

ESTUDIO CARIOLÓGICO DE *Quercus laurina* Humb. & Bonpl.

Carlos Rafael Hernández-Vital¹,
José Guadalupe Álvarez-Moctezuma¹,
Fernando Zavala-Chávez† y Policarpo Espinosa-Robles¹

RESUMEN

Los encinos (*Quercus* spp., Fagaceae), en razón de su abundancia, son el grupo de latifoliadas más importante de las áreas templadas de México. A pesar de ello, han sido poco estudiadas desde el punto de vista cariológico. En este sentido, es escasa la información del género *Quercus*, que está basada en especies de Europa y Estados Unidos. En dichas investigaciones se reporta que el número básico cromosómico es 12 y el número cromosómico somático, 24. El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis cariológico de *Q. laurina* para aplicarse en estudios taxonómicos. Se aislaron ápices radicales de plántulas recién emergidas, mismos que se conservaron en paradiclorobenceno (30g/L) y fijándose en solución Carnoy 6:1:1 (v:v:v). Se tiñó con acetocarmín. Se usó la técnica de aplastado con ácido acético. El análisis cromosómico se efectuó en un microscopio compuesto, observando las células mitóticas en metafase. Los resultados cariológicos de *Q. laurina* indican que es una especie diploide, con un número cromosómico básico $x = 12$, un complemento haploide de $37.2 \mu\text{m}$, un índice centromérico de $40.83 \mu\text{m}$ y un índice de asimetría intracromosomal de 0.28 y un cariotipo de 18 cromosomas metacéntricos y seis submetacéntricos. La cariomorfología de *Q. laurina* es similar a la reportada para otras especies del género *Quercus*.

Palabras clave: Cariomorfología, cariotipo, encino, Fagaceae, número cromosómico, *Quercus laurina*.

Fecha de recepción: 31 de enero de 2008.

Fecha de aceptación: 07 de abril de 2009.

¹ División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Correo-e: jogualmo@correo.chapingo.mx

ABSTRACT

Oaks (*Quercus* spp., Fagaceae) are the most important broad-leaved trees of Mexico temperate regions, due to their abundance. However, they have rarely been studied from the karyological point of view. Little information about the genus *Quercus* exists, which is based upon American and European species. In these studies, it is reported that 12 is the chromosome basic number and 24 the somatic chromosome number. The objective of this research project was to make a karyological analysis of *Q. laurina* for taxonomy purposes. Root tips were isolated from young seedlings, preserved in 30g/L paradichlorobenzene and fixed on 6:1:1 (v:v:v) Carnoy's solution. Carmin-acetic was used to stain. The squash technique with acetic acid was used. Chromosome study was determined for mitotic cells during metaphase. *Q. laurina* karyological study show a diploid species, a basic chromosome number of $x = 12$, a haploid complement of $37.2 \mu\text{m}$, a centromeric index of $40.83 \mu\text{m}$, and an intrachromosomal asymmetry index of 0.28 and a karyotype of 18 metacentric and six submetacentric chromosomes. *Q. laurina* karyomorphology is similar to other *Quercus* species.

Key words: Karyomorphology, karyotype, oak, Fagaceae, chromosome number, *Quercus laurina*.

INTRODUCCIÓN

Los encinos, en razón de su abundancia, son el grupo de latifoliadas más importante de las regiones templadas de México. Están presentes en tres tipos de vegetación en áreas de clima templado y semihúmedo (Rzedowski, 1978): en el bosque de *Quercus*, propiamente dicho, que ocupa 5% de la cubierta forestal de todo el país; en el bosque de *Pinus-Quercus*, que corresponde a 16% del territorio vegetal y en el bosque mesófilo de montaña, que cubre 1% (Palacio *et al.*, 2000). A pesar de su gran diversidad, tradicionalmente los encinos mexicanos han sido poco valorados y menos aprovechados que las coníferas, debido, entre otras razones, al desconocimiento que prevalece de sus aspectos biológicos básicos (ecológicos y genéticos) y a la complejidad taxonómica del género, la que ha dado lugar a imprecisiones de identificación pues tienen una alta plasticidad morfológica derivada de su amplia capacidad de hibridización (Zavala, 1990; Valencia *et al.*, 2002; Valencia, 2004). Lo anterior ha propiciado descripciones repetidas y reasignaciones a sinonimias de los nombres originales (Jones, 1986 citado por Valencia *et al.*, 2002).

