29, the highest in the study area. The pine forest on agricultural-livestock, showed IAF=3.62. Finally, areas without land use (of 12 years) and secondary vegetation (*Baccharis* sp) showed the lowest LAI=0.15.

Index words: leaf area, disturbance sites, conservation sites.

INTRODUCCIÓN

Los servicios ecosistémicos son procesos por los cuales los ecosistemas producen bienes y servicios, mismos que son necesarios para el ser humano. El uso inapropiado de los recursos naturales tendrá consecuencias negativas para

Recibido: 1 de octubre de 2013.

Aceptado: 10 de abril de 2014.

las futuras generaciones (Costanza, 2006). Con el afán de buscar el bienestar de las poblaciones, los seres humanos han transformando al planeta a tasas aceleradas desde la segunda mitad del siglo pasado (Balvanera y Cotler, 2009).

Por consecuencia, la cubierta vegetal se encuentra amenazada por numerosas actividades antropogénicas, entre las causas más importantes están la pérdida de hábitat, la fragmentación de ecosistemas, la introducción de especies exóticas invasoras, la sobreexplotación de recursos, la contaminación del aire, tierras, ríos y mares, los efectos visibles del cambio climático (De Groot, 2002). Dichas causas son generadas por las actividades humanas que han transformado algunos ecosistemas, en sistemas de producción intensiva de bienes; por ejemplo, bosques, selvas y pastizales naturales han sido convertidos en sistemas agropecuarios para la producción de alimentos (Aparicio, 2005).

Por otro lado, el Protocolo de Kyoto (Noss, 2001) establece la importancia de los bosques para la mitigación del cambio climático por los servicios ambientales que ofrecen; el calentamiento global constituye también una fuente más de presión sobre los bosques en el planeta, lo cual podría contribuir a intensificar los conflictos entre sectores por el acceso a los bienes y servicios ecosistémicos del bosque (Cabrera *et al.*, 2009). De acuerdo con Leguía *et al.* (2008) el índice de área foliar (IAF) es uno de los parámetros más útiles para caracterizar la vegetación. Se define como las unidades de superficie de hoja verde por unidad de superficie de terreno, se puede reportar como total o proyectada. La función de la cobertura forestal en la regulación del ciclo hidrológico es de vital importancia; por esta razón, es prioritario desarrollar investigaciones que relacionen el IAF con la calidad y cantidad de los escurrimientos superficiales de una cuenca hidrográfica (Cifuentes *et al.*, 1999).

El IAF en el ecosistema forestal de una cuenca influye sobre la escorrentía, la evapotranspiración y la infiltración y, por ende, en el balance hídrico y la calidad del recurso (Pérez *et al.*, 2005). El aumento en la frecuencia de perturbaciones por la acción humana reduce de manera acelerada la cubierta vegetal en el estrato superficial del suelo, junto con todos los servicios ambientales (Mendoza *et al.*, 2001).

Ante esta situación una de las alternativas para frenar esta grave problemática de los servicios ecosistémicos es la conservación de la vegetación en los bosques naturales, pues la superficie foliar influye de manera significativa en la retención de humedad en los suelos y, al mismo tiempo, evita la rápida evaporación del agua captada durante la época de lluvia (Dzhogan y Lozinskaya, 1993). Por estas razones, el objetivo de la presente investigación fue estimar el índice de área foliar y relacionarlo con los factores de perturbación antropogénica en la cuenca hidrográfica de Santa María Quiegolani, Yautepec, Oaxaca, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elección y establecimiento de sitios

El área de estudio comprendió territorios comunales de Santa María Quiegolani, Yautepec, Oaxaca, que se encuentra situada al sur del estado (INEGI, 1998). El clima del área es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, precipitación media anual de 514.9 mm y temperatura media anual de 18.1° C.

Se realizó un recorrido preliminar en la parte boscosa y con ayuda de un geoposicionador satelital (GPS) Garmin® se delimitó el área de estudio y las zonas de perturbación existentes: uso agrícola, uso agrícola-ganadero, área sin uso visible (zona de conservación) y terreno en descanso (periodo aproximado de 12 años). En zonas estratégicas de cada microcuenca se localizó y estableció de manera selectiva, un sitio de muestreo circular de 400 m² (total de cuatro sitios) (Cuadro 1); se trató que el área elegida representara las condiciones promedio de densidad y cobertura vegetal de la microcuenca.

En cada sitio (unidad muestral) se realizó el inventario del arbolado, midiendo en todos los individuos encontrados, diámetro normal (DN, cm), altura total (AT, m), altura del fuste limpio (AFL, m), longitud de copa (LC, m), diámetro de copa (DC, m). Esta última variable se midió con la proyección de la sombra del árbol en dos ejes, norte-sur y este-oeste; el área de copa (AC, m²) se obtuvo mediante la expresión: $AC = \pi/4 \times (DC^2)$. Para la medición de estas variables se utilizó cinta diámetrica® y métrica® (Forestry Suppliers, Inc.) y clinómetro digital Haglof®. Con los datos de DN y AT se formó la estructura diamétrica y de altura, respectivamente, misma que se utilizó para distribuir la muestra de tres individuos por sitio y que fuesen representativos del área de estudio.

Cuadro1. Ubicación y características de los sitios evaluados en la cuenca de Santa María Quiegolani, Yautepec, Oaxaca.

Sitio	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (m)	Nombre de microcuenca	Factor de perturbación
1	16° 15' 50.9"	96° 01' 35.1"	2146	El Isle	Agrícola
2	16° 15' 15.7"	96° 06' 11.6"	2878	Llano de Altar	Zona conservada
3	16° 15' 44.3"	96° 04' 39.4"	2473	Santiago, paraje El Rincón	Agrícola-ganadero
4	16° 15' 22.1"	96° 02' 04.1"	2279	Varita, paraje Las Tres Cruces	Terreno en descanso (sin usarse durante 12 años).

En el muestreo destructivo se incluyeron 12 individuos de *Quercus conspersa*, *Q. candicans*, *Pinus michoacana*, *P. pseudostrobus* y *Bacharis* sp. El derribo de los árboles se realizó con motosierra (Stihl, modelo MS 660 con espada 1.2 m). La copa de cada árbol se dividió en tres secciones iguales. Se midió la longitud de cada sección y tomó una muestra de aproximadamente 300 g de hojas o fascículos en cada sección, tomadas en ramas de diferentes tamaños. Se retiraron todas las hojas en cada sección de copa, se registró el peso de las hojas en fresco (kg) por cada sección de la copa del árbol utilizando una báscula Tororey modelo EOB de 100 ± 0.2 kg.

Análisis de laboratorio y de datos

Las hojas muestra se pesaron en fresco (g) con una balanza analítica PCE-LS 500 con una resolución de 0.011 g. Posteriormente, las hojas se escanearon en formato JPG utilizando un escáner HP 4890® de cama plana. El área foliar (cm^2) de la muestra se determinó en el programa ImageJ®. Las muestras de hojas se guardaron en bolsas de papel de 25×12 cm, la cual fue llevada a una estufa de secado Shel Lab FX14 (Cornelius, OR., USA.), hasta obtener peso constante a una temperatura de 70°C . Finalmente, se registró el peso seco de cada muestra con la misma báscula analítica. El área foliar específica (AFE) se determinó mediante el cociente de AF de la muestra (m^2) de cada sección y el peso seco de la muestra (g). El área foliar de toda la sección de copa (AF) se obtuvo mediante el producto del AFE y el peso seco total de la sección, transformándose en m^2 . La suma de AF de las tres secciones, proporcionó el AF de cada árbol derribado (Berril y O'Hara, 2007).

