



## Estudio morfométrico de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* (Fagaceae)

### Morphometric study of *Quercus sartorii* and *Q. xalapensis* (Fagaceae)

Dorismilda Martínez-Cabrera<sup>1</sup>, Fernando Zavala-Chávez<sup>2†</sup> y Teresa Terrazas<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados. Montecillo 56230 Estado de México, México.

<sup>2</sup>División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo 56230 Estado de México, México.

<sup>3</sup>Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado postal 70-233, 04510 México D.F., México.

\*Correspondencia: terrazas@ibiologia.unam.mx

†Fallecido durante el período de revisión del artículo

**Resumen.** Se realizó un estudio morfométrico con la finalidad de contribuir en la delimitación taxonómica de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis*. Para ello, se revisó material de herbario y se recolectó material en 11 poblaciones distribuidas en los estados de Hidalgo, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz, en México, incluyendo 2 poblaciones simpátricas. Los resultados del análisis de componentes principales y discriminante mostraron que los caracteres que contribuyeron a agrupar los individuos en su respectiva especie son los relacionados con el tamaño del fruto, en particular el diámetro de la bellota, de la nuez y de la cúpula. La bellota de *Q. sartorii* es de menor tamaño que la de *Q. xalapensis*. La variación detectada no se atribuyó a la latitud o altitud. El fenograma mostró la separación de 2 grupos que corresponden a los individuos de las 2 especies estudiadas, si los caracteres del fruto son incluidos. Además, de los caracteres cuantitativos ya mencionados, 3 del patrón de venación y 2 anatómicos contribuyeron a reconocer los individuos de cada especie. Estas diferencias se mantuvieron en los individuos de las poblaciones simpátricas, por lo que los resultados apoyaron la distinción de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis*.

Palabras clave: análisis multivariado, bellotas, México, patrón de venación, variación morfológica.

**Abstract.** A morphometric study was carried out in order to evaluate morphological variation of *Quercus sartorii* and *Q. xalapensis* and to contribute to their taxonomic delimitation. Herbarium specimens and material of 11 populations from Mexico in the states of Hidalgo, San Luis Potosí, Tamaulipas, and Veracruz, including 2 sympatric populations, were studied. Characters from foliar architecture, fruits and anatomical features of periderm and wood were analyzed through multivariate and phenetic methods. Principal component and discriminant analyses showed that fruit characters such as acorn, nut, and cupule diameters contributed to group individuals in their species, the acorn of *Q. sartorii* being smaller than that of *Q. xalapensis*. Variation was not attributed to latitude or elevation. The resulted phenogram revealed 2 groups in which individuals grouped in their own species if fruit features were included. In addition to the quantitative characters mentioned, 3 traits of the venation pattern plus 2 anatomical features distinguished the individuals of each species. These differences were maintained in the individuals from sympatric populations, supporting the distinctness of *Quercus sartorii* and *Q. xalapensis*.

Key words: acorn, Mexico, morphological variation, multivariate analyses, venation pattern.

### Introducción

El género *Quercus* incluye árboles y arbustos en un número estimado de 400 (Nixon, 1997) a 500 especies (Manos et al., 1999) presentes en una amplia diversidad de hábitats en el hemisferio norte. En México cuenta con alrededor de 161 especies comprendidas en las secciones *Lobatae*, *Protobalanus* y *Quercus*, de las cuales 109 son endémicas de México (Valencia, 2004). Las especies mexi-

canas del género *Quercus* se encuentran distribuidas desde climas cálidos hasta templados, donde predominan junto con los pinos y constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de esos lugares (Rzedowski, 1978).

La sistemática de *Quercus* ha sido difícil de estudiar (Jensen et al., 1993) debido a la diversidad morfológica que presenta el género, asociada a la variabilidad dentro de las especies y la aparente facilidad de formar híbridos, lo cual puede generar morfologías intermedias que dificultan la identificación taxonómica entre especies (Palmer, 1948; Cristofolini y Crema, 2005; Albarrán-Lara et al., 2010; Peñaloza-Ramírez et al., 2010). Valencia (2004) menciona que la resolución de diversos problemas taxonómicos ha

sido posible gracias al estudio particular de algunas especies mexicanas, entre las que podemos citar *Q. acutifolia* Née y *Q. conspersa* Benth.; *Q. laceyi* Small y *Q. glaucoides* M. Martens et Galeotti (Nixon y Muller, 1992); la nueva especie *Q. hirtifolia* M. L. Vázquez-Villagrán, S. Valencia A. et Nixon y su comparación con *Q. hintoniorum* Nixon et Muller, *Q. hypoxantha* Trel., *Q. eduardii* Trel., *Q. laurina* Humb. et Bonpl. y *Q. depressa* Humb. et Bonpl. (Vázquez et al., 2004); así como el complejo *Q. hypoxantha* Trel. (Nixon y Muller, 1993).

Sin duda estos estudios reflejan el problema del género en el nivel específico, como es el caso de las especies aquí estudiadas: *Q. sartorii* Liebm. y *Q. xalapensis* Humb. et Bonpl., clasificadas por Trelease (1924) en el subgénero *Lobatae* dentro de la serie *Acutifoliae*. Este autor reconoce *Q. sartorii* por la presencia de lenticelas de color café en las ramas, hojas elíptico-lanceoladas con ápice agudo, base típicamente redondeada, margen con dientes aristados y bellota de  $\leq 1.5$  cm de largo con cúpula en forma turbinada y más o menos esférica. En contraste, *Q. xalapensis* tiene lenticelas blancas en las ramas, hojas ovado-lanceoladas, margen aserrado, ápice agudo, base típicamente aguda y bellota de  $> 2$  cm de largo con cúpula hemisférica no turbinada. Trelease (1924) también describió *Q. xalapensis* f. *jalapae* y *Q. xalapensis* f. *surculina*, haciendo referencia al largo y ancho de la hoja y al largo del peciolo. Valencia (2004) propuso una lista preliminar de especies del género *Quercus* en México, donde reconoce *Q. sartorii* y *Q. xalapensis* dentro de la sección *Lobatae*, considerando *Q. huitamalcana* Trel. y *Q. serra* Liebm. como coespecíficas con *Q. sartorii*, y señala que las formas *Q. xalapensis* f. *jalapae* y *Q. xalapensis* f. *surculina*, propuestas por Trelease (1924), deben incluirse bajo *Q. xalapensis*. Martínez-Cabrera et al. (2003) registran caracteres de la arquitectura foliar y de la madera que apoyan el reconocimiento de ambas especies. Sin embargo, en la revisión taxonómica del complejo *Acutifoliae*, Romero (2006) considera que no existen diferencias claras que permitan distinguir las, reconociendo a *Q. sartorii* coespecífica con *Q. xalapensis*. La variación morfológica de estos taxones ha causado confusión en su reconocimiento, por lo que se realizó un análisis morfométrico para evaluar y comparar la variación morfológica de ambas especies, así como determinar cuáles caracteres permiten delimitar cada taxón y si la altitud y la latitud de sus áreas de distribución influyen en dicha variación.

## Materiales y métodos

Se recolectaron 47 individuos de *Q. sartorii* y *Q. xalapensis* provenientes de 11 poblaciones de los estados

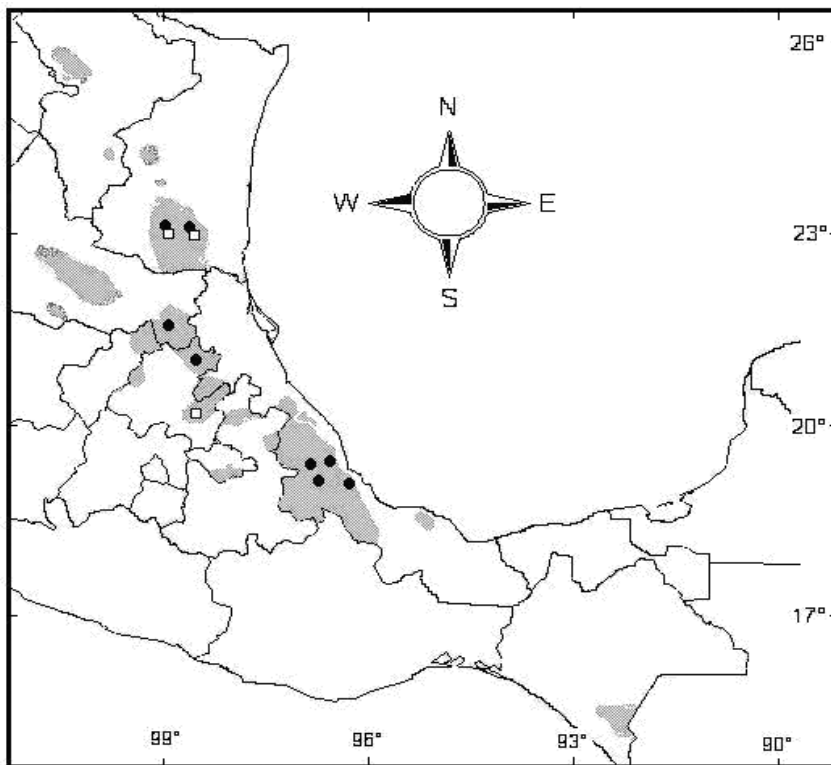
de Hidalgo, San Luis Potosí, Veracruz y Tamaulipas (Apéndice 1). En 2 localidades del estado de Tamaulipas se recolectaron poblaciones simpátricas para los taxones estudiados (Fig. 1), y se revisaron 119 ejemplares de herbario de ambos taxones, incluyendo el material tipo en la página electrónica de New York Botanical Garden (<http://www.nybg.org/bsci/herbarium-imaging/typedefinition.html>) y en la del Missouri Botanical Garden (<http://www.mobot.mobot.org/w3r/search/image.fr/html>), de los cuales únicamente 22 presentaron caracteres reproductivos. Estos ejemplares representan el área de distribución de las especies (Fig. 1).