Desde el punto de vista cariológico, las especies del género *Quercus* no han sido estudiadas y la poca información que existe en este sentido, en su mayoría

se basa en experiencias procedentes de Europa y Estados Unidos (Sax, 1930; Duffield, 1940; Santamour, 1962; Mehra *et al.*, 1972; Ohri y Ahuja, 1990; D'Emerico *et al.*, 1995, 2000; Flores *et al.*, 2006). En dichos trabajos se reporta que el número básico cromosómico es 12 y el número cromosómico somático es 24.

El cariotipo es la característica de un núcleo definido por el tamaño, forma y número de cromosomas mitóticos, y es constante para las especies. Por lo tanto, puede utilizarse como criterio para su clasificación taxonómica, al igual que la morfología externa. Además, el análisis comparativo de los cariotipos puede mostrar las diferencias entre las especies así como dar indicios de cómo surgieron estas diferencias en el curso de la evolución. Con ello es factible detectar las interrelaciones entre las distintas categorías taxonómicas. Las consideraciones sobre los cariotipos, junto con la distribución geográfica y las características estructurales, permiten interpretar la evolución y la filogenia de los organismos sobre una base firme (García, 1989).

De las especies mexicanas más estudiadas, *Quercus laurina* Humb. & Bonpl. es importante porque está presente en el paisaje rural bajo una gran diversidad de condiciones ambientales, por un lado y por otro, porque ofrece un gran potencial de aprovechamiento para la industria maderera. Estos encinos de 25 m de alto y DAP de 0.9 m, en promedio, se desarrollan en bosques templados con asociaciones de pino (*Pinus* spp.) y oyamel (*Abies* spp.) entre 1,300 y 3,100 m de altitud; crecen en lugares planos, casi planos o de pendiente o ligera. Se le ha consignado para el Valle de México, Distrito Federal y en los estados de Colima, Chiapas, Michoacán, Estado de México, Morelos, San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato, Tlaxcala, Puebla, Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Zacatecas (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001; Valencia *et al.*, 2002). Se le ha observado colonizar y germinar en una amplia variedad de hábitats sucesionales, desde matorrales abiertos hasta bosques maduros (Shaw, 1968a, 1968b; Andersson, 1991; Quintana-Ascencio *et al.*, 1992; Kollmann y Schill, 1996 citados por Camacho y González, 2002). Además, ha sido reconocida como especie forestal con la que diversos hongos silvestres forman estructuras micorrízicas (Mendoza *et al.*, 2006). Las características anatómicas de su madera (De la Paz *et al.*, 2006; Aguilar y Castro, 2006) han sido ampliamente descritas así como la calidad de maquinado (Flores *et al.*, 2007), que hacen de la materia prima que contiene, un producto muy útil para la elaboración de productos terminados de parquet, muebles, lambrines y molduras. Independientemente de su valor ecológico y productivo, existen problemas taxonómicos de esta especie pues comparte muchas características con otras del mismo subgénero (González *et al.*, 2004). Por lo tanto, con el fin de aportar una opción que resuelva imprecisiones de este orden, el estudio que se describe a continuación tuvo como objetivo describir el cariotipo de esta especie (*Quercus laurina*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de Recolecta

El Parque Nacional El Chico, en el estado de Hidalgo fue el sitio de donde procede el material estudiado (Zavala, 1995). Está ubicado entre los 20° 12' 32" de latitud norte y los 98° 47' 23" de longitud oeste a 24 km de la capital de la entidad. Rzedowski (1978) describe tres tipos de vegetación en el lugar: asociación *Abies-Quercus* en las laderas de las montañas; bosque mesófilo de montaña en las cañadas, cactáceas y arbustos xerófilos en las partes altas.