Los datos de AF por árbol se correlacionaron con las variables dasométricas determinadas con la finalidad de ajustar un modelo de regresión que estimara confiablemente el AF. Los análisis se realizaron en el paquete estadístico r° y la selección del modelo se realizó con base en su pseudo- R^2 , significancia, desviación estándar, residuales y coeficiente de variación. El modelo de mejor ajuste para estimar área foliar se utilizó para estimar ésta misma en todos los individuos que se encontraron dentro de cada uno de los sitios. Los resultados de AF de cada uno de los árboles del sitio calculados con base en el modelo de regresión fueron utilizados para obtener el índice de área foliar (IAF). En cada sitio de muestreo se calculó área foliar para cada árbol y se obtuvo la sumatoria total del sitio dividida entre el área de muestreo (Duursma *et al.*, 2003; Berril y O'Hara, 2007).

$$IAF = \frac{AF}{AS}$$

Donde: IAF = índice de área foliar por sitio de muestreo, AF = área foliar arbórea proyectada por sitio (m^2). AS = área del sitio muestreado (400 m^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la zona con perturbación agrícola, los dos individuos de encino (*Quercus conspersa* Benth.) presentaron área foliar específica (AFE) de 329.9 y $380.6 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$, con área foliar (AF) de 270.7 y 141.7 m^2 . *Pinus devoniana* Lindley presentó AFE de $340.3 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ y 484.7 m^2 de AF (Cuadro 2). Estos valores difieren a los encontrados por Brown *et*

al. (1989), quienes usando una metodología similar, presentaron valores de AFE de 29.3 a 37.1 cm² g⁻¹ en bosques tropicales.

Para la zona de conservación se encontraron individuos de *Pinus pseudostrobus* Lindl con AFE entre 162.0 y 211.9 cm² g⁻¹ y área foliar de 199.1 a 552.0 m², mientras que Barrantes y Gracia (1987) presentaron valores de AF entre 9.8 m² y 345 m² para árboles de *Pinus sylvestris* L. Esta variabilidad puede deberse a que en esta zona de mayor densidad arbórea, los individuos tienden a mostrar una mayor tasa de crecimiento en altura, por lo que exponen su copa a una mayor radiación solar y presentan un área foliar menor en la parte superior que en la base de la copa (Rodríguez *et al.*, 2000; Warnock *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Diámetro normal, área foliar específica y área foliar calculada para cada especie muestreada en los factores de perturbación evaluados.

Factor de perturbación	Especie	DN (cm)	AFE (cm ² g ⁻¹)	AFE promedio por factor ± DE	AF (m ²)
Agrícola	<i>Quercus conspersa</i>	44.2	329.9	350.3 ± 26.7	270.7
	<i>Q. conspersa</i>	38	380.6		141.7
	<i>Pinus michoacana</i>	29.6	340.3		484.7
Conservación	<i>P. pseudostrobus</i>	23.7	211.9	200.6 ± 34.3	199.1
	<i>P. pseudostrobus</i>	62.5	227.8		551.9
	<i>P. pseudostrobus</i>	96.1	162.0		443.3
Agrícola-ganadera	<i>Q. candicans</i>	75.6	287.3	258.2 ± 29.7	503.9
	<i>Q. candicans</i>	66.7	227.9		284.4
	<i>Q. candicans</i>	46.9	259.4		342.1
Terreno en descanso	<i>Bacharis</i> sp	7.8	767.2	768.6 ± 59.1	29.4
	<i>Bacharis</i> sp	8.1	828.5		26.3
	<i>Bacharis</i> sp	7.8	710.2		12.9

DN = diámetro normal, AFE = área foliar específica, AF = área foliar DE = desviación estándar.

Por otro lado, en la zona de perturbación agrícola-ganadera los individuos muestreados fueron encinos (*Quercus candicans* Née) con AF entre 284.4 y 503.9 m² y AFE de 227.9 y 287.3 cm² g⁻¹ (Cuadro 2). Este rango coincide con el reportado en un bosque de encino (*Quercus sp*), donde se encontraron valores de AFE entre 179 cm² g⁻¹ y 298 cm² g⁻¹ (Breda, 2003).

Por su parte, el terreno sin uso actual y perturbado presentó la menor cubierta arbórea. Se encontró chamizo (*Bacharis* sp) con AFE entre 710.28 y 828.56 cm² g⁻¹. Con lo que respecta al AF, este sitio presentó los valores más pequeños (entre 12.9 y 29.42 m²), puesto que mostró menos cobertura aérea. Estos valores son coincidentes con los encontrados en plantaciones de hule perturbadas cuyos valores de AF por árbol estuvieron en un rango de 14 a 189 m² (Rojo, 2003) y en zonas perturbadas dominadas por *Rosmarinus officinalis* L. con un promedio de 147 m² (Palomo *et al.*, 2003). Valores bajos en área foliar son indicativos de la probable presencia de factores antropogénicos de degradación de los ecosistemas (Borja, 2005).

El diámetro normal y de copa de los árboles presentaron un coeficiente de correlación $r = 0.85$ significativo ($P \leq 0.0004$), con lo cual, la variable de fácil medición (DN) podría emplearse para inferir el comportamiento del área de copa y por ende, del área foliar proyectada (Barrantes y Gracia, 1987). Un nivel de correlación similar se encontró entre altura total y DN de los árboles ($r = 0.83$, $P \leq 0.0007$), mismo que podría emplearse con confiabilidad en la predicción de volumen y biomasa de estos individuos. El área foliar por árbol presentó una correlación significativa con el DN ($r = 0.77$, $P \leq 0.0029$), ya que el grosor de los árboles en el fuste tiene una relación lineal con la cantidad de follaje en la copa (Cuadro 3). Estas funciones han sido desarrolladas por Berger (2009) y otros autores, donde se relaciona la función alométrica del área de albura en el tallo con la biomasa y área foliar (AF).

Con base en los resultados de correlación obtenidos, se realizaron estimaciones de AF mediante modelos de regresión, usando DN, área de copa y altura total como variables independientes. Los modelos obtenidos mostraron un buen ajuste debido a la tendencia ascendente del AF con respecto al tamaño del DN y a los diferentes factores de perturbación del bosque en estudio (Figura 1). Estas funciones son de utilidad en las estimaciones futuras del índice de área foliar, útil para estudiar el efecto de las actividades antropogénicas y de manejo forestal en sistemas boscosos (Flores *et al.*, 2006).

Cuadro 3. Área foliar y variables dasométricas calculadas para cada individuo en los sitios de muestreo.

Factor de perturbación	Especie	DN (cm)	DC (m)	AT (m)	AF/árbol (m ²)
Agricultura	<i>Quercus conspersa</i>	44.2	6.5	18.3	270.75
	<i>Q. conspersa</i>	38.0	5.7	16.1	141.77
	<i>Pinus michoacana</i>	29.6	7.2	18.2	484.75
Conservación	<i>P. pseudostrobus</i>	23.7	4.9	29.5	199.13
	<i>P. pseudostrobus</i>	62.5	8.3	44.6	551.95
	<i>P. pseudostrobus</i>	96.1	9.3	46.2	443.38
Agricultura-ganadería	<i>Q. candicans</i>	75.6	14.7	29.1	503.91
	<i>Q. candicans</i>	66.7	11.3	24.2	284.47
	<i>Q. candicans</i>	46.9	10.1	31.6	342.19
Terreno en descanso	<i>Bacharis</i> sp	7.8	2.5	4.8	29.42
	<i>Bacharis</i> sp	8.1	2.1	5.4	26.31
	<i>Bacharis</i> sp	7.8	2.1	5.9	12.91

DN= diámetro normal (cm), DC= diámetro de copa (m), AT= altura total (m), AF/ARB= área foliar por árbol (m²).