De las muestras recolectadas en campo se seleccionaron 5 hojas y 5 frutos por individuo de cada población visitada, y del material de herbario, 3 hojas y los frutos disponibles de cada ejemplar. La forma en que se midieron algunos de los caracteres que resultaron importantes para separar los taxones se ilustra en la figura 2. Al final, se obtuvo información de 23 caracteres cuantitativos y 20 cualitativos (Apéndice 1). En adición a los caracteres vegetativos y reproductivos tradicionalmente empleados para la identificación de las especies de encinos, se incluyeron el patrón de venación y los caracteres anatómicos de la corteza y madera de ramas que describieron Martínez-Cabrera et al. (2003).

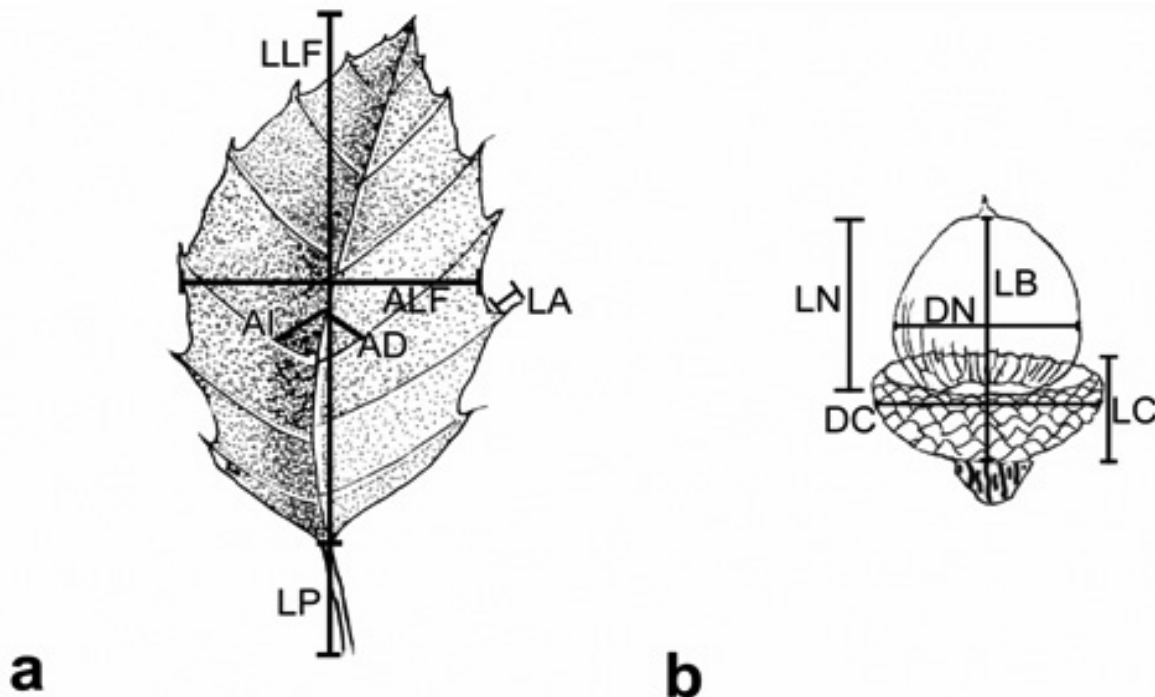
**Análisis de datos.** Los caracteres se analizaron por medio de métodos multivariados y de similitud. Para los análisis multivariados a todos los caracteres se aplicó la prueba de normalidad. Los caracteres que expresan distancia se transformaron con logaritmo natural; al número de estomas y de aréolas se les aplicó raíz cuadrada, y los grados se transformaron a radianes (Zar, 1999).

El análisis de componentes principales (ACP) incluyó 23 caracteres cuantitativos (Cuadro 1) y su objetivo fue sintetizar en un menor número de variables el mayor porcentaje de la variación (Neff y Marcus, 1980). El análisis discriminante (DISCRIM) se aplicó para estimar las tasas de error y porcentaje de individuos clasificados dentro de cada uno de los grupos (especies) reconocidos *a priori*. Este análisis permitió corroborar si los individuos estudiados fueron asignados correctamente a los grupos propuestos (Johnson y Wichern, 1982).

Los análisis de varianza se realizaron con el modelo general lineal (GLM), adecuado para conjuntos de datos no balanceados. Estos análisis fueron seguidos de una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, 95% de probabilidad) con la finalidad de detectar diferencias significativas intra e interespecíficas. Se aplicó un análisis de correlación con la finalidad de conocer el grado de asociación entre la altitud o la latitud con los caracteres morfológicos evaluados. Todos los análisis se practicaron con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1989).



**Figura 1.** Distribución geográfica de las 11 poblaciones de *Quercus sartorii* (□) y *Q. xalapensis* (●) recolectadas. El sombreado representa el área de distribución para ambas especies con base en la revisión de ejemplares de herbario.



**Figura 2.** Diagrama que ilustra los caracteres medidos en la hoja y el fruto de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis*. **a**, lámina foliar; **b**, fruto. LLF, longitud de la lámina foliar; ALF, ancho de la lámina foliar; LP, longitud del pecíolo; AD, ángulo medio de la parte derecha; AI, ángulo medio de la parte izquierda; LA, longitud de aristas; LB, longitud bellota; LN, longitud nuez; LC, longitud cúpula; DN, diámetro de la nuez; DC, diámetro de la cúpula.

**Cuadro 1.** Resultados del ACP para los 3 primeros componentes del material colectado para las especies de *Quercus* estudiadas considerando 23 caracteres

<i>Caracteres</i>	<i>Componentes</i>		
	Prin1	Prin2	Prin3
Variación explicada (%)	29.56	15.27	9.20
Valor de carga	6.20	3.20	1.93
Largo de hoja	0.153	0.358*	0.318
Ancho de la hoja	0.156	0.328	0.339
Largo del pecíolo	0.024	0.021	0.489*
Diámetro del pecíolo	0.070	0.255	0.085
Largo de las aristas del lado derecho de la lámina foliar	-0.128	-0.133	0.409
Largo de las aristas del lado izquierdo de la lámina foliar	-0.071	-0.084	0.401
Ángulo medio de la parte derecha de la lámina	0.230	0.169	0.092
Ángulo medio de la parte izquierda de la lámina	0.251	0.125	0.070
Largo de las yemas	-0.112	0.376	-0.165
Ancho de las yemas	-0.069	0.290	-0.175
Largo de la bellota	0.253	0.095	0.137
Diámetro de la bellota	0.368*	-0.077	-0.077
Largo de la cúpula	0.240	0.039	-0.209
Diámetro de la cúpula	0.359*	-0.056	-0.016
Largo de la nuez	0.314	0.114	-0.075
Diámetro de la nuez	0.328*	0.025	-0.076
Diámetro de la cicatriz de la nuez	0.325	-0.016	-0.168
Largo del pedúnculo	0.009	0.090	0.023
Proporción del largo/diámetro de la bellota	-0.131	0.255	0.017
Número de aréolas	-0.171	0.423*	-0.103
Número de estomas	-0.216	0.345	-0.138
Longitud de las células oclusivas	-0.103	0.234	-0.156
Número de células de la felodermis	0.245	0.319	-0.348

\* Variables con valores más altos.

Se hicieron 2 análisis de similitud con el paquete NTSYSpc versión 2.0 (Rolhf, 1997). El primero consistió en analizar una matriz de datos con 43 líneas (caracteres, Apéndice 2) y 47 columnas (individuos), donde únicamente se incluyó el material recolectado. En el segundo análisis se utilizó una matriz de datos con 43 líneas (caracteres) y 164 columnas (individuos); aquí se incluyó el material recolectado y los ejemplares procedentes de los herbarios, que en su mayoría fueron estériles. Para reducir los efectos de las diferentes escalas en las mediciones, las matrices se estandarizaron por líneas, utilizando para ello la media y la desviación estándar del programa NTSYS. La matriz de similitud entre las unidades operacionales taxonómicas (OTU) se generó con el coeficiente de distancia euclideana y para la construcción de los fenogramas se empleó el método de agrupamiento promedio no ponderado (UPGMA) (Sneath, 1976).

## Resultados

Los resultados del ACP mostraron que los 3 primeros componentes expresaron el 54.3 % de la variación. Los caracteres que explicaron la variación del primer componente son los del fruto, diámetro de la bellota, cúpula y nuez. En el segundo y tercer componente están el largo de la hoja, número de aréolas y largo del peciolo (Cuadro 1). El DISCRIM detectó que el 97.5 % de los individuos de *Quercus sartorii* se clasificaron correctamente en esta especie y únicamente el 2.5 % se agrupó con *Q. xalapensis*. Los 2 individuos clasificados incorrectamente correspondieron a la población de Alta Cima, Tamaulipas, donde ambas especies son simpátricas. Para *Q. xalapensis* el 99.2 % de los individuos se clasificaron correctamente dentro de esta especie y solamente un individuo, también de la población de Alta Cima, Tamaulipas, se agrupó con los individuos de *Q. sartorii*.