En el primero de ellos se recolectaron las bellotas de *Quercus laurina*, que son ovoides a anchamente ovoides, de 15 a 17 mm de largo por 10 a 12.5 mm de diámetro, pardo-amarillentas y/o generalmente glabras o en ocasiones con corto tomento pardo-crema hacia la base, incluidas un tercio de su longitud total en las cúpulas; solitarias o por pares, sobre pedúnculos de 5 a 15 mm de largo (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001; Valencia *et al.*, 2002).

Trabajo de laboratorio

Las bellotas recolectadas se trasladaron al Laboratorio de Semillas de la División de Ciencias Forestales, en donde se sembraron en vermiculita por un período de 4 a 5 meses, con previo tratamiento en frío húmedo (60 días a +5°C), para su germinación.

Para el examen citológico de los cromosomas somáticos, se usaron los ápices radicales que se encontraban creciendo activamente. Estos fueron pretratados en una solución saturada de paradiclorobenceno (30g/L) por 2 h para incrementar la frecuencia de células en división mitótica y acortar los cromosomas. Al finalizar este período, los ápices fueron fijados por 30 min en solución Carnoy, 6:1:1 (v:v:v) de alcohol etílico absoluto, ácido acético glacial y cloroformo (García, 1989). La hidrólisis fue realizada en una solución de HCl 5N por 15 min a 20°C. Las muestras fueron teñidas con una gota de acetocarmín y se pasaron por fuego directo evitando la ebullición. El aplastado se realizó en una gota de ácido acético al 45%; inmediatamente después, se colocó un cubreobjetos, se cubrió con papel absorbente y el cubreobjetos se presionó con firmeza sobre una superficie lisa. Las preparaciones se observaron al microscopio de campo claro (LeicaCme®) con aumentos 600X y 1500X; para el conteo cromosómico se identificaron células en metafase. Se evaluaron 10 células por preparación provenientes de 20 plántulas.

Los cromosomas se midieron desde la base para obtener la longitud total y la proporción de cada brazo, además de elaborar el idiograma. La proporción entre el cromosoma más largo y el más corto también fue calculada

Análisis de datos

La asimetría del cariotipo fue evaluada mediante el índice centromérico (Romero, 1986):

$$Ic = (100 \cdot l) / L$$

Donde:

l = promedio de la longitud del brazo corto en el par de cromosoma homólogo

L = promedio de la longitud total del par de cromosoma homólogo

El parámetro del índice de asimetría intracromosomal se calculó mediante la siguiente ecuación (Romero, 1986):

$$A_1 = 1 - ((\sum b_i / B_i) / n)$$

Donde:

n = número de pares de cromosomas homólogos

b = promedio de la longitud del brazo corto en cada par de cromosoma homólogo

B = promedio de la longitud del brazo largo en cada par de cromosoma homólogo

Se aplicó la nomenclatura recomendada por Levan *et al.* (1964) para reconocer los tipos de cromosomas y elaborar la fórmula cariológica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número cromosómico somático encontrado fue $2n = 24$ (Figura 1). La exploración confirmó la consistencia entre las especies del género *Quercus* en tener un complemento cromosómico de $2n = 24$ (Duffield, 1940; Stairs, 1964, Mehra *et al.*, 1972; Wang, 1986; Ohri y Ahuja, 1990; D'Emérico *et al.*, 1995, 2000; Flores *et al.*, 2006). Además, los resultados ratificaron que el número cromosómico básico para este género es $x = 12$, lo que concuerda con muchos autores (Sax, 1930; Duffield, 1940; Santamour, 1962; Mehra *et al.*, 1972; Ohri y Ahuja, 1990; Rodríguez y Spellenberg, 1992; Butorina, 1993; D'Emérico *et al.*, 1995, 2000; Flores *et al.*, 2006). Algunas especies pueden exhibir variación en los niveles de ploidía; por ejemplo, Butorina (1993) encontró dos individuos triploides de *Q. robur* L. y *Q. dentata* Thunb. con $2n = 3x = 36$. Por el contrario, Sax (1930) y Santamour (1962) reportaron 48 cromosomas somáticos, $n = 12$ y $2n = 24$ para *Q. robur* y

Q. dentata. Zoldos *et al.* (1999) opinan que la falta de diferenciación en cromosomas de especies de encinos sugiere que poseen un cariotipo común.