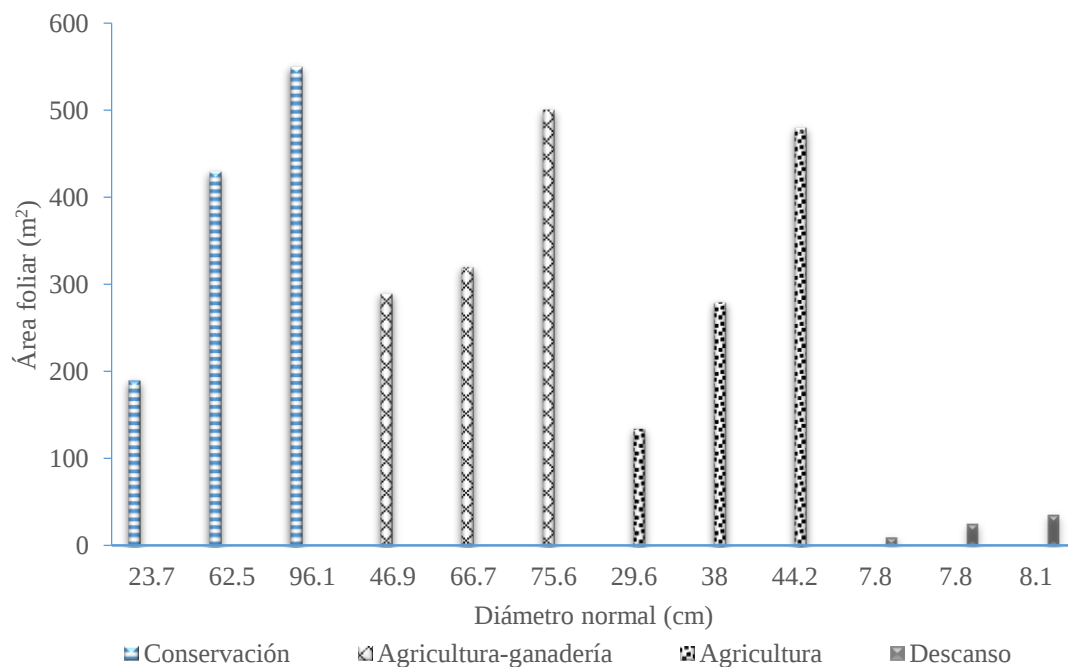


Figura 1. Comportamiento de área foliar como función de diámetro normal por árbol en los cuatro factores de perturbación.

El modelo de regresión no lineal de mejor ajuste (pseudo- $R^2 = 0.89$) que permitió estimar AF (m^2) por árbol en función de DN (cm) y área de copa (AC, m^2) en todos los individuos de los sitios tuvo la expresión: $AF = 0.052 \times (DN^2 + AC)^{1.08}$. Las variables independientes involucradas en la ecuación son de fácil medición en campo y permiten realizar estimaciones confiables del IAF para realizar futuras investigaciones en la microcuenca con la finalidad de evaluar el efecto de la cobertura arbórea sobre la escorrentía y pérdida de suelo (López *et al.*, 1991).

La microcuenca el Isle, con factor de perturbación agrícola, presentó un IAF = 3.26 indicando una cobertura foliar de al menos 50% del suelo forestal, ya que cuando un ecosistema presenta un IAF mayor a 2.5 influye en la lenta liberación del agua, evita la erosión excesiva del suelo y es indicativo del nivel de conservación de la vegetación (Martínez *et al.*, 1995; Vale *et al.*, 2001; Fuentes *et al.*, 2007).

La microcuenca Llano de Altar, sin factor de perturbación visible (zona conservada) y vegetación de pino y pocas especies suprimidas de encino (*Quercus sp*) y madroño (*Arbutus xalapensis* Kunth), mostró AF = 179.91 m^2 /árbol y el valor más alto de índice de área foliar (6.29). Esta condición es indicativo de la excelente cubierta vegetal en el bosque, poca luminosidad en el suelo y alta intercepción del agua de lluvia (Santos *et al.*, 2003; Berger, 2009). El valor encontrado en el área de estudio es ideal para bosques conservados de coníferas (Rautiainen, 2005) sin la presencia de actividades antropogénicas. Donde los factores de perturbación están presentes, el IAF es muy inferior (1.69) en bosques de pino, aunque este sea determinado por métodos indirectos de mayor precisión como el aparato Li-Cor 1992 (Jonckheere *et al.*, 2004).

Por su parte, la zona con perturbación agrícola-ganadera de la microcuenca Santiago, que contiene bosque de *Quercus conspersa*, mostró AF = 362.26 m^2 e IAF = 3.62. Este último valor coincide con el rango de 2.0 a 4.4 encontrado en bosques de encino (Eriksson *et al.*, 2005). Finalmente, en la zona sin uso actual del suelo (terreno bajo descanso de 12 años) por proceso de agricultura migratoria, se encontraron individuos de chamizo (*Bacharis sp*), con AF = 3.8 m^2 , por consecuencia, el IAF fue el más bajo (0.15). Valores pequeños indican baja cobertura vegetal para la microcuenca Varita y alta incidencia de factores de perturbación. La estructura vegetacional es el reflejo de vegetación secundaria o alterada, que se asemeja a condiciones de repoblamiento de especies de *Quercus* con IAF = 1.6 (Aragao *et al.*, 2005) o de especies de pino de baja densidad (Tianxiang *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

El valor más alto de área foliar (IAF = 6.29) se presentó en la zona de conservación (microcuenca Llano de Altar), en donde la ausencia de factores de perturbación permiten que haya mayor cobertura vegetal. La microcuenca Varita, sin uso actual e impactada por la actividad agrícola (agricultura migratoria), mostró la menor cubierta vegetal con bajo IAF = 0.15, lo que indica su alto nivel de deterioro por la presencia de actividades humanas antropogénicas.

Las microcuencas, el Isle y Santiago mostraron un término medio de conservación (IAF = 3.0, aproximadamente), asociándose factores de perturbación agrícola y agrícola ganadero, respectivamente. El índice de área foliar es un atributo importante que debe emplearse para determinar el nivel de conservación y deterioro de las microcuencas existentes en el área de estudio.

LITERATURA CITADA

- Aparicio M., F. J. 2005. La problemática presenta en las zonas de escurrimiento para las zonas sur sureste de México. *Terra Latinoamericana* 34(4): 6-89.
- Aragao, O., E. Shimabukuro, F. Santo and M. Williams. 2005. Landscape pattern and spatial variability of leaf area index in Eastern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 211: 240-256.
- Balvanera, P. y H. Cotler. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en capital natural de México, vol. II: estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 185-210.
- Barrantes, O. y A. Gracia C. 1987. Estimación del área foliar a partir de albura en *Pinus sylvestris*. *Options Mediterraneennes* 3(2): 53-56.