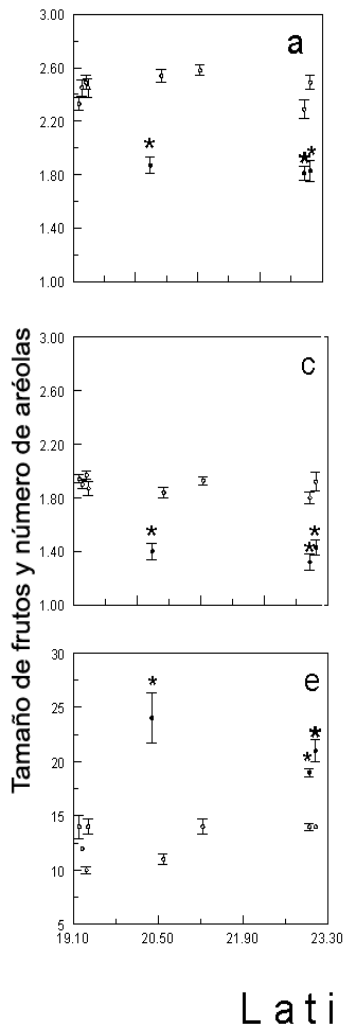
Los resultados del análisis de correlación mostraron que algunos de los caracteres vegetativos de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* estuvieron correlacionados con la latitud (L) y la altitud (A). En *Q. sartorii*, el largo de la hoja [ $r(L) = 0.52$ ,  $P < 0.0001$ ;  $r(A) = -0.58$ ,  $P < 0.0001$ ], el largo de las yemas [ $r(L) = 0.59$ ,  $P < 0.0001$ ;  $r(A) = -0.54$ ,  $P < 0.0001$ ] y el número de estomas/mm<sup>2</sup> [ $r(L) = 0.97$ ,  $P < 0.0001$ ;  $r(A) = -0.90$ ,  $P < 0.0001$ ] estuvieron correlacionados positivamente con la latitud y negativamente con la altitud. Sin embargo, la longitud de las células oclusivas presentó una asociación negativa con la latitud ( $r = -0.85$ ,  $P < 0.0001$ ) y positiva con la altitud ( $r = 0.79$ ,  $P < 0.0001$ ). En *Q. xalapensis*, el largo del peciolo [ $r(L) = -0.33$ ,  $P < 0.0001$ ;  $r(A) = 0.36$ ,  $P < 0.0001$ ], el ángulo del lado derecho de la lámina foliar [ $r(L) = -0.35$ ,  $P < 0.0001$ ;

$r(A) = 0.38$ ,  $P < 0.0001$ ], y el diámetro de la cicatriz de la nuez [ $r(L) = -0.37$ ,  $P < 0.0001$ ;  $r(A) = 0.32$ ,  $P < 0.0001$ ] tuvieron una correlación negativa con la latitud y positiva con la altitud; mientras el número de estomas/cm<sup>2</sup> se correlacionó negativamente con la altitud ( $r = -0.40$ ,  $P < 0.0001$ ). En cambio, los caracteres del fruto en *Q. sartorii* y *Q. xalapensis* no presentaron ninguna correlación significativa ( $P > 0.06$ ) con la altitud o la latitud.

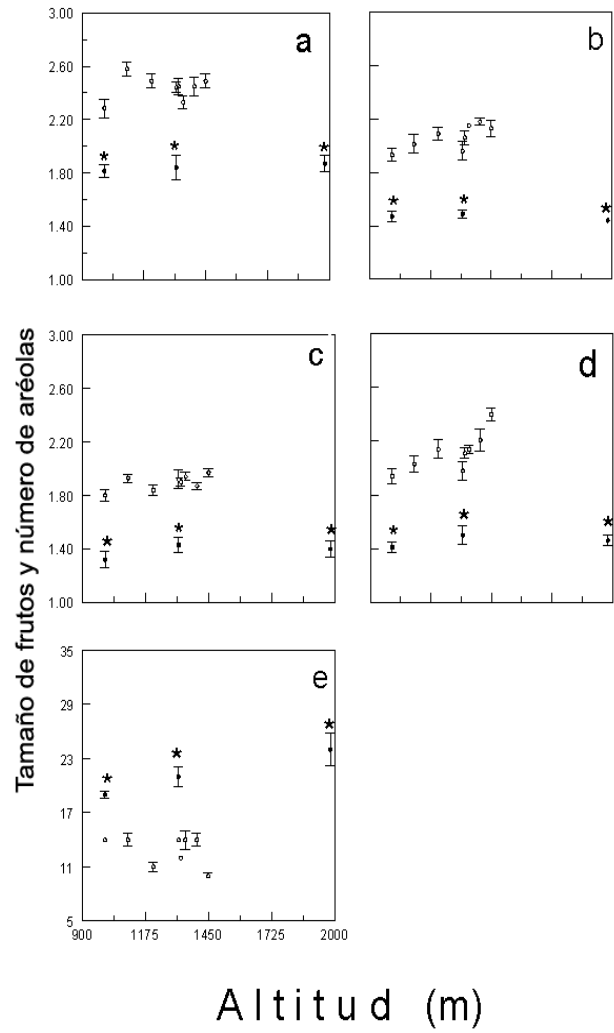
El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre poblaciones de las 2 especies para el largo de bellota ( $F = 8.72$ ,  $gl = 10$ ,  $P < 0.0001$ ,  $N = 47$ ), los diámetros de bellota ( $F = 18.83$ ,  $gl = 10$ ,  $P < 0.0001$ ,  $N = 47$ ), cúpula ( $F = 66.30$ ,  $gl = 10$ ,  $P < 0.0001$ ,  $N = 47$ ) y nuez ( $F = 8.30$ ,  $gl = 10$ ,  $P < 0.0001$ ,  $N = 47$ ); así como el número de aréolas/mm<sup>2</sup> ( $F = 18.34$ ,  $gl = 10$ ,  $P < 0.0001$ ,  $N = 47$ ). Las diferencias entre especies se muestran en el gradiente latitudinal y altitudinal donde se colectaron las especies (Figs. 3, 4).

Los resultados de los análisis de similitud, donde se incluyó únicamente el material recolectado, separan 2 grupos. Uno se formó por los individuos de *Quercus sartorii* y el otro por los individuos de *Q. xalapensis* (Fig. 5). Los 2 grupos correspondientes a las especies se asociaron a un nivel de similitud cercano a 8.99, al cual se unió un individuo (43) de la población 11 de Tlahualompa, Hidalgo, separándose del resto debido a que presentó un mayor número de aréolas. Los caracteres cualitativos que contribuyeron a la separación de los grupos (especies) en el análisis de similitud son la forma de las aréolas, la ramificación de las vénulas, el recorrido de la vena secundaria dentro del diente y la distribución de los vasos. En *Q. sartorii* el recorrido de la vena secundaria dentro del diente es excéntrico, la forma de las aréolas es cuadrangular o poligonal (Fig. 6a, c), las vénulas generalmente no se ramifican, la felodermis está escasamente desarrollada o ausente (Fig. 7a) y la distribución de vasos se presentó en hileras radiales (Fig. 7c). Por el contrario, en *Q. xalapensis* el recorrido de la vena secundaria dentro del diente es central, las aréolas son de forma irregular (Fig. 6b, d), las vénulas se ramifican 1 o 2 veces, la felodermis se compone de varios estratos de células (Fig. 7b) y los vasos no se presentaron en hileras radiales (Fig. 7d). Los caracteres que permiten separar las especies estudiadas se resumen en el Cuadro 2.

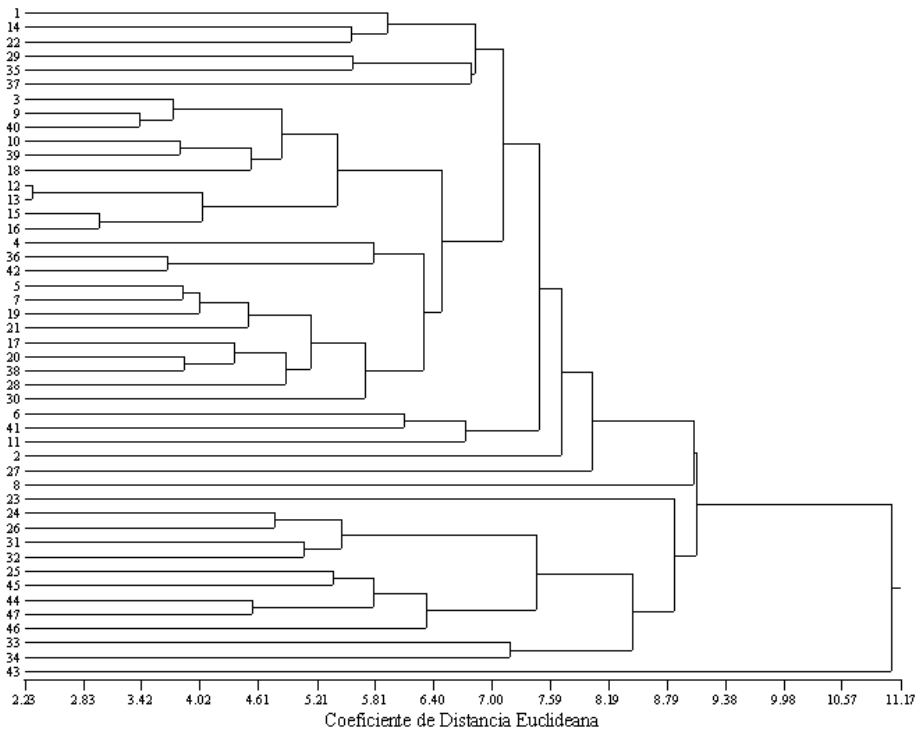
El fenograma que incluye a los 164 individuos mostró que no hay grupos constituidos exclusivamente por individuos de *Quercus sartorii* o de *Q. xalapensis* (Fig. 8). Los individuos de las 2 especies se asociaron indistintamente en más de 10 subgrupos, en su mayoría de poblaciones de distribución alopátrica y carentes de frutos. La amplitud presente en los niveles de agrupamiento osciló entre 0.73 y 14.9.