Figura 1. Cromosomas somáticos de *Quercus laurina* (Barra 5 μm).

El intervalo de la longitud de los cromosomas de *Q. laurina* fue de 2.7 μm a 3.6 μm , mientras que para las especies estudiadas por D'Emérico *et al.* (1995) fue de entre 0.97 μm y 3.38 μm . Por otro lado, para *Q. petraea* (Mattuchka) Liebl., *Q. robur* y *Q. rubra* L. la longitud de los cromosomas varió entre 2.49 μm y 6.26 μm (Ohri y Ahuja, 1990). Para *Q. candicans* Née, *Q. crassifolia* Humb. &

Bonpl., *Q. elliptica* Née, *Q. frutex* Trel., *Q. hintonii* Warb., *Q. obtusata* Humb. & Bonpl., *Q. rugosa* Née y *Q. urbanii* Trel. la longitud cromosómica es de 1 a 8.2 μm . La mayor parte de los cromosomas son pequeños. Hay diferencias intersubgenéricas en la longitud de los cromosomas; de 1 a 4 μm para el subgénero *Quercus* y de 2.2 a 8.2 μm para el subgénero *Lobatae* (Flores *et al.*, 2006). En once especies de encinos, Zoldos *et al.* (1999) observaron que tienen dos pares cromosómicos muy grandes y un grupo de cromosomas de talla mediana. Sin embargo, hay que considerar que la longitud de estas estructuras depende del pretratamiento empleado (Curtis, 1986). D'Emérico *et al.* (1995) aplicaron colchicina, Ohri y Ahuja (1990) usaron 8-hidroquinoleína y en este trabajo se aplicó paradiclorobenceno. *Q. laurina* exhibe una amplitud en la longitud cromosómica intermedia entre las especies de su género, lo que no es concluyente hasta realizar los experimentos con el mismo pretratamiento.

El brazo largo de *Q. laurina* tuvo una extensión de 1.45 μm a 2.65 μm , con un promedio de 2.05 μm , mientras que el brazo corto tuvo un intervalo de 0.97 μm a 1.26 μm , con una media aritmética de 1.12 μm (Cuadro 1). En ocho especies del género, la longitud del brazo largo promedio fue de 1.18 μm (entre 0.53 μm y 2.03 μm) y del corto de 0.92 μm (entre 0.43 μm y 1.53 μm). Ohri y Ahuja (1990) informaron que la longitud del primero es de 2.10 μm para *Q. petraea*, *Q. robur* y *Q. rubra* (entre 1.4 μm y 3.6 μm) y el corto, de 1.64 μm (variando entre 1.15 μm y 2.7 μm), lo cual indica que la longitud de los brazos en *Q. laurina* está dentro de la amplitud esperada para el género *Quercus*.

Cuadro 1. Longitud de brazos en cromosomas de *Quercus laurina* (promedio \pm desviación estándar).

C*	BL*	BC*	C	BL	BC
1	2.65 (± 0.10)	0.97 (± 0.10)	7	1.63 (± 0.08)	1.46 (± 0.05)
2	2.64 (± 0.07)	0.96 (± 0.10)	8	1.68 (± 0.09)	1.33 (± 0.10)
3	2.61 (± 0.10)	0.93 (± 0.10)	9	1.48 (± 0.10)	1.33 (± 0.08)
4	1.89 (± 0.10)	1.54 (± 0.06)	10	1.47 (± 0.10)	1.31 (± 0.10)
5	1.82 (± 0.10)	1.40 (± 0.06)	11	1.49 (± 0.10)	1.23 (± 0.07)
6	1.78 (± 0.08)	1.43 (± 0.10)	12	1.45 (± 0.10)	1.26 (± 0.10)

C = Cromosoma; BL = brazo largo (μm); BC* = brazo corto (μm).

