

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE NUEZ (*Juglans regia* L.) CONSERVADA EN TRASPATIOS DE LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA, MÉXICO

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF WALNUT (*Juglans regia* L.) CONSERVED IN BACKYARDS OF THE SIERRA NEVADA IN PUEBLA, MEXICO

Rojano-Hernández, R.¹; Cruz-Hernández, J.^{1*}; Bernal-Muñoz, R.²; Valdivia-Castillo, F.O.²; Ramírez-Vázquez, Ma.L.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, Municipio San Pedro Cholula, Estado de Puebla. CP 72760. ²ITAT, San Diego Xocoyucan, Tlaxcala.

*Autor de correspondencia: javiercruz@colpos.mx

RESUMEN

El nogal de castilla (*Juglans regia* L.) es una especie muy apreciada por su nuez para consumo fresco y en platillos típicos en Puebla, México, es cultivada en condiciones de secano y en traspatios, pero diferentes factores están ocasionando pérdida de su diversidad. Se caracterizaron nueces de 30 procedencias de nogal de traspatio en cuatro sitios de la Sierra Nevada en Puebla, México durante 2012, con el fin de ubicar y seleccionar materiales sobresalientes, mediante la determinación de ocho caracteres de acuerdo a UPOV y 23 características morfológicas de nuez, cáscara y almendra. Se realizó un análisis de correlación y componentes principales. Los resultados mostraron reducción a ocho variables que explicaron 63.5% de la variabilidad. El análisis de conglomerados identificó tres grupos, de los cuales, el uno y tres incluyeron procedencias sobresalientes por peso de nuez, de almendra y facilidad media de descascarado. Se sugiere caracterizar bioquímica y organolépticamente las procedencias para contar con más criterios de selección y aprovechamiento.

Palabras clave: nogal, caracterización, morfología descascarado, variabilidad.

ABSTRACT

The walnut tree (*Juglans regia* L.) is a highly appreciated species because of its nut for fresh consumption and typical dishes in Puebla, México; it is cultivated under rainfed conditions and in backyards, although different factors are causing a loss in its diversity. Walnuts from 30 backyard trees were characterized in four sites of the Sierra Nevada in Puebla, México, during 2012, with the purpose of locating and selecting outstanding materials, through the determination of eight characters according to an UPOV and 23 morphological traits of the nut, shell and kernel. A correlation and principal components analysis was performed. The results showed a reduction to eight variables that explained 63.5 % of the variability. The conglomerate analysis identified three groups, of which groups one and three included outstanding origins because of nut weight, kernel, and mean shelling ease. It is suggested to characterize the biochemistry and organoleptic qualities of the origins, to have more criteria for selection and exploitation.

Keywords: walnut, characterization, shelling morphology, variability.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 7, julio. 2017. pp: 70-76.

Recibido: julio, 2016. **Aceptado:** marzo, 2017.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de nueces con cáscara se calcula en 2'282,264 t (FAOSTAT, 2011). Dentro de estas, las nueces de nogal de castilla (*Juglans regia* L.) son apreciadas por su aporte de antioxidantes, grasas polinsaturadas, minerales