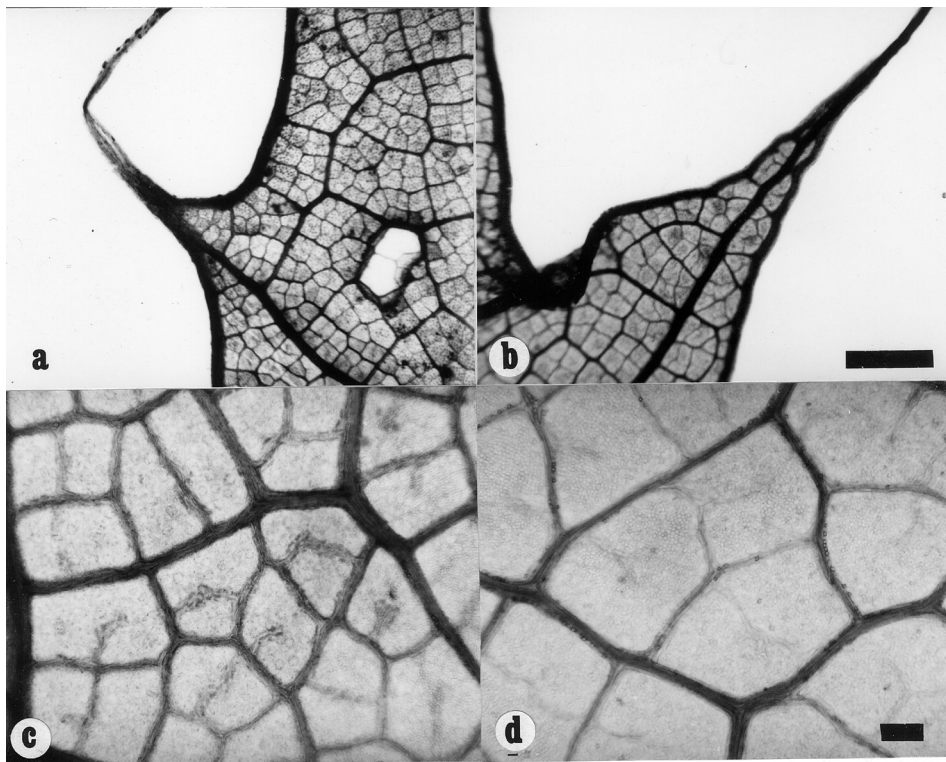
**Figura 3.** Diferencias significativas para la longitud de la bellota (a), diámetro de la bellota (b), diámetro de la nuez (c), diámetro de la cúpula (d) y el número de aréolas (e) entre poblaciones de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis*. El círculo representa la media y la línea la desviación estándar para cada población. Círculo lleno = *Q. sartorii*, círculo vacío = *Q. xalapensis*. Asteriscos indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ , Tukey) entre especies.



**Figura 4.** Diferencias significativas para la longitud de la bellota (a), diámetro de la bellota (b), diámetro de la nuez (c), diámetro de la cúpula (d) y el número de aréolas (e) entre poblaciones de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis*. El círculo representa la media y la línea la desviación estándar para cada población. Círculo lleno = *Q. sartorii*, círculo vacío = *Q. xalapensis*. Asteriscos indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ , Tukey) entre especies.



**Figura 5.** Fenograma para 47 individuos recolectados de las 11 poblaciones de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* generado con el coeficiente de distancia euclídeana y UPGMA. La matriz se puede consultar por solicitud.



**Figura 6.** Detalles del patrón de venación de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis*. a-b. Recorrido de la vena al diente. **a**, *Quercus sartorii*, Martínez 160; **b**, *Q. xalapensis*, Martínez 120. c-d. Aréolas. **c**, *Q. sartorii*, Martínez 158; **d**, *Q. xalapensis*, Martínez 119. Escala: a-b, 1 mm; c-d, 100 µm.

## Discusión

Los análisis multivariados y el análisis de similitud mostraron que los caracteres que contribuyeron a la delimitación de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* fueron el diámetro de la bellota, el diámetro de la nuez y el diámetro de la cúpula. La bellota fue de mayor tamaño en *Q. xalapensis* que en *Q. sartorii*. La longitud y diámetro de la bellota fueron considerados importantes por Trelease (1924) para diferenciar ambas especies. Otros caracteres, como el largo de la bellota y de la nuez, se compartieron en 3 individuos de las poblaciones simpátricas de Tamaulipas, lo que podría sugerir una posible hibridación entre especies. Es recomendable realizar estudios con marcadores moleculares en dichas poblaciones simpátricas para confirmar el flujo de genes, como recientemente se demostró para otras especies de encinos (Albarrán-Lara et al., 2010; Peñaloza-Ramírez et al., 2010). Los resultados del análisis de varianza mostraron que la variación de los caracteres del fruto es significativa ( $P < 0.05$ ) aún en las poblaciones simpátricas. El análisis de correlación mostró que la variación interespecífica de estos caracteres del fruto no está

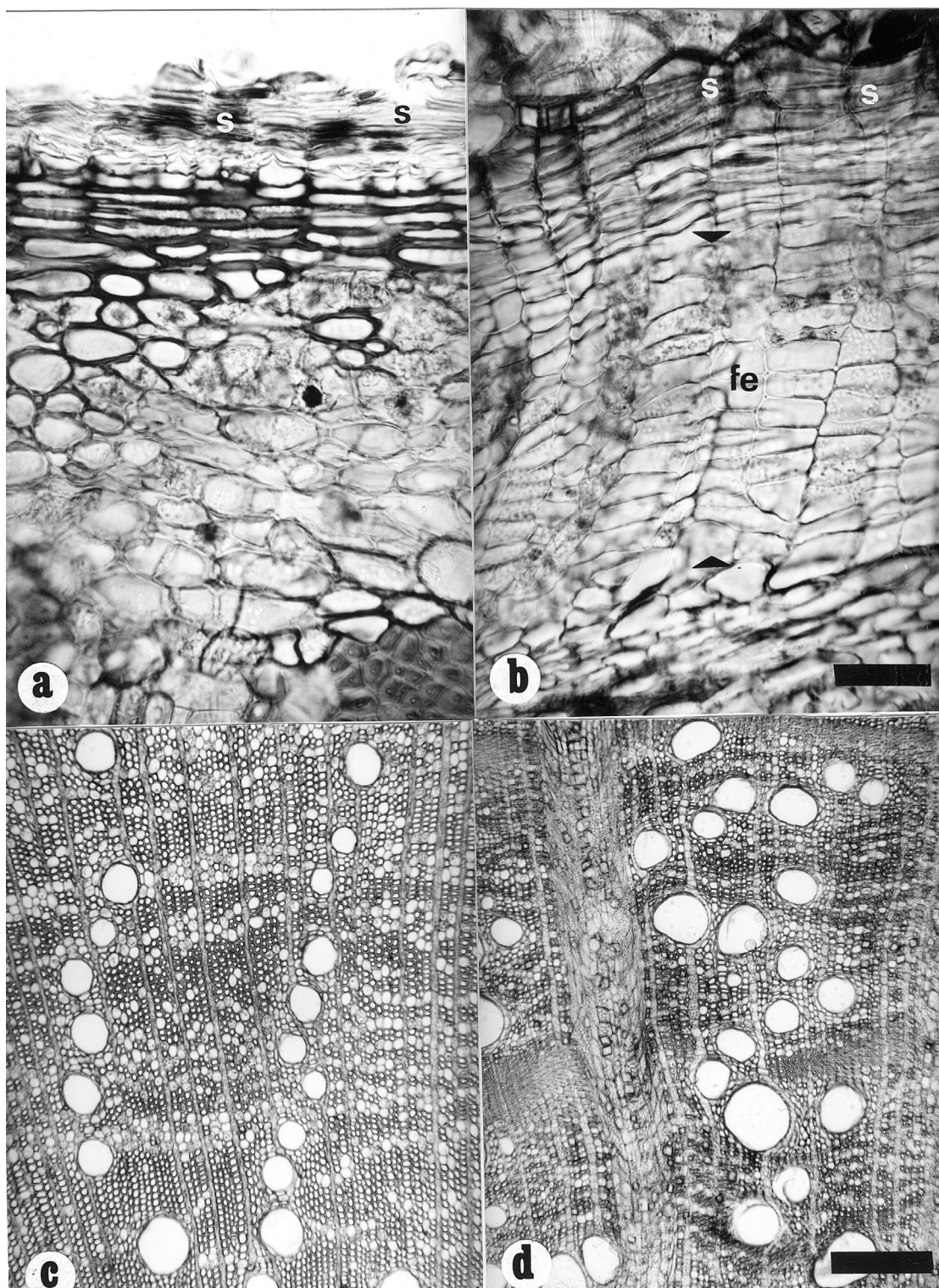
correlacionada con el gradiente altitudinal ni latitudinal en el que se recolectaron las poblaciones de ambos taxa. Al menos para los caracteres del fruto, no existió una variación clinal como la detectada para otras especies (Aizen y Woodcock, 1992).