El cariotipo de *Quercus laurina* tiene 18 cromosomas metacéntricos y seis submetacéntricos (Figura 2). Esta especie mostró una cariomorfología similar a las de *Q. coccifera* L., *Q. cerris* L. y *Q. pubescens* Willd. con igual número de cromosomas metacéntricos y submetacéntricos (D'Emérico *et al.*, 1995; 2000). Stebbins (1971) afirma que las especies de *Quercus* tienen cariotipos moderadamente asimétricos. Zoldos *et al.* (1999) mencionan que los rasgos cromosómicos básicos no se modifican dentro del género *Quercus* y que sus cariotipos no conforman cromosomas submetacéntricos y sólo un par subteloecéntrico con satélite. *Q. petraea*, *Q. robur* y *Q. rubra* poseen seis pares metacéntricos, cinco submetacéntricos (con el par II satelizado) y un par subteloecéntrico (Ohri y Ahuja, 1990). Se han reportado variaciones interpopulacionales de *Q. petraea* en el número de cromosomas metacéntricos y submetacéntricos y en la posición de satélite (Medjedovic, 1983). Según Lewitsky (1931) un cariotipo con cromosomas mayoritariamente metacéntricos es considerado primitivo; por lo tanto, las especies del género *Quercus* presentan cariotipos moderadamente primitivos.

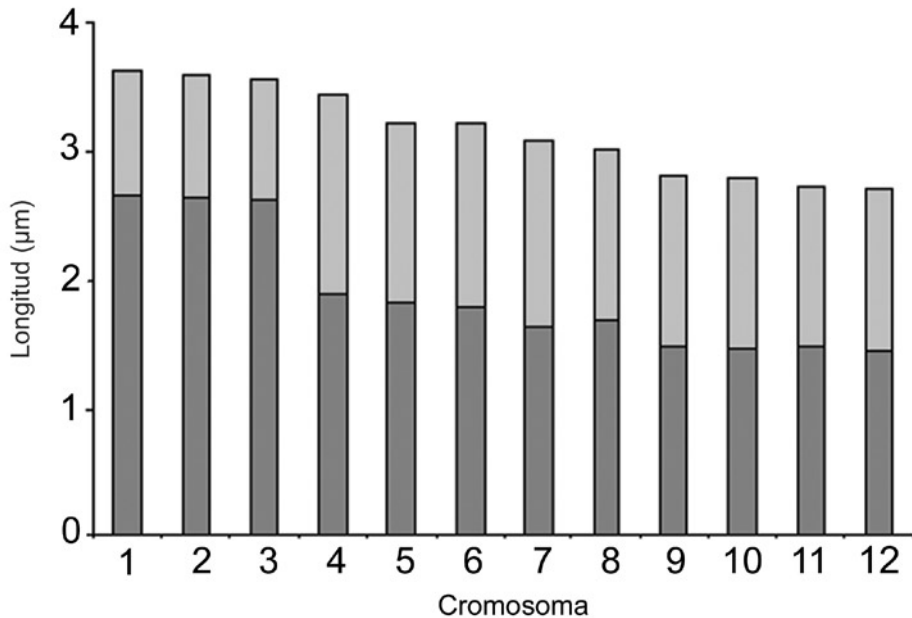


Figura 2. Idiograma de *Quercus laurina*.

El complemento haploide (Ch) calculado para *Q. laurina* fue de 37.2 μm , mucho mayor que para 12 especies del género *Quercus*, para los que el Ch osciló entre 20.67 μm y 27.28 μm (D'Emérico *et al.*, 1995; 2000). Para *Q. petraea*, *Q. robur* y *Q. rubra* el Ch fue de 44.79 μm (Ohri y Ahuja, 1990). Esto indica que el Ch obtenido para *Q. laurina* se ubica dentro de los intervalos registrados para otras especies del género.

El índice de asimetría intracromosomal (A_1) de *Q. laurina* fue 0.28. *Q. laurina* es ligeramente más simétrico que 12 especies de *Quercus* (A_1 entre 0.30 y 0.37) evaluadas por D'Emérico *et al.* (1995; 2000). *Q. petraea*, *Q. robur* y *Q. rubra* fueron más simétricas (A_1 en promedio 0.20) (Ohri y Ahuja, 1990). Estas tres últimas especies reportaron valores similares a especies de la sección Lobatae, A_1 es de 0.19 a 0.20 en *Q. crassifolia* y *Q. elliptica* y de 0.26 a 0.31 en *Q. hintonii* y *Q. urbanii* (Flores *et al.*, 2006). De acuerdo con Lewitsky (1931), un cariotipo con cromosomas de talla similar, es decir simétrico, es considerado primitivo, en contraposición a los cariotipos asimétricos, en cuyo caso son derivados. Entonces, el cariotipo de *Quercus* es ligeramente primitivo en cuanto su simetría.