- Berger, R. 2009. Utilización de índice de área foliar para optimización de inventarios forestales – Estudio de caso. In: XIII Congreso Forestal Mundial, Buenos Aires, Argentina, 18-23 Octubre 2009.
- Berril, J. P. and K. L. O'Hara. 2007. Patterns of leaf area and growing space efficiency in young even-aged and multi-aged coast redwood stands. *Canadian Journal of Forest Research* 37: 617-627.
- Borja, G. 2005. La equidad social, la participación y la resolución de conflictos en la gestión del agua. Documento de trabajo. UICN, Oficina Regional para América del Sur. Quito, Ecuador. pp. 23-24.
- Breda N., J. 2003. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods instruments and current controversies. *Journal of Experimental Botany* 392(54): 2403-2417.
- Brown, S., J. R. Gillespie and A. E. Lugo. 1989. Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35(3): 881-902.
- Cabrera, D., G., J. Calderón A., R. Jiménez P., L. Rodríguez y J. A. Balderas D. 2009. Biomasa aérea y factor de expansión de especies arbóreas en bosques del sur de Nuevo León. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(1): 59-64.
- Cifuentes, S., V. J., M. Rafael y C. Navarro. 1999. Determinación del índice de superficie foliar (leaf area index) en masas forestales usando imágenes Landsat-TM. Conclusiones de un primer estudio en la Sierra Norte de Córdoba. *Geocampus* 3(3): 89-98.
- Costanza, L. F. 2006. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Ecological Society of America* 2(7): 34-36.
- De Groot, R. S. 2002. A typology for the classification, description and evaluation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41(2): 93-108.
- Duursma, R. A., J. D. Marshall and A. P. Robinson. 2003. Leaf area index inferred from solar beam transmission in mixed conifer forests on complex terrain. *Agricultural and Forest Meteorology* 118: 221-236.
- Dzhogan, L. Y. and E. A. Lozinskaya. 1993. Method of LAI information convolution for estimating heat and water vapor fluxes over non-homogeneous land surface. Exchange processes at the land surface for a range of space and time scales. *IAHS* 212. pp. 60-75.
- Eriksson, H., L. Eklund, H. Karin and A. Lindroth. 2005. Estimating LAI in deciduous forest stands. *Agricultural and Forest Meteorology* 129: 27-37.
- Flores, F. J., H. L. Allen, H. M. Cheshire, J. G. Davis, M. Fuentes and D. L. Kelting. 2006. Using multispectral satellite imagery to estimate leaf area and response to silvicultural treatments in Loblolly pine stands. *Can. J. For. Res.* 36: 1587-1596.
- Fuentes, S., M. R. Palmer, D. Taylor, C. Hunt and D. Eamus. 2007. Automated procedures for estimating LAI of Australian woodland ecosystems using digital imagery, Matlab programming and LAI/MODIS LAI relationship. Institute for Water and Environmental Resource Management (IWERM), University of Technology, Sydney, Australia. pp. 23-35.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e informática). 1998. Carta Topográfica ED14-79 (Oaxaca). Escala 1:50 000. México, D.F.
- Jonckheere, I., B. Muys and P. Coppin. 2004. Allometry and evaluation of in situ optical LAI determination in Scots pine: a case study in Belgium. *Tree Physiology* 25: 723-732.
- Leguía E., J., B. Locatelli, P. Imbach, J. Pérez C. y R. Vignola. 2008. Servicios ecosistémicos e hidroenergía en Costa Rica. *Ecosistemas* 17(1): 16-23.
- López B., F., L. J. Pérez A., J. Martínez F., M. A. Romero D. y P. Marín S. 1991. Escorrentías y pérdida de suelo en calcisol pétrico bajo un ambiente mediterráneo semiárido. *Cuaternario y Geomorfología* 5: 1-4.
- Martínez, F., J., J. Martínez F., M. A. Romero D., F. López B. y F. Belmonte S. 1995. Biomasa e índice de área foliar de *Rosmarinus officinalis* L. en matorral semiárido (cuenca de Mula, Murcia). *Revista de Biología* 21(10): 83-92.
- Mendoza, F., M. Chévez y B. González. 2001. Sensibilidad de las zonas de vida de Holdridge en Nicaragua en función del cambio climático. *Revista Forestal Centroamericana* 22(33): 17-22.
- Noss, R. 2001. Beyond Kyoto: forest management in a time of rapid climate change. *Conservation Biology* 15(3): 578-590.
- Palomo, A., G., J. A. Orozco V., E. Gutiérrez R., A. Espinoza B. y S. Rodríguez H. 2003. Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgénicas y convencionales. *Crop Science* 7: 171-173.
- Pérez, C., J., B. Locatelli, F. Vignola y P. Imbach. 2005. Importancia de los bosques tropicales en las políticas de adaptación al cambio climático. *Recursos Naturales y Ambiente* 51(6): 34-43.
- Rautiainen, M. 2005. Retrieval of leaf area index for a coniferous forest by inverting a forest reflectance model. *Remote Sensing of Environment* 99: 295-303.

- Rodríguez, A., S., L. Escalante G. y A. Estrada J. 2000. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. Terra 17: 149-157.
- Rojo, M., G. 2003. Predicción de la producción de látex en plantaciones comerciales de hule (*Hevea brasiliensis* Müll Arg.) en Oaxaca, México. Rev. Fitotec. Mex. 26(3): 183-190.
- Santos J., D., J. Procopio A. and D. Silva. 2003. Capture and utilization of solar radiation by the soybean and common bean crops and by weeds. Bragantia 62(1): 147-153.
- Tianxiang, L., P. N. Ronald, T. Hanqin, J. V. Charles, Z. Huazhong and L. Shirong. 2002. A model for seasonality and distribution of leaf area index of forest and its application to China. Journal of Vegetation Science 13: 817-830.
- Vale, F., R., F. Jesús W., R. Coelho and L. Costa. 2001. Comparison of two methods for estimating leaf area index on common bean. Agronomy Journal 93:989-991.
- Warnock, R., J. Valenzuela, A. Trujillo, P. Madriz y M. Gutiérrez. 2006. Área foliar, componentes del área foliar y rendimiento de seis genotipos de caraota. Agronomía Trop. 56(1): 21-42.

USO ANTROPOCÉNTRICO DE ESPECIES VEGETALES EN LOS SOLARES DE SAN PEDRO IXTLAHUACA, OAXACA MÉXICO¹

[ANTHROPOCENTRIC USE OF HOMEGARDEN PLANTS OF SAN PEDRO IXTLAHUACA, OAXACA, MEXICO]

Jesús Hernández-Ruiz¹, Martha Patricia Jerez Salas^{2§}, Marco Antonio Vázquez Dávila² y Yuri Villegas Aparicio²

¹Estudiante de Maestría, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex – Hacienda de Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca.

²Profesor-investigador, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex – Hacienda de Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca.

[§]Autor responsable (gcriolla@hotmail.com)

RESUMEN

Mediante el uso que proporcionan las familias campesinas a la agrobiodiversidad vegetal que se encuentra en sus solares se puede entender como las comunidades perciben, interpretan y conocen el medio natural que los rodea. El abordaje más ilustrativo de elementos vegetales es generar categorías antropocéntricas de uso, definidas como aquellas donde un grupo humano da un valor utilitario a las especies. Por ello, el objetivo de esta investigación fue describir el uso antropocéntrico y tradicional que manifiestan las familias y la agrobiodiversidad de especies vegetales en los solares de San Pedro Ixtlahuaca. Para determinar el uso antropocéntrico se aplicaron cuestionarios semi-estructurados con preguntas abiertas, recorridos participativos y entrevistas en el periodo de mayo de 2010 a abril del 2011; la información recabada se presentó a las unidades familiares participantes con la finalidad de complementar dicha información. Los resultados registrados fueron 67 especies agrupadas en 50 géneros y 37 familias los cuales se encuentran categorizados en nueve usos antropocéntricos: medicinales en personas, medicinal en animales, alimenticias o comestibles, ornamentales, condimentos, rituales o religiosas, estructurales, para elaboración de productos, utilizadas como leña y las que proporcionan sombra. Estos resultados ponen en evidencia que la composición vegetal de los solares, está en función de las necesidades y decisiones de la unidad familiar.

Palabras clave: *Agrobiodiversidad, conocimiento tradicional.*

ABSTRACT

Through the use that farm families provide to plant agrobiodiversity in the home gardens is possible to understand how communities perceive, interpret and know their environment. The most illustrative approach of plant elements is to generate anthropocentric categories of use, defined as those where a group of people gives a utility value to the species. Therefore, the objective of this research was to describe the traditional and anthropocentric use that families express and agrobiodiversity of plants species in the San Pedro Ixtlahuaca home gardens. In order to determine anthropocentric use, semi-structured questionnaires were applied including open questions, participatory tours and interviews from May 2010 to April 2011; the collected information was presented to participating families in order to supplement such information. The results recorded were 67 species clustered to 50 genera and 37 families which are categorized into nine anthropocentric uses: medicinal in people, medicinal in animal, food or edible, ornamentals, spices, religious or rituals, structural, for product development, used as firewood and to provide shade. These results show that the plant composition of home gardens is according to the needs and decisions of the family unit.

Index words: *Agrobiodiversity, traditional knowledge.*

INTRODUCCIÓN

La producción en los patios de las unidades familiares denominados solares juegan un papel importante en la vida de las unidades familiares campesinas en las comunidades rurales del Valle de Oaxaca; ya que, aunque sus explotaciones son en pequeña escala, mediante el conocimiento que tienen de las diferentes especies vegetales les permiten obtener diferentes productos como alimentos, medicinales y de reproducción (Herrera *et al.*, 1998). Además,

los solares son un espacio óptimo para preservar la diversidad biológica, cubrir necesidades sociales y culturales, además de considerarse espacios que proveen alimentos e ingresos económicos a las familias (Gispert *et al.*, 1993; Jiménez-Osornio *et al.*, 1999; Manzanero *et al.*, 1998).