El análisis de similitud, en el cual se incluyó exclusivamente el material recolectado en campo, confirmó los resultados de los análisis multivariados. El fenograma mostró 2 grupos, uno que incluye a todos los individuos de *Quercus sartorii* y otro a los de *Q. xalapensis*. Este análisis evidenció que en los grupos de cada especie no hubo formación de subgrupos que asociaran exclusivamente individuos de la misma población, sino que éstos se formaron por la asociación de individuos de diferentes poblaciones. Es decir, existe mayor similitud entre individuos de diferentes poblaciones que entre los individuos de una misma población. Este comportamiento sugiere que la variación morfológica no responde a un gradiente altitudinal ni a uno latitudinal (Sneath y Sokal, 1973). Los resultados de este análisis no apoyan la existencia de las formas *Q. xalapensis* f. *jalapae* y *Q. xalapensis* f. *surculina* propuestas por Trelease (1924) para *Q. xalapensis*, confirmando lo señalado por Valencia (2004).

**Cuadro 2.** Caracteres morfológicos y anatómicos diagnósticos en la delimitación taxonómica de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis*. En los caracteres cuantitativos se presenta la media  $\pm$  error estándar y entre paréntesis el valor mínimo y máximo

Carácter	<i>Quercus sartorii</i>	<i>Quercus xalapensis</i>
Diámetro de la bellota (límite entre la nuez y la cúpula, mm)	1.37 $\pm$ 0.1 (1.2-1.5)	2.0 $\pm$ 0.16 (1.8-2.5)
Diámetro de la nuez (mm)	1.2 $\pm$ 0.11 (1.0-1.4)	1.9 $\pm$ 0.11 (1.7-2.2)
Diámetro de la cúpula (mm)	1.4 $\pm$ 0.11 (1.2-1.6)	2.0 $\pm$ 0.17 (1.8-2.6)
Número de aréolas (cm <sup>2</sup> )	23 $\pm$ 6 (18-34)	12 $\pm$ 2.2 (9-19)
Recorrido de la vena secundaria dentro del diente de la hoja	Excéntrico	Central
Forma de las aréolas	Cuadrangular o poligonal	Irregular
Ramificación de las vénulas	Ninguna o rara vez una	1 o 2 veces
Número de células de la felodermis	1 a 3	4 a 7
Distribución de los vasos	En hileras radiales	En diagonal





**Figura 7.** Corteza y madera de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis*, cortes transversales. a-b. Detalles de peridermis; las flechas señalan a las células de la felodermis. **a**, *Quercus sartorii*, Martínez 161; **b**, *Q. xalapensis*, Martínez 130. c-d. Distribución de vasos en la madera. **c**, *Q. sartorii*, Martínez 159; **d**, *Q. xalapensis*, Martínez 120. Escala: a-b, 50  $\mu$ m; c-d, 200  $\mu$ m; s, súber; fe, felodermis.

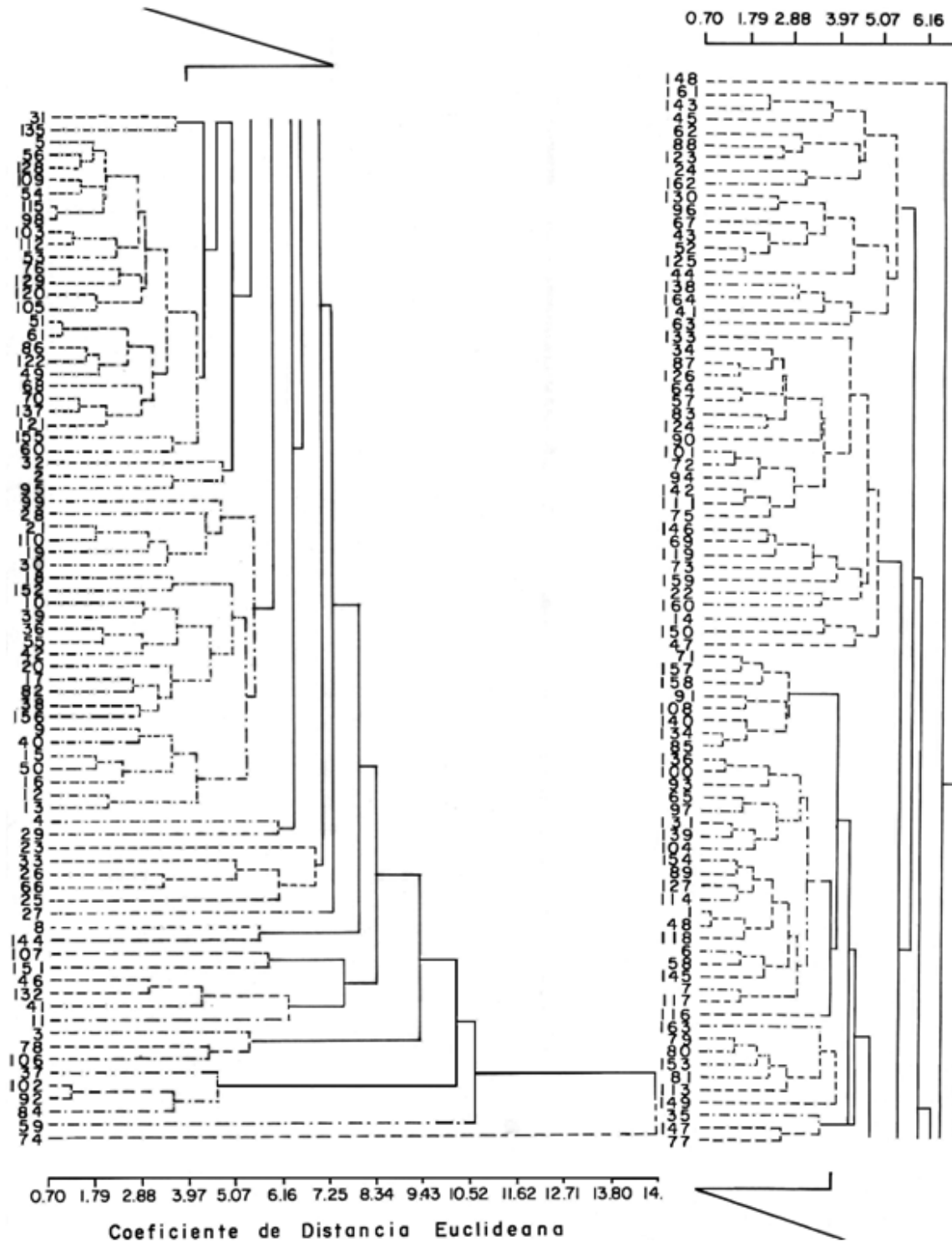


Figura 8. Fenograma para 164 individuos de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* generado con el coeficiente de distancia Euclideana y UPGMA. La matriz se puede consultar por solicitud.

La importancia del fruto en los trabajos taxonómicos del género *Quercus* ha sido resaltada por varios autores (Muller y McVaugh, 1972; Zavala, 1999; Cristofolini y Crema, 2005). Zavala (1999) señala que la morfología de las bellotas de encinos se ha usado principalmente cuando se analizan individuos de una especie o entre especies cercanamente emparentadas. En el caso de las especies estudiadas, el diámetro de la bellota no se yuxtaponen entre ellas (Cuadro 2). Sin embargo, son escasos los trabajos que han estudiado los caracteres del fruto, porque los ejemplares de herbario carecen de ellos, o bien los presentan inmaduros. Los caracteres vegetativos con los que tradicionalmente se han identificado estas especies (largo de la lámina foliar y del pecíolo) resultaron importantes solamente en el segundo y tercer componente en el ACP. El análisis de varianza mostró que dichos caracteres presentaron una amplia variación intra e interespecífica que no permitió reconocer como entidades diferentes a *Q. sartorii* de *Q. xalapensis* conforme se ha detectado en otras especies de *Quercus* y otros géneros (Muller y McVaugh, 1972; Mayer, 1991; Tyteca y Dufrêne, 1994; González-Rodríguez y Oyama 2005; Albarrán Lara et al., 2010). Más aún, lo anterior se resalta en los resultados del análisis de similitud que incluye los individuos provenientes de herbarios que en su mayoría son estériles y por ende, los atributos vegetativos no permiten distinguir entre especies.