El índice centromérico (Ic) de *Q. laurina* fue de 40.83 μm . Este resultado fue similar al de las especies estudiadas por D'Emérico *et al.* (1995) los cuales fluctuaron entre 38.1 μm y 40.86 μm . El Ic de las del subgénero *Quercus* varía entre 22.08 y 36.17 y para las del subgénero Lobatae, de 29.25 y 39.42 (Flores *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

El perfil cariológico de *Quercus laurina* indica que es una especie diploide, con un número cromosómico básico $x = 12$, un complemento haploide de 37.2 μm , índice centromérico de 40.83 μm e índice de asimetría intracromosomal de 0.28 y con un cariotipo de 18 cromosomas metacéntricos y seis submetacéntricos. De acuerdo con estos parámetros morfométricos *Q. laurina* es similar a otras especies europeas y norteamericanas del género *Quercus*.

Se requiere continuar con la exploración cariológica de otras especies del subgénero *Quercus*. Además, es necesario iniciar análisis cariotípico en otras del subgénero *Cyclobalanopsis*, ya que es de particular interés la investigación cromosómica en especies nativas de México; debido a que este género exhibe su mayor riqueza (de 135 a 150 especies) (Nixon, 1993). Esta información sería útil para entender la taxonomía y evolución del género *Quercus*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a la Comisión Nacional Forestal (proyecto CONAFOR-2002-C01-6181), a la Universidad Autónoma Chapingo (proyecto 06100513 y 071-00506) por su patrocinio y apoyo institucional así como al señor Alejandro Cortés del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, por su apoyo.

REFERENCIAS

- Aguilar R., S. y B. J. Castro P. 2006. Anatomía de la madera de doce especies del bosque mesófilo de montaña del Estado de México. *Madera y Bosques*.12(001): 95-115.
- Butorina, A. K. 1993. Cytogenetic study of diploid and spontaneous triploid oaks, *Quercus robur* L. *Annales des Sciences Forestries* 50: suppl. 1, 144-150.
- Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A. C. -Centro Regional del Bajío/CONABIO. Pátzcuaro, Mich. México. pp. 34-89.
- Camacho C., A. y M. González E. 2002. Establecimiento temprano de árboles nativos en bosques perturbados de Los Altos de Chiapas, México. *Ecosistemas* 11(1). Enero 2002. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=307>.
- Curtis P., J. F. 1986. Microtecnia vegetal. Editorial Trillas. México, D. F. México. 106 p.
- De la Paz P. O., C., S. Vélez Jiménez y J. Ceja R. 2006. Anatomía de la madera de ocho especies de *Quercus* (Fagaceae) de Oaxaca, México (Parte A). *Madera y Bosques*, Primavera, 12 (001): 63-94.
- D'Emerico, S., P. Bianco, P. Medagli and B. Schirone. 1995. Karyotype analysis in *Quercus* spp. (Fagaceae). *Silvae Genetica* 44 (2-3): 66-70.
- D'Emerico, S., C. Paciolla and F. Tommasi. 2000. Contribution to the karyomorphology of some species of the genus *Quercus*. *Silvae Genetica* 49: 243-245.
- Duffield, W. J. 1940. Chromosome counts in *Quercus*. *American Journal of Botany* 27: 787-788.
- Flores M., S., I. Flores M., S. Romero R., C. Rojas Z. y L. E. Rubio L. 2006. Análisis citológico de ocho especies de encinos (*Quercus*, Fagaceae) en México. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 63(2): 245-250.
- Flores V., R., J. V. Rangel P., J. Quintanar O., M. E. Fuentes L. y L. Vázquez S. 2007. Calidad de maquinado de la madera de *Quercus affinis* y *Quercus laurina*. *Revista Chapingo. Serie: Ciencias Forestales y del Ambiente*. Enero-Junio, 13 (001):41-46.