Por otra parte, el fenómeno migratorio para el municipio de San Pedro Ixtlahuaca de acuerdo al índice de intensidad migratoria México-E.E.U.U es de 0.24762 (CONAPO, 2006) el cual desde ese año a la actualidad ha ido aumentando considerablemente, esto pone en evidencia diversas condiciones que dificultan la permanencia de las unidades familiares en su lugar de origen, afectando su organización social, el abandono de las actividades agrícolas y el conocimiento tradicional que poseen, además que las unidades familiares no cuentan con una educación formal para la transmisión de sus conocimientos tradicionales, prácticas y habilidades; convirtiéndose estos en conocimiento ágrafo.

Los conocimientos tradicionales determinarán, al paso del tiempo, la diversidad de especies y sus usos alimenticios, comerciales, estéticos y espirituales en los huertos familiares (Watson y Eyzaguirre, 2002), de acuerdo con Mariaca *et al.* (2007), el conocimiento tradicional se manifiesta como una variable que es el resultado de la experimentación, de la transmisión de experiencias, convivencias e intercambios de ideas, pero también de la conformación de prácticas y decisiones de la unidad familiar que definen la estructura del huerto familiar en el tiempo y en el espacio. Bajo este contexto, el objetivo de esta investigación fue describir el uso antropocéntrico y tradicional que manifiestan las familias campesinas, la agrobiodiversidad de especies vegetales localizadas en sus huertos, manejo y las condiciones socioculturales que las caracterizan.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el estudio, se examinó la relación del conocimiento tradicional con la biodiversidad y las condiciones socioculturales de 16 unidades familiares en la comunidad de San Pedro Ixtlahuaca (Figura 1) perteneciente al Distrito del centro, Oaxaca, desde una perspectiva agroecológica se analizaron la diversidad de plantas que caracterizan a los huertos familiares, el conocimiento tradicional que han conservado a lo largo de generaciones a través de la selección de las especies que se han adaptado a las condiciones climáticas particulares de la zona de estudio, el uso y manejo de las diversas especies y variedades vegetales, además de su aporte en la alimentación, aspectos medicinales y aspectos sociales.

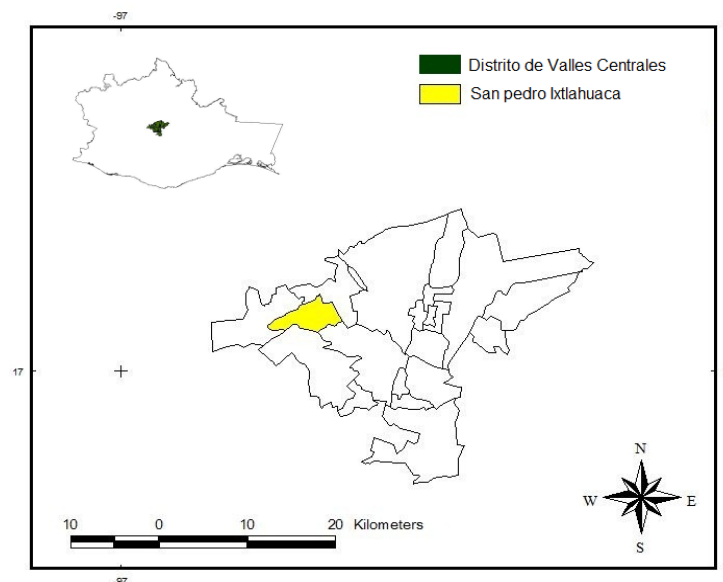


Figura 1. Ubicación de San Pedro Ixtlahuaca (Construido con datos de CONABIO, 2013).

La obtención de la muestra fue mediante mecanismos no probabilísticos, siendo una muestra intencional con criterios que se consideraron convenientes y permitieron las condiciones para la realización del trabajo, tal como lo mencionan Hernández y Ramos, (1977). Con base en la dimensión temporal, los datos se recolectaron en una sola fase que comprendió el periodo de mayo de 2010 a abril del 2011, por lo que se consideró un estudio transversal o transeccional. En la metodología etnobiológica, la elección de la muestra no puede estar constituida por elementos

aleatorios, escogidos al azar y descontextualizados, sino que debe enmarcarse en un “todo” sistémico con vida propia, como es una comunidad humana (Martínez, 2006).

La unidad de análisis fue el solar, entendido éste como un conjunto único y razonablemente estable, con individuos que organizan sus recursos, trabajos y medios de una forma colectiva y bajo un mismo techo, con prácticas bien definidas en respuesta a ambientes físicos, socioeconómicos y biológicos; de acuerdo con propósitos, preferencias y recursos de la familia. La información se obtuvo mediante un cuestionario semiestructurado con preguntas abiertas, recorridos, entrevistas y talleres participativos con las unidades familiares. Posteriormente la información obtenida se sistematizó en una base de datos y se analizó mediante estadística descriptiva y para el caso de los elementos florísticos se identificaron las especies.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concepción del solar para las unidades familiares es el sistema donde se encontraban plantas y animales aledañas a su vivienda mencionaron que les denominaban mayormente solar, al lugar donde se encontraban las plantas que ellos utilizan así como los animales que destinaban a diversas actividades. De acuerdo al sexo de los propietarios del solar se reporta que el 56% son hombres y el 44% mujeres, con una edad promedio para los hombres de 49 años y las mujeres con una edad promedio de 41 años, la unidad familiar se encuentra constituida en promedio por seis integrantes de los cuales tres son adultos, dos niños y una persona de la tercera edad.

En cuanto al destino de la producción del solar de las familias entrevistadas, mencionaron que básicamente para el autoconsumo, en la literatura sobre solares, traspatio o huertos familiares, la producción generalmente está orientada hacia el autoconsumo para la reproducción de la familia campesina, aunque como menciona Toledo *et al.* (2007) en ocasiones se destine una parte hacia el mercado. Es responsabilidad de las mujeres la decisión seleccionar la mayoría de las especies vegetales que se establecen en el solar, esto lo confirma Reinhardt (2007), quien observó que las mujeres son las que determinan en gran parte las especies que se siembran y mantienen, además de ser las que atienden y cuidan los solares, traspatio o huertos familiares, al tener la responsabilidad de la alimentación y la salud de su familia.

El sostén económico de las familias campesinas, donde existen ambos padres, generalmente recae en el esposo (75%), aunque la participación de la mujer es importante (25%), la economía familiar se sostiene por ingresos provenientes de fuentes externas como: el trabajo asalariado fuera de la comunidad, la venta de leña, la migración, los ingresos gubernamentales vía la política asistencial, como es el caso del Programa Oportunidades. La diversificación de las actividades de la familia ha posibilitado la continuidad de la vida familiar y como menciona Moran (2008), le dan la elasticidad que permite la reproducción de la vida campesina al paso del tiempo. El tamaño promedio del solar fue de 400 m², el área donde se localizan las plantas útiles es en promedio a 25 m² y los corrales de los animales abarcaba en promedio 30 m². Este tamaño concuerda con lo mencionado por Basurto, 1982; Villakamel y Caballero, 1998 y Cano, 2003, es decir, que los solares, traspacios u huertos familiares son espacios reducidos.

La diversidad de flora encontrada en los 16 solares analizados está integrada por 67 especies distribuida en 50 géneros, agrupados en 37 familias vegetales. Al comparar los resultados con las 95 especies reportadas por Cahuich, (2008) en 16 huertos de San Lucas Quiavini, los resultados de Herrera-Castro *et al.* (1998) que en 10 solares reporta 104 especies y los reportados por Gispert (2000), quien obtuvo 129 especies de flora en 10 huertos analizados en Tepango, se observó que la cantidad de especies reportadas en este estudio realizado en San Pedro Ixtlahuaca es menor, debido a que en los estudios anteriormente mencionados se da mayor importancia a la flora por abordar la unidad de estudio solo como huerto familiar y en este estudio se abordó de forma integral considerando todos los elementos florísticos que constituían el solar (Cuadro 1).

No obstante, Velasco (1999) reportó 29 especies en solares de San Blas Atempa y 52 especies en Santo Domingo Tehuantepec, ambas comunidades pertenecientes al Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, es decir, se encontró un número menor de especies vegetales que las encontradas en San Pedro Ixtlahuaca. Con respecto al arreglo horizontal y vertical que le dan las familias a las especies vegetales en los solares de San Pedro Ixtlahuaca son similares a los reportados por Bellonet *et al.* (1982); Blanckaert *et al.* (2001); Granados-Sánchez (2004), ya que no se observó un patrón de organización espacial que sea repetitivo, debido a que cada familia establece el arreglo de su solar con base a sus necesidades particulares y la disponibilidad de espacios en el huerto familiar sin embargo durante los talleres expresaron la importancia y el interés similar por tres principales categorías de especies florísticas las cuales son ornamentales, medicinales, comestibles (fruto, hoja, raíz).