Los resultados obtenidos con los caracteres macromorfológicos mostraron que ambas especies comparten la forma y tamaño de hoja, el tipo de margen, el largo y el ancho de pecíolo y el número de dientes. Esto confirma lo mencionado por Jones (1986), Muller y McVaugh (1972) y Zavala (1999), quienes señalan que las hojas de los encinos presentan una amplia variación morfológica y sólo en muy pocas excepciones se presenta una morfología constante. Al incluir los caracteres de la arquitectura foliar señalados por Martínez-Cabrera et al. (2003) en el análisis de similitud, encontramos que el recorrido de la vena secundaria dentro del diente, la forma y el número de aréolas, así como la ramificación de las vénulas, contribuyeron en la separación de las especies estudiadas, confirmando que el patrón de venación provee caracteres útiles en la delimitación de especies de *Quercus* (Valencia y Delgado, 1995). El tipo de diente que presentan ambas especies es aristado, este carácter coincide con lo que Hickey y Wolfe (1975) describieron para el orden Fagales. Sin embargo, el recorrido que tiene la vena secundaria dentro del diente fue diferente en las especies estudiadas (Martínez-Cabrera et al., 2003). En *Q. sartorii* el recorrido de la vena es excéntrico, mientras que en *Q. xalapensis* es central. Este carácter y, en general, la morfología del diente, se considera de valor diagnóstico en los trabajos taxonómicos (Hickey y Wolfe, 1975).

El análisis de similitud confirmó que el número de célu-

las de la felodermis y la distribución de vasos en la madera también son importantes en la separación de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis*, como sugieren Martínez-Cabrera et al. (2003). El número de células de la felodermis fue contrastante entre ambas especies y ayudó a la delimitación taxonómica. La felodermis junto con algunos atributos del floema como esclerénquima y dilatación de los radios presentan valor diagnóstico (Roth, 1981). El arreglo de los vasos en la madera en *Q. sartorii* fue en hileras radiales largas y en *Q. xalapensis* fue en diagonal. La distribución de los vasos en hileras radiales concuerda con las descripciones de varias especies de *Quercus* como *Q. convallata* Trel., *Q. obtusata* Humb. et Bonpl., *Q. crassifolia* Humb. et Bonpl., *Q. rugosa* Née y *Q. candicans* Née (de la Paz Pérez 1976, 1982).

Los resultados apoyan el reconocimiento de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* propuesto por Trelease (1924) y Valencia (2004). En consecuencia, sugerimos que los caracteres del diámetro del fruto sean considerados como críticos para la delimitación taxonómica de dichas especies, ya que presentaron una variación discreta que permitió separarlas inclusive en condiciones de simpatria. Por último, sería importante incluir otras poblaciones más sureñas (Chiapas) de *Q. xalapensis* con la finalidad de confirmar que las diferencias encontradas entre las especies estudiadas se mantienen.

## Agradecimientos

A CONACyT, por la beca (Núm. 159282) otorgada a la primera autora para realizar estudios de posgrado; a los herbarios CHAP, CHAPA, ENCB, MEXU, MO, NY y XAL, por las facilidades para tener acceso al material consultado y por la oportunidad de remover material para el estudio del patrón de venación, y a Héctor Hernández, por el trabajo fotográfico de cuarto oscuro.

## Literatura citada

- Aizen, M. A. y H. Woodcock. 1992. Latitudinal trends in acorn size and geographical range in the North American oaks. *Journal of Biogeography* 17:327-332.
- Albarrán-Lara, A. L., L. Mendoza-Cuenca, S. Valencia-Ávalos, A. González-Rodríguez y K. Oyama. 2010. Leaf fluctuating asymmetry increases with hybridization and introgression between *Quercus magnoliifolia* and *Quercus resinosa* (Fagaceae) through an altitudinal gradient in Mexico. *International Journal of Plant Science* 171:310-322.
- Cristofolini, G. y S. Crema. 2005. A morphometric study of

- the *Quercus crenata* species complex. *Botanica Helvetica* 115:155-167.
- De la Paz Pérez O., C. 1974. Anatomía de la madera de cinco especies de encinos de Durango. *Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (México)* 43:1-75.
- De La Paz Pérez O., C. 1976. Características anatómicas de cinco encinos de México. *Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (México)* 46:1-43.
- De La Paz Pérez O., C. 1982. Estructura anatómica de cinco especies del género *Quercus*. *Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (México)* 43:1-63.
- González-Rodríguez, A. y K. Oyama. 2005. Leaf morphometric variation in *Quercus affinis* and *Q. laurina* (Fagaceae), two hybridizing Mexican red oaks. *Botanical Journal of the Linnean Society* 147:427-435.
- Hickey, L. y J. A. Wolfe. 1975. The bases of angiosperm phylogeny: vegetative morphology. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 62:538-589.
- Jones, H. J. 1986. Evolution of the Fagaceae: the implications of foliar features. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 73:228-275.
- Jensen, R. J., S. C. Hokanson, J. G. Isebrands y J. F. Hancock. 1993. Morphometric variation in oaks of the Apostle Islands in Wisconsin: evidence of hybridization between *Quercus rubra* and *Q. ellipsoidalis* (Fagaceae). *American Journal of Botany* 80:1358-1366.
- Johnson, R. A. y D. W. Wichern. 1982. Applied multivariate statistical analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 816 p.
- Manos, P.S., J. J. Doyle y K. C. Nixon. 1999. Phylogeny, biogeography, and processes of molecular differentiation in *Quercus* subgenus *Quercus* (Fagaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 12:333-349.
- Martínez-Cabrera, D., T. Terrazas y F. Zavala 2003. Arquitectura foliar y anatomía de la corteza y madera de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* (Fagaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 73:63-72.
- Mayer, S. S. 1991. Morphological variation in hawaiian *Wikstroemia* (Thymelaeaceae). *Systematic Botany* 18:248-260.
- Muller, C. y R. McVaugh. 1972. The oaks (*Quercus*) described by Née (1801), and by Humboldt & Bonpland (1809), with comments on related species. *Contributions from the University of Michigan Herbarium* 7:507-522.
- Neff, A. N. y L. F. Marcus. 1980. A survey of multivariate methods for systematics. New York. 57 p.
- Nixon, K. C. 1997. Fagaceae. *Flora of North America, North of Mexico*, vol. 3, Magnoliophyta: Magnoliidae and Hamamelidae. Oxford University Press, New York. p. 436-506.
- Nixon, K. C. y C. H. Muller. 1992. The taxonomic resurrection of *Quercus laceyi* Small (Fagaceae). *Sida* 15:57-69.
- Nixon, K. C. y C. H. Muller 1993. The *Quercus hypoxantha* complex in northeastern México. *Brittonia* 45:146-153.
- Palmer, E. J. 1948. Hybrid oaks of North America. *Journal of the Arnold Arboretum* 29:1-48.
- Peñalosa-Ramírez, J. M., A. González-Rodríguez, L. Mendoza-Cuenca, H. Caron, A. Kremer y K. Oyama. 2010. Interspecific gene flow in a multispecies oak hybrid zone in the Sierra Tarahumara of Mexico *Annals of Botany* 105:389-399.
- Rohlf, F. J. 1997. NTSYSpc. Numerical taxonomy and multivariate analysis system, ver. 2.0. Applied Biostatistics, New York. 200 p.
- Romero, R. S. 2006. Revisión taxonómica del complejo *Acutifoliae* de *Quercus* (Fagaceae) con énfasis en su representación en México. *Acta Botanica Mexicana* 76:1-45.
- Roth, I. 1981. Structural patterns of tropical barks. *Encyclopedia of plant anatomy*. Gebruder Borntraeger, Berlin. 609 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D.F. 432 p.
- SAS, Institute. 1989. SAS Procedures Guide Version 6.04. SAS Institute, Cary, North Carolina. 1028 p.
- Sneath, P. H. A. 1976. Phenetic taxonomy at the species level and above. *Taxon* 25:437-450.
- Sneath, P. H. A. y R. R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy. The principles and practices of numerical classification. Freeman, San Francisco, California. 573 p.
- Trelease, W. 1924. The American oaks. *Memoirs of the National Academy of Science*. Government Printing Office, Washington, D.C. 255 p.
- Tyteca, D. y M. Dufrêne. 1994. Biostatistical studies of western European allogamous populations of the *Epipactus helleborine* (L.) Crantz species group (Orchidaceae). *Systematic Botany* 19:422-442.
- Valencia, A. S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:33-53.
- Valencia, A. S. y S. A. Delgado. 1995. Arquitectura de hojas como una herramienta taxonómica en el reconocimiento de individuos de encinos pertenecientes a *Quercus affinis* Scheid y *Q. laurina* Humboldt & Bonpland. *Memorias del III seminario nacional sobre utilización de encinos*, tomo II; 4-6 de noviembre de 1992, J. S. Marroquín de la F. (ed.). Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares. p. 850-859.
- Vázquez, M. L., S. Valencia-A. y K. C. Nixon 2004. Notes on red oaks (*Quercus* sect. *Lobatae*) in eastern México with description of a new species. *Quercus hirtifolia*. *Brittonia* 56:136-142.
- Zar, J. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 663 p.
- Zavala C., F. 1999. Variabilidad y riqueza de los encinos de México. *Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 5:113-122.

**Apéndice 1.** Material de *Quercus sartorii* (*sar*) y *Q. xalapensis* (*xal*) recolectado en campo (C) o procedente de herbario (H) que se incluyó en los diferentes análisis (CP, componentes principales; D, discriminante; V, varianza, S, similitud) identificado con un número de referencia con su correspondiente localidad y colector.