- García V., A. 1989. Técnicas de citogenética vegetal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. México. 162 p.
- González R., A., D. M. Arias, S. Valencia and K. Oyama. 2004. Morphological and RAPD analysis of hybridization between *Quercus affinis* and *Q. laurina* (Fagaceae), two Mexican red oaks. American Journal of Botany 91: 401-409.
- Levan, A., K. Fredga and A. A. Sandberg. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas 52: 201-220.
- Lewitsky, G. A. 1931. The Karyotype in systematics (On the base karyology of the subfamily Helleboreae). Bulletin of Applied Botanical and Genetic of Plant Breed 27: 220-240.
- Medjedovic, S. 1983. Citogenética varijabilnost *Quercus petrea*. U populacijama Bosne i Hercegovine. Simpozijum: Savremena Populaciono-geneticka istrazivanja u Jugoslaviji. Sarajevo, Bosnia & Herzegovina. 11-13 mai. p. 29.
- Mehra, P. N., A. S. Hans and T. S. Sareen. 1972. Cytomorphology of Himalayan Fagaceae. Silvae Genetica 21 (3-4): 102-109.
- Mendoza D., M. M., F. Zavala-Chávez y E. Estrada M. 2006. Hongos asociados a encinos en la porción noroeste de la Sierra de Pachuca, Hidalgo. Revista Chapingo. Serie: Ciencias Forestales y del Ambiente. Enero-Junio. 13 (001):41-46.
- Nixon, K. C. 1993. The genus *Quercus* in México. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot and J. Fa (Eds.). Biological Diversity of Mexico: Origins and distribution. Oxford University Press. London, UK. pp. 447-458.
- Ohri, D. and M. R. Ahuja. 1990. Giemsa C-banded karyotype in *Quercus* L. (oak). Silvae Genetica 39 (5-6): 216-219.
- Palacio P., J. L., G. Bocco, A. Velásquez, J. M. Mas, F. Takaki, V. A. Luna, L. Gómez, G. López, J. Palma, M. Trejo, I. Vázquez, A. Peralta, J. Prado, A. Rodríguez, R. Mayorga y M. F. González. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del inventario Forestal Nacional 2000. Nota Técnica. Boletín del Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 43: 183-203.
- Rodríguez T., S. and R. Spellenberg. 1992. Chromosome numbers for five Chihuahuan species of *Quercus* (Fagaceae). Phytologia 72: 40-41.
- Romero Z., C. 1986. A new method for estimating karyotype asymmetry. Taxon 35: 526-530.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D. F., México. pp. 20-23.
- Santamour, F. S., Jr. 1962. The chromosome number of *Quercus dentata*. Bulletin Morris Arboretum 13: 28-30.
- Sax, H. J. 1930. Chromosome numbers in *Quercus*. Arnold Arbor. 11: 220-223.

- Stairs, R. G. 1964. Microsporogenesis and embryogenesis in *Quercus*. Botanical Gazette 2: 115-121.
- Stebbins, G. L. 1971. Chromosomal evolution in higher plants. Edward Arnold Ltd. London, UK. pp. 45-47.
- Valencia A., S., M. Gómez C. y F. Becerra-L. 2002. Catálogo de encinos del estado de Guerrero, México. INIFAP- División Forestal. Libro Técnico No. 1. México, D. F. México. 180 p.
- Valencia A., S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. Boletín Sociedad Botánica de México 75: 33-53.
- Wang, L. M. 1986. A taxonomic study of the deciduous oaks in China by means of cluster and karyotype analysis. Bulletin of Botanical Research 6: 55- 69.
- Zavala Ch., F. 1990. Los encinos de México: un recurso desaprovechado. CONACyT. Ciencia y Desarrollo 16(95): 43-51.
- Zavala Ch., F. 1995. Encinos hidalguenses. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. México. 133 p.
- Zoldos, V., D. Papes, M. Cerbah, O. Panaud, V. Besendorfer and S. Siliak-Yakvlev. 1999. Molecular-cytogenetic studies of ribosomal genes and heterochromatin reveal conserved genome organization among 11 *Quercus* species. Theoretical and Applied Genetics 99(6): 969-977.