Cuadro 1. Listado florístico de especies encontradas en los solares.

Nombre común	Nombre científico	Familia [†]	Hábito	Uso
Aguacate	<i>Persea americana</i>	LAU	Arbórea	Condimento
Ajo	<i>Allium sativum</i>	LIL		Medicinal y condimento
Begonia	<i>Begonia semperflorens</i>	BEG	Herbácea	Ornato
Buganbilia	<i>Bougainvillea aspectabilis</i>	NYC	Arbustiva	Medicinal, ornamental
Borreguito	<i>Ehretia tinifolia</i>	BOR	Arbórea	Estructural
Calabaza	<i>Cucurbita maxima</i>	CUC	Herbácea	Comestible
Caña	<i>Saccharum officinarum</i>	GRA	Arbustiva	Comestible
Carrizo	<i>Arundo donax</i>	POA	Herbácea	Ritual y elaboración de canastas
Cempasúchil	<i>Tagetes erecta</i>	AST	Herbácea	Ornato
Chamizo	<i>Atriplex julacea</i>	CHE	Arbustiva	Ornato
Chepil	<i>Crotalaria</i> sp.	LEG	Herbácea	Comestible
Chile canario	<i>Capsicum annuum</i>	SOL	Herbácea	Condimento
Chile nanche	<i>Capsicum annuum</i>	SOL	Herbácea	Comestible
Chile piquín	<i>Capsicum annuum</i>	SOL	Herbácea	Condimento
Chile solterito	<i>Capsicum annuum</i>	SOL	Herbácea	Condimento
Ciprés	<i>Cupressus</i> sp.	CUP	Arbórea	Ornamental
Ciruela	<i>Spondias mombin</i>	ANA	Arbórea	Comestible
Clavel	<i>Dianthus caryophyllus</i>	CAR	Herbácea	Ornamental
Crisantemo	<i>Chrysanthemum</i> sp.	AST	Herbácea	Ornamental
Cuajilote	<i>Parmentiera aculeata</i>	BIG	Arbórea	Medicinal
Cuna de moisés	<i>Spathiphyllum wallisii</i>	ARE	Herbácea	Ornamental
Durazno	<i>Prunus persica</i>	ROS	Arbórea	Medicinal
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn.	MYR	Arbórea	Medicinal y estructural
Epazote	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	CHE	Herbácea	Medicinal y condimento
Estafiate	<i>Artemisa</i> sp.	AST	Herbácea	Medicinal
Floripondio rosado	<i>Brugmansia candida</i>	SOL	Arbustiva	Ornamental y medicinal
Floripondio	<i>Brugmansia candida</i>	SOL	Arbustiva	Ornamental
Framboyán	<i>Delonix regia</i>	LEG	Arbórea	Ornamental
Geranios	<i>Pelargonium hortorum</i>	GER	Herbácea	Ornamental
Granadal	<i>Punica granatum</i>	PUN	Arbustiva	Comestible y medicinal
Guayabal	<i>Psidium guajava</i>	MYR	Arbórea	Comestible y medicinal
Hierba buena	<i>Mentha sativa</i>	LAM	Herbácea	Condimento
Hierba maestra	<i>Artemisa absinthium</i>	AST	Herbácea	Medicinal
Hierva santa	<i>Piper sanctum</i>	PIP	Arbustiva	Condimento y medicinal
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>	EUP	Arbustiva	Medicinal
Huamúchil	<i>Pithecellobium dulce</i>	LEG	Arborea	Medicinal

Cuadro 1. Listado florístico de especies encontradas en los solares (Continuación).

Nombre común	Nombre científico	Familia [†]	Hábito	Uso
Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	BIG	Arbórea	Ornamental
Laurel de la india	<i>Ficus retusa</i>	MOR	Arbórea	Ornamental
Limonar	<i>Citrus aurantifolium</i>	RUT	Arbórea	Comestible
Magüey	<i>Agave</i> sp.	AGA	Arbustiva	Condimento
Mango	<i>Mangifera indica</i>	ANA	Arbórea	Comestible
Manzanilla	<i>Matricaria chamomilla</i>	AST	Herbácea	Medicinal
Maracuyá	<i>Passiflora edulis</i>	PAS	Arbustiva	Comestible
Nanche roja	<i>Malpighia mexicana</i>	MALP	Arbórea	Comestible
Naranjal	<i>Citrus aurantium</i> var <i>sinensis</i>	RUT	Arbórea	Comestible
Nopal de lengua	<i>Nopalea acuberti</i>	CAC	Herbácea	Comestible
Nopales	<i>Opuntia</i> sp.	CAC	Herbácea	Comestible
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>	LAM	Herbácea	Medicinal
Órgano	<i>Pachycereus marginatus</i>	CAC	Cactus	Estructural
Palma	<i>Washingtonia robusta</i>	ARE	Arbórea	Ornato
Papayal	<i>Carica papaya</i>	CAR	Arbórea	Comestible
Paraíso	<i>Melia azedarach</i>	MEL	Arbórea	Estructural
Pipe(n)	<i>Sapindus saponaria</i>	SAP	Arbórea	Medicinal
Pirul	<i>Schinus molle</i>	ANA	Arbórea	Medicinal
Potonxihuete	<i>Cestrum dumetorum</i> Schlechtendal	SOL	Herbácea	Medicinal
Quebramuelas	<i>Asclepias curassavica</i>	ASC	Herbácea	Medicinal
Rosales	<i>Rosa</i> sp.	ROS	Arbustiva	Ornato
Ruda	<i>Ruta chalapensis</i>	RUT	Herbácea	Medicinal
Sábila	<i>Aloe vera</i>	LIL	Herbácea	Medicinal
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	LEG	Arbórea	Medicinal y comestible
Te limón tee	<i>Cymbopogon citratus</i>	GRA	Herbácea	Medicinal
Toloache	<i>Datura stramonium</i>	SOL	Herbácea	Medicinal
Tulipán	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	MALV	Arbórea	Ornamental
Verdolaga	<i>Portulaca</i> sp.	POR	Herbácea	Comestible

[†]Para el nombre de la familia se tomó abreviación las tres primeras letras de la familia correspondiente ROS (Rosaceae.)

En la estratificación de los solares de San Pedro, se observó que el estrato más representativo fue el herbáceo (compuesto por especies con menos de 1 metro de altura) (46%), seguido por el estrato arbóreo (con especies de 2 a 5 m de altura) (36%), el arbustivo (con especies de 1 a 2 m de altura) (16%) y los estratos con menor presencia fueron el cactus y raíz, lo que representan el 1% cada uno de ellos. En el estrato arbóreo, también se encontraron especies vegetales empleadas en la alimentación y para cuestiones de salud humana y animal, por sobre el uso ornamental y de sombra. También las familias campesinas de San Pedro manifestaron que las especies de este estrato no requieren del riego directo, sino que únicamente requieren del agua de lluvia y para el estrato arbustivo, se observó que predominan las especies ornamentales, las medicinales humanas y las alimenticias.

Los resultados de esta investigación confirman los reportados por Cahuich (2008) de una comunidad perteneciente Tlacolula en la región de los Valles Centrales, en contra parte, los resultados difieren de los obtenidos por Chargoy (2007) en los solares zapotecas en el Istmo de Tehuantepec, pues el estrato menos representativo fue el herbáceo, mientras que los más representativos fueron los estratos arbóreo y arbustivo. Al respecto, Collado *et al.* (1997) indican que la disponibilidad de espacio libre y el suministro de agua, determinan las diferencias en los estratos vegetales y mencionan que las personas que atienden los solares emplean para el riego de sus plantas el agua utilizada en las actividades domésticas.