<i>Taxon</i>	<i>Material</i>	<i>Análisis</i>	<i>Núm.de referencia</i>	<i>Localidad</i>	<i>Colector</i>
<i>sar</i>	C	CP, D, V, S	1-3	Veracruz, Mpio. Xico, 1350 m, 19° 20'N, 96° 57'O	<i>D. Martínez y F. Zavala 116-118</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	4-8	Veracruz, Mpio. Xalapa, 1325 m, 19° 30'N, 96° 56'O	<i>D. Martínez 119-123</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	9-13	Veracruz, Mpio. San Andrés Tlalnehuayocan, 1450 m, 19° 32'N, 96° 59'O	<i>D. Martínez 124-128</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	14-18	Veracruz, Mpio Banderilla, 1400 m, 19° 34'N, 96° 56'O	<i>D. Martínez 129-133</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	19-22	Tamaulipas, Mpio. Gómez Farías, 1000 m, 23° 00' N, 99° 14'O	<i>D. Martínez y F. Zavala 134-137</i> (CHAPA)
<i>sar</i>	C	CP, D, V, S	23-26	Tamaulipas, Mpio. Gómez Farías, 1000 m, 23° 00' N, 99° 14'O	<i>D. Martínez y F. Zavala 138-141</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	27-30	Tamaulipas, Mpio. Gómez Farías, 1320 m, 23° 03' N, 99° 15'O	<i>D. Martínez y F. Zavala 142-145</i> (CHAPA)
<i>sar</i>	C	CP, D, V, S	31-34	Tamaulipas, Mpio. Gómez Farías, 1320 m, 23° 03' N, 99° 15'O	<i>D. Martínez y F. Zavala 146-149</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	35-37	San Luis Potosí, Mpio. Xilitla, 1100 m, 21° 24' N, 99° 00'O	<i>D. Martínez y F. Zavala 150-152</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	38-42	Hidalgo, Mpio. Tlanchinol, 1210 m, 20° 59' N, 98° 39'O	<i>D. Martínez 153-157</i> (CHAPA)
<i>sar</i>	C	CP, D, V, S	43-47	Hidalgo, Mpio. Zacualtipán, 1980 m, 20° 39' N, 98° 40'O	<i>D. Martínez 158-162</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	H	S	48	Chiapas, Mpio. Motozintla de Mendoza	<i>D. E. Breedlove 42675</i> (ENCB)
<i>xal</i>	H	S	49	Hidalgo, Mpio. Acaxochitlán	<i>A. Villa 286</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	50	Hidalgo, Mpio. Actopan	<i>L. González Quintero 2164</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	51, 52	Hidalgo, Mpio. Chapulhuacán	<i>J. Rzedowski 23167, 23168</i> (ENCB)
<i>xal</i>	H	S	53, 54	Hidalgo, Mpio. Lolotla	<i>L. Vela 226</i> (ENCB), <i>S. Ochoa 937</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	55, 56	Hidalgo, Mpio. Molango	<i>S. Ochoa 920</i> (ENCB), <i>L. González 1600</i> (ENCB)

## Apéndice 1. Continúa.

<i>Taxon</i>	<i>Material</i>	<i>Análisis</i>	<i>Núm.de referencia</i>	<i>Localidad</i>	<i>Colector</i>
<i>sar</i>	C	CP, D, V, S	1-3	Veracruz, Mpio. Xico, 1350 m, 19° 20'N, 96° 57'O	<i>D. Martínez y F. Zavala 116-118</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	4-8	Veracruz, Mpio. Xalapa, 1325 m, 19° 30'N, 96° 56'O	<i>D. Martínez 119-123</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	9-13	Veracruz, Mpio. San Andrés Tlalnehuayocan, 1450 m, 19° 32'N, 96° 59' O	<i>D. Martínez 124-128</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	14-18	Veracruz, Mpio Banderilla, 1400 m, 19° 34'N, 96° 56'O	<i>D. Martínez 129-133</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	19-22	Tamaulipas, Mpio. Gómez Farías, 1000 m, 23° 00' N, 99° 14'O	<i>D. Martínez y F. Zavala 134-137</i> (CHAPA)
<i>sar</i>	C	CP, D, V, S	23-26	Tamaulipas, Mpio. Gómez Farías, 1000 m, 23° 00' N, 99° 14'O	<i>D. Martínez y F. Zavala 138-141</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	27-30	Tamaulipas, Mpio. Gómez Farías, 1320 m, 23° 03' N, 99° 15'O	<i>D. Martínez y F. Zavala 142-145</i> (CHAPA)
<i>sar</i>	C	CP, D, V, S	31-34	Tamaulipas, Mpio. Gómez Farías, 1320 m, 23° 03' N, 99° 15'O	<i>D. Martínez y F. Zavala 146-149</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	35-37	San Luis Potosí, Mpio. Xilitla, 1100 m, 21° 24' N, 99° 00' O	<i>D. Martínez y F. Zavala 150-152</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	C	CP, D, V, S	38-42	Hidalgo, Mpio. Tlanchinol, 1210 m, 20° 59' N, 98° 39'O	<i>D. Martínez 153-157</i> (CHAPA)
<i>sar</i>	C	CP, D, V, S	43-47	Hidalgo, Mpio. Zacualtipán, 1980 m, 20° 39' N, 98° 40'O	<i>D. Martínez 158-162</i> (CHAPA)
<i>xal</i>	H	S	48	Chiapas, Mpio. Motozintla de Mendoza	<i>D. E. Breedlove 42675</i> (ENCB)
<i>xal</i>	H	S	49	Hidalgo, Mpio. Acaxochitlán	<i>A. Villa 286</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	50	Hidalgo, Mpio. Actopan	<i>L. González Quintero 2164</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	51, 52	Hidalgo, Mpio. Chapulhuacán	<i>J. Rzedowski 23167, 23168</i> (ENCB)
<i>xal</i>	H	S	53, 54	Hidalgo, Mpio. Lolotla	<i>L. Vela 226</i> (ENCB), <i>S. Ochoa 937</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	55, 56	Hidalgo, Mpio. Molango	<i>S. Ochoa 920</i> (ENCB), <i>L. González 1600</i> (ENCB)

## Apéndice 1. Continúa.

<i>Taxon</i>	<i>Material</i>	<i>Análisis</i>	<i>Núm.de referencia</i>	<i>Localidad</i>	<i>Colector</i>
<i>sar</i>	H	S	57	Hidalgo, Mpio. Pacula	<i>R. Hernández 3729</i> (MEXU)
<i>xal</i>	H	S	58	Hidalgo, Mpio. Tlanchinol	<i>J. Rzedowski 28678</i> (ENCB)
<i>xal</i>	H	S	59, 60	Hidalgo, Mpio. Tenango de Doria	<i>H. Puig 4698</i> (ENCB), <i>R. Hernández 3325</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	61-67	Hidalgo, Mpio. Zacualtipán	<i>J. Rzedowski 28666</i> (ENCB), <i>J. López G. 248</i> (MEXU), <i>J. López G. 249</i> (XAL), <i>E. Guizar 414</i> (MEXU), <i>J. López G. 163</i> (CHAP), <i>J. Rzedowski y R. Madrigal 29460</i> (ENCB), <i>J. López G. 523</i> (CHAP)
<i>sar</i>	H	S	68-71	Hidalgo, Mpio. Zimapán	<i>R. Hernández 3886</i> (MEXU), <i>R. Hernández 6563</i> (XAL), <i>H. Puig 4413</i> (ENCB), <i>R. Hernández 6562</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	72	Nuevo León, Mpio. Dos Puertos Vista Hermosa	<i>K. Roe 1893</i> (MEXU)
<i>sar</i>	H	S	73, 74	Nuevo León, Mpio. Potrero Redondo	<i>M. de Rayones 1893</i> (MEXU)
<i>sar</i>	H	S	74	Nuevo León, Mpio. Santiago	<i>V. Valdez 945, 946</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	76	Puebla, Mpio. Nauzontla	<i>F. Simón y A. Colín 154</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	77	Puebla, Mpio. Necaxa	<i>M. S. Fonseca s.n.</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	78	Puebla, Mpio. Tetela de Ocampo	<i>F. Simón y A. Colín 151</i> (ENCB)
<i>xal</i>	H	S	79-82	Puebla, Mpio. Xicoteppec de Juárez	<i>L. González 285</i> (ENCB), <i>J. Rzedowski 17209, 23390</i> (ENCB), <i>L. González 170</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	83	Puebla, Mpio. Zacapoaxtla	<i>J. Rzedowski 31754</i> (ENCB)
<i>xal</i>	H	S	84	Puebla, Mpio. Cuetzala del Progreso	<i>M. Guzmán s.n.</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	85, 86	Querétaro, Mpio. Landa	<i>H. Rubio 1117</i> (XAL) <i>H. Puig 3618</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	87	Querétaro, Mpio. Tancoyol	<i>H. Puig 4484</i> (ENCB).
<i>sar</i>	H	S	88-90, 101	San Luis Potosí, Mpio. Ciudad del Maíz	<i>H. Puig 3421</i> (ENCB), <i>J. Rzedowski 11127, 8336, 8380</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	91	San Luis Potosí, Mpio. Los Hoyos	<i>J. Rzedowski 9361</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H.	S	92, 103	San Luis Potosí, Mpio. Santa Catarina	<i>H. Puig 3665</i> (ENCB), <i>D. Q. Cavagnaro 474</i> (MEXU)