Las familias más representativas en los solares de la comunidad fueron: Solanaceae (14.9%), Asteraceae (7.5%), Leguminosae (6%), Rutaceae (4.5%), Cactaceae (4.5%) y Anacardiaceae (4.5%). Los resultados coinciden con los reportados por Guerrero (2007) quien obtuvo 38 familias botánicas, siendo la familia Solanaceae la más abundante, seguida por la familia Asteraceae. En cambio, no coinciden con los obtenidos por Gutiérrez (2003), en solares de San Gabriel Esquinca, Chiapas y por González *et al.* (2004), en huertos familiares de la Región de Xochipala en Guerrero, donde la familia Asteraceae era una de las más representativas.

Las categorías antropocéntricas de uso mencionadas por las personas entrevistadas, fueron comestibles, condimentos, medicinal para personas y animales, sombra, estructural, ritual, ornato, comestible, leña y elaboración de subproductos, de las 67 especies vegetales distribuidas en los nueve usos antropocéntricos que las familias conocen solo emplean 14 especies para uso medicinal en humanos, cuatro en condimentos, tres en rituales, uno para sombra, tres para medicina en animales, 17 en comestibles, 2 en estructurales, 17 ornamentales y una para sombra (Figura 2).

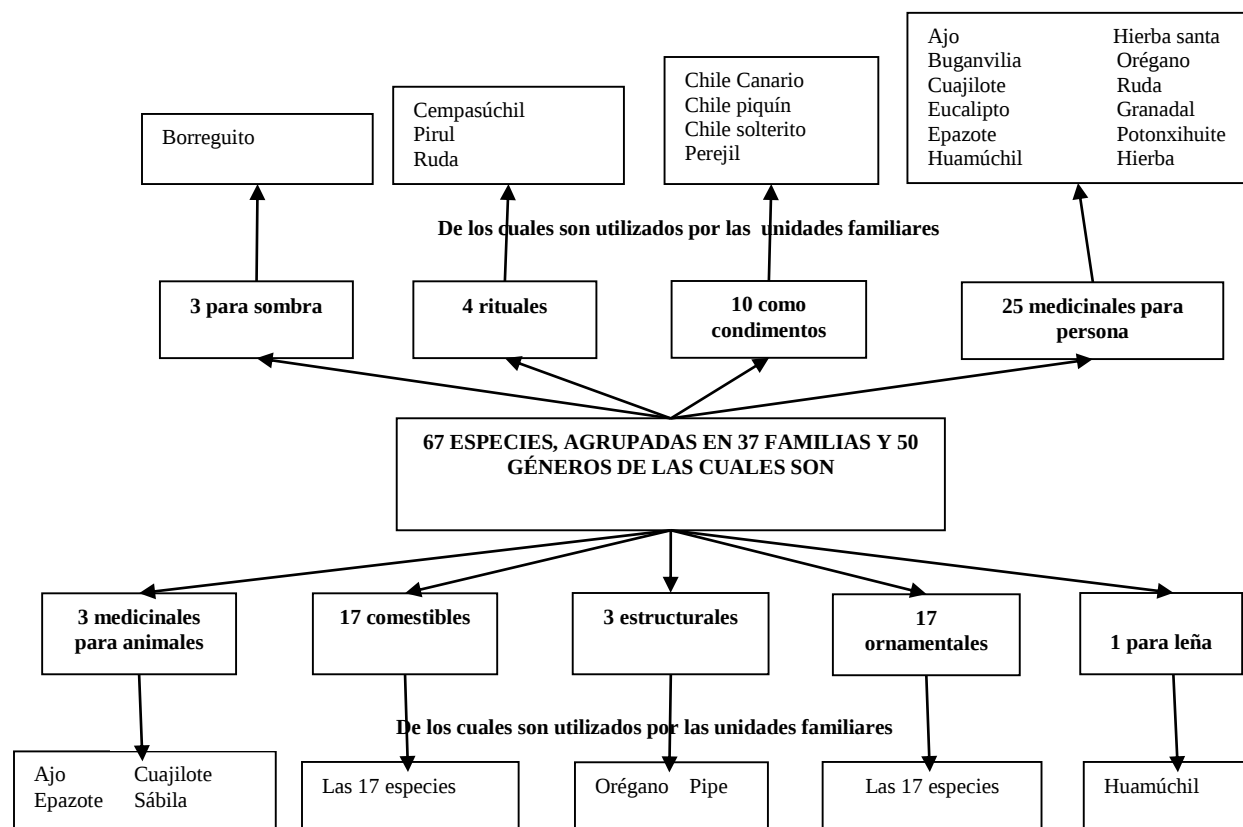


Figura 2. Especies vegetales utilizadas por las familias de la comunidad de San Pedro Ixtlahuaca de acuerdo al uso antropocéntrico.

En orden de importancia de las categorías antropocéntricas de acuerdo al conocimiento de la unidades familiares fueron las medicinal humano (29%), alimenticias o comestibles (20%), ornamentales (20%), condimento (12%), rituales o religiosas (5%), y el 14% para otros usos. Estos resultados coinciden con los encontrados por Diego *et al.* (1982), en Balzapote, Veracruz, quienes indican que la principal categoría antropocéntrica es la medicinal, seguida de la comestible y la ornamental, en cambio, lo reportado por Cahuich (2008) en solares de San Lucas Quiavini, Tlacolula,

Oaxaca y los solares del Istmo de Tehuantepec, por Gutiérrez (2003), en huertos de San Gabriel Esquinca, Chiapas y por Lastra *et al.* (2005) en solares de Tlacotalpa, Tabasco, el uso predominante es alimenticio o comestibles seguido del medicinal.

Con relación al manejo del recurso agua en los solares de San Pedro, las personas lo clasifican en cuatro tipos: pozo, lluvia, potable y usada (agua con jabón resultante de actividades como lavar ropa, trastes). El agua de pozo la emplea para regar las plantas de las cuales consumen sus hojas tal es el caso de ajo (*Allium sativum*), calabaza (*Cucurbita máxima*), caña (*Saccharum officinarum*), chepil (*Crotalaria* sp.), estafiate (*Artemisa* sp.), hierba buena (*Mentha sativa*), hierba maestra (*Artemisa absinthium*), Hierva Santa (*Piper sanctum*), manzanilla (*Matricaria chamomilla*), oregano (*Origanum vulgare*), perejil (*Petroselinum sativum*), verdolaga (*Portulaca* sp.), Te limón tee (*Cymbopogon citratus*).

El agua potable se utiliza para las labores domésticas dentro del solar: lavar ropa, aseo personal, trastes, esta agua resultante de esta actividad se utiliza para regar especies de uso ornamental como lo son begonia (*Begonia semperflorens*), chamizo (*Atriplexjulacea*), clavel (*Dianthuscaryophyllus*), crisantemo (*Chrysanthemum* sp.), cuna de moises (*Spathiphyllum wallisii*), floripondio rosado (*Brugmansia candida*), geranios (*Pelargonium hortorum*), laurel de la india (*Ficus retusa*), palma (*Washingtonia robusta*), rosales (*Rosa* sp.), copa de oro (*Solandra máxima*).

El agua de lluvia es aprovechada para todas las plantas durante el temporal, porque en la comunidad no se practica la captación de agua de lluvia. La ubicación del almacenamiento del recurso agua se encontró aledaño a la casa habitación, como ha sido reportado también por González *et al.* (2007); Vogl, (2002) y Jiménez- Osornio *et al.* (1999), entre otros. Sin embargo, uno de los huertos familiares se encontraba un tanto separado de la vivienda, esta situación ha sido reportada por Traversa (2005).

En relación al control de plagas para la flora localizada en los solares de acuerdo los integrantes de la unidad familiar no presenta plagas, sin embargo identifican la presencia de la arriera la cual controlan aplicando cal en la base de los árboles para evitar que suban las hormigas (40%), un 30% aplican folídocida directamente en el hormiguero, otros realizan esta actividad pero con agua de jabón (20%). Las personas mencionan que no emplean pesticidas, cuando alguna planta presenta alguna enfermedad tan solo retiran las partes de la planta.