## Apéndice 1. Continúa.

<i>Taxon</i>	<i>Material</i>	<i>Análisis</i>	<i>Núm.de referencia</i>	<i>Localidad</i>	<i>Colector</i>
<i>sar</i>	H	S	93	San Luis Potosí, Mpio. San Nicolás de Tolentino	<i>J. Rzedowski 11316</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	94-96	San Luis Potosí, Mpio. Tamasopo	<i>H. Puig 3645</i> (ENCB), <i>J. Rzedowski 10628</i> (ENCB), <i>J. Flamand 8</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	97	San Luis Potosí, Mpio. Tamazunchale	<i>J. Rzedowski 11093</i> (ENCB)
<i>xal</i>	H	S	98-100	San Luis Potosí, Mpio. Xilitla	<i>J. Rzedowski 7185, 7249, 12386</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	102	San Luis Potosí, Mpio. Río Verde	<i>J. Rzedowski 1650</i> (ENCB)
<i>xal</i>	H	S	104	San Luis Potosí, Mpio. Ciudad del Maíz	<i>K. Roe 2307</i> (ENCB)
<i>xal</i>	H	S	105	San Luis Potosí, Mpio. Guadalcazar	<i>J. Rzedowski 4732</i> (ENCB)
<i>xal</i>	H	S	106	San Luis Potosí, Mpio. Tamasopo	<i>L. M. González 3418</i> (ENCB), <i>K. Roe 2273</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	108	San Luis Potosí, Mpio. de Guadalcazar	<i>D. E. Breedlove 63307</i> (MEXU)
<i>sar</i>	H	S	109-117	Tamaulipas, Mpio. Gómez Farías	<i>J. Rodney 328</i> (ENCB), <i>A. Gómez Pompa 2014</i> (MEXU), <i>E. Hernández X. et al. 50279</i> (MEXU), <i>J. Rodney 511</i> (ENCB), <i>P. S. Martín y C. Saravia s.n.</i> (ENCB), <i>J. Rodney 292, 522</i> (ENCB), <i>P. S. Martín y C. Saravia 1205</i> (ENCB), <i>J. Rodney 429</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	118	Tamaulipas, Mpio. Jaumave.	<i>M. Castañeda 2760</i> (ENCB)
<i>xal</i>	H	S	119	Tamaulipas, Mpio. Ocampo	<i>D. E. Breedlove 63627</i> (MEXU)
<i>sar</i>	H	S	120	Puebla, Mpio. Tetela de Ocampo	<i>F. Simón y A. Colín 207</i> (MEXU)
<i>sar</i>	H	S	121	Tamaulipas, Mpio. Jaumave	<i>E. Hernández X. et al. 5828</i> (MEXU)
<i>sar</i>	H	S	122	Tlaxcala, Mpio. Panotla	<i>S. Cruz G. et al. 794</i> (CHAP)
<i>xal</i>	H	S	123, 124	Veracruz, Mpio. Banderilla	<i>T. C. Valdovinos 5</i> (ENCB), <i>M. G. Zola 531</i> (XAL)
<i>xal</i>	H	S	125, 126	Veracruz, Mpio. Chiconquiaco	<i>C. Gutiérrez 3238</i> (MEXU), <i>M. Cházaro 3574</i> (MEXU)
<i>sar</i>	H	S	127, 128	Veracruz, Mpio. Coatepec	<i>J. I. Calzada 2008</i> (XAL), <i>E. Estrada et. col. 770</i> (ENCB)
<i>sar</i>	H	S	129	Veracruz, Mpio. Cosautlán	<i>R. Arriaga 199</i> (XAL)
<i>sar</i>	H	S	130	Veracruz, Mpio. Coscomatepec	<i>A. Lot 1182</i> (MEXU)



## Apéndice 1. Continúa.

<i>Taxon</i>	<i>Material</i>	<i>Análisis</i>	<i>Núm.de referencia</i>	<i>Localidad</i>	<i>Colector</i>
<i>sar</i>	H	S	131-138	Veracruz, Mpio. Huatusco	<i>M. Martínez 2834 (MEXU), S. Avendaño et al. 796 (ENCB), S. Avendaño y J. I. Calzada 522 (XAL), G. K. Arp 4184 (XAL), E. Guizar 1511 (ENCB), J. Rzedowski 18938 (ENCB), D. C. López (CHAP), J. Rzedowski 18931 (ENCB)</i>
<i>xal</i>	H	S	139, 162	Veracruz, Mpio. Huayacocotla	<i>J. Palma 159 (XAL), Y. A. Vargas 368 (ENCB)</i>
<i>sar</i>	H	S	140, 141	Veracruz, Mpio. Ixhuacán de Los Reyes	<i>M. Nee 22475 (ENCB), R. Arriaga y H. López 232 (MEXU)</i>
<i>sar</i>	H	S	142	Veracruz, Mpio. Las Minas	<i>C. Durán E. 1082 (XAL)</i>
<i>sar</i>	H	S	143	Veracruz, Mpio. Naolinco	<i>F. Ventura 8919 (ENCB)</i>
<i>sar</i>	H	S	144	Veracruz, Mpio. Tlalnehuayocan	<i>M. G. Zola 652 (XAL)</i>
<i>sar</i>	H	S	145	Veracruz, Mpio. Totutla	<i>C. Durán y T. Platas 1182 (XAL)</i>
<i>sar</i>	H	S	146-155	Veracruz, Mpio. Xalapa	<i>M. G. Zola 808 (XAL), J. I. Calzada 1927 (MEXU), M. G. Zola 600, 809 (MEXU), C. G. Pringle 8108 (MEXU), A. P. Vovides 60 (ENCB), M. Nee 33068 (XAL), L. Monroy 69 (XAL), F. Ventura 2361 (ENCB), A. P. Vovides 62 (ENCB)</i>
<i>sar</i>	H	S	156, 161	Veracruz, Mpio. Xico	<i>M. Cházaro y L. Robles 2802 (MEXU), F. Ventura 11623 (ENCB)</i>
<i>sar</i>	H	S	157-160	Veracruz, Mpio. Xilotepec	<i>J. Dorantes y M. Acosta 1762 (ENCB), F. Ventura 7117 (ENCB), M. G. Zola 435 (XAL), F. Ventura 16976 (MEXU)</i>
<i>xal</i>	H	S	163	Veracruz, Mpio. Huatusco	<i>J. Rzedowski 19053 (ENCB)</i>
<i>xal</i>	H	S	164	Veracruz, Mpio. Soteapan	<i>Guevara 15 (MEXU)</i>
<i>sar</i>	H			Veracruz, Mpio. Totutla	<i>F. M. Liebmann 3554 (Tipo, NY)</i>
<i>xal</i>	H			Veracruz, Mpio. Xalapa	<i>Bonpland 4467 (Tipo, MO)</i>

**Ap[endice 2.** Caracteres y estados de carácter utilizados en los análisis multivariados y fenéticos de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis*. Los 10 caracteres utilizados en el DISCRIM se indican con un asterisco.

<i>Carácter</i>	<i>Estado de carácter</i>	<i>Carácter</i>	<i>Estado de carácter</i>
1. Largo de la lámina foliar (cm)*	Media	23. Número de células de la felodermis	Moda
2. Ancho de la lámina foliar (cm)	Media	24. Hoja lanceolada	Ausente (0); presente (1)
3. Largo del peciolo (cm)*	Media	25. Hoja elíptica	Ausente (0); presente (1)
4. Diámetro del peciolo (cm)	Media	26. Hoja ovada	Ausente (0); presente (1)
5. Longitud de las aristas de la parte derecha de la lámina foliar (cm)*	Media	27. Hoja obovada	Ausente (0); presente (1)
6. Longitud de las aristas de la parte izquierda de la lámina foliar (cm)*	Media	28. Base de la hoja aguda	Ausente (0); presente (1)
7. Ángulo medio de la parte derecha de la lámina foliar (°)	Media	29. Base de la hoja atenuada	Ausente (0); presente (1)
8. Ángulo medio de la parte izquierda de la lámina foliar(°)	Media	30. Base de la hoja obtusa	Ausente (0); presente (1)
9. Longitud de las yemas (cm)*	Media	31. Ápice agudo	Ausente (0); presente (1)
10. Ancho de las yemas (cm)	Media	32. Ápice acuminado	Ausente (0); presente (1)
11. Longitud de la bellota (cm)	Media	33. Borde de la hoja entero	Ausente (0); presente (1)
12. Diámetro de la bellota (cm)*	Media	34. Borde de la hoja dentado	Ausente (0); presente (1)
13. Longitud de la cúpula (cm)	Media	35. Borde de la hoja aserrado	Ausente (0); presente (1)
14. Diámetro de la cúpula (cm)*	Media	36. Bellota de forma globosa	Ausente (0); presente (1)
15. Longitud de la nuez (cm)	Media	37. Bellota de forma ovoide	Ausente (0); presente (1)
16. Diámetro de la nuez (cm)*	Media	38. Base de la cúpula constreñida	Ausente (0); presente (1)
17. Diámetro de la cicatriz de la nuez (cm)*	Media	39. Base de la cúpula no constreñida	Ausente (0); presente (1)
18. Longitud del pedúnculo (cm)	Media	40. Arreglo de los vasos	En hileras radiales (0); en diagonal (1); intermedio (2)
19. Proporción largo/diámetro de la bellota (cm)	Media	41. Aréolas de forma regular	Ausente (0); presente (1)
20. Número de aréolas (cm <sup>2</sup> )*	Moda	42. Vénulas simples	Ausente (0); presente (1)
21. Número de estomas (cm <sup>2</sup> )	Moda	43. Vénulas ramificadas 1 o 2 veces	Moda
22. Largo de las células oclusivas (mm)	Media		