Estos resultados ponen en evidencia que la composición vegetal de los huertos familiares, está en función de las necesidades y decisiones de la familia campesina que los crea, es decir, dependiendo a las necesidades de cada comunidad será el uso más frecuente de cada categoría antropocéntrica aunque prevalece el uso alimenticio sobre los otros usos.

CONCLUSIONES

El conocimiento tradicional en las familias de San Pedro Ixtlahuaca se caracteriza por la utilización de 67 especies identificadas, distribuidos en 50 géneros, agrupados en 37 familias vegetales, las cuales son empleadas en nueve usos antropocéntricos: especies utilizadas como estructura (3), leña (1), elaboración de productos (1), condimentos (10), rituales (cuatro), sombra (3), ornamentales (17), medicinal para animales (3) y medicinal para humanos (25).

El solar generalmente está conformado por una mezcla herbáceas (46%) compuesto por especies con menos de un metro de altura; arbustivas(16%) con especies de uno a dos metros de altura; arbórea (36%) con especies mayores a tres metros de altura, donde las familias más representativas son Solanaceae (14.9%), Asteraceae (7.5%), Leguminosae (6%), Rutaceae (4.5%) y Anacardiaceae (4.5%), esto permite la obtención de cosecha en diversas épocas, esto garantiza una producción a lo largo de casi todo el año, para ello el recurso agua lo clasifican en tres grupos: agua de pozo empleada para regar las plantas que consumen; agua potable utilizada para regar especies ornamentales y el agua de la lluvia es aprovechada por el estrato arbóreo, lo anterior refleja que la disponibilidad de espacio libre (25 m² el área donde se localizan las plantas útiles) y el suministro de agua, determinan la cantidad de los diferentes estratos vegetales.

La familia es la que proporciona el manejo al solar, delimita la forma, estructura, diversidad y riqueza de especies vegetales, así como la historia y futuro, de esta forma de producción de satisfactores con base a sus circunstancias de vida, donde no se observó un patrón de organización espacial que sea repetitivo, debido a que cada familia establece el arreglo de su solar con base a sus necesidades particulares y la disponibilidad de espacios en el huerto familiar.

LITERATURA CITADA

- Bellon, M.R., J. A. Aguirre, G.M. Smale, J. Berthaud, R. I. Manuel, J. Mendoza, A.M. Solano, R. Martínez. 2004. Intervenciones participativas para la conservación del maíz en fincas en los valles centrales de Oaxaca, México. In: Chávez-Servia, J.L., J. Tuxill y D.I. Jarvis (eds). Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia.
- Blanckaert, I., R. Swennen, M. Bredes F., R. Rosas L. y R. Lira S. 2001. Estudio etnobotánico de los huertos de San Rafael Coxcatlán. In: Resúmenes del XV Congreso Mexicano de Botánica. Sociedad Botánica México.
- Cahuich, C. D. 2008. Conocimiento tradicional y condiciones socioculturales de las familias campesinas en la biodiversidad de los huertos familiares en San Lucas Quiaviní, Tlacolula, Oaxaca, Tesis de Maestría en Ciencias, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.
- Chargoy, Z. C. 2007. La medición agronómica de la eficiencia en el rendimiento de los cultivos múltiples. En Chávez-Servia, J.L., J. Tuxill y D.I. Jarvis (eds). 2007. Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia.
- Collado, L.A., M. Arroyo, A. Riesco y J. J. Chávez S. 2005. Experiencias sobre la diversidad en los cultivos y aspectos económicos de la conservación in situ en la Amazonia central peruana. En Chávez-Servia, J.L., J. Tuxill y D.I. Jarvis (eds). Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2013. Municipios del estado de México, 1995, Escala 1:250000. Extraído del proyecto H103 Sistema de información geográfica.
- Gispert, C. M., A. Gómez A. y A. Núñez P. 2000. Concepto y manejo tradicional de los huertos familiares en dos bosques tropicales mexicanos. In: Leff, E y J. Carabias (Coord.) Cultura y manejo de los recursos naturales. México: Miguel Porrúa y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2: 576-623.
- González J., A., S. del Amo R. y F. G. Gurri G. 2007. Los nuevos caminos de la agricultura: procesos de conversión y perspectivas. Universidad Iberoamericana y Plaza Valdés. México. pp. 59-95.
- Granados-Sánchez, D., M. A. Hernández G. y G. López R. 2004. Estudio integral del valle de Tehuacán-Cuicatlán: recursos genéticos de plantas. In: Chávez-Servia, J.L., J. Tuxill y D.I. Jarvis (eds). Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia.
- Guerrero P., A.G. 2007. El impacto de la migración en el manejo de los solares campesinos, caso de estudio La Purísima Concepción, Mayorazgo, San Felipe del Progreso, Estado de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 63:105-124.
- Hernández, X.E. y R. Ramos A. 1977. Metodología para el estudio de agroecosistemas con persistencia de tecnología agrícola tradicional. In: Agroecosistemas de México. Colegio de Posgraduados. México.
- Herrera-Castro, N.D., A. Gómez-Pompa, L. Cruz y J. Flores. 1998. Los huertos familiares mayas en X-uilub, Yucatán, México. Aspectos generales y estudio comparativo entre la flora de los huertos familiares y la selva. Biótica, nueva época 1:19-36.
- Jiménez-Osornio, J.J., R. Ruenes M., y P. Montanés E. 1999. Agrodiversidad en los solares de la Península de Yucatán. Red de Gestión de Recursos Naturales (México). 14:30-40.
- Lastra O., A., P. Díaz J., D. V. Bacelis M. y F. Maldonado M. 2005. Diversidad y categoría de uso de las especies vegetales en huertos familiares en las comunidades étnicas de Oxolotlán y Tomás Garrido, Tlacotalpa, Tabasco. En XVI Congreso Mexicano de Botánica. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.
- Manzanero M., G.I., A. Flores M. y J. García G. 1998. Etnobiología de los Huertos familiares zapotecos en Talea de Castro, Sierra Norte, Oaxaca. En III Congreso Mexicano de Etnobiología, Oaxaca, México. Asociación Etnobiológica Mexicana, ITAO No. 23, Oaxaca, México.
- Mariaca M., R., A. González J. y T. Lerner M. 2007. El huerto familiar en México; Avances y Propuestas. Avances en agroecología y ambiente B. U. d. Puebla. México. 1: 119-138.
- Martínez M., M. 2006. Ciencia y arte en la metodología cualitativa. Segunda edición. Trillas. México. 351 p.
- Morán, B. S., M. Ribero B., Y. García F. y P. Ramírez V. 2004. Patrones isoenzimáticos de chiles criollos (*Capsicum annuum* L.) de Yucatán, México. En Chávez-Servia, J.L., J. Tuxill y D.I. Jarvis (eds). Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia.
- Reinhardt, S. 2007. Huertos familiares; tesoros de diversidad. Hojastemáticas people and biodiversity in rural areas. Echbom, Alemania. www2.gtz.de/dokumente/bib/04-51084.pdf (consultada el 2 de noviembre de 2010).
- Toledo, V.M., J. Carabias, C. Mapes y C. Toledo C. 2007. Ecología y Autosuficiencia Alimentaria. Sexta edición. Siglo Veintiuno Editores, Ciudad de México. 118 p.

- Traversa T., I.P., A. M. Fierros G., M. Gómez C., J. C. Leyva L. y R. A. Hernández R. 2005. Los huertos de Zaachila en Oaxaca, México. *Revista Agroforestería en las Américas* 7: 28-37.
- Villakamel A. y J. Caballero N. 1998. Variación florística en los huertos familiares de Guerrero, México. En III Congreso Mexicano de Etnobiología, Asociación Etnobiológica Mexicana, ITAO No. 23. Oaxaca, México. pp. 81.
- Vogl C.R., B. Vogl-Lukasser y J. Caballero. 2002. Home_gardens of Maya migrants in the District of Palenque (Chiapas/México: Implications for sustainable Rural Development). En: Stepp, J.R., Wyndham, F.S. y R.K. Zarger (eds.) *Ethnobiology and Biocultural Diversity*. pp. 631-647.
- Watson, J.W. y B. Eyzaguirre P. 2002. Home gardens *in situ* conservation of plant genetic resources en farming systems. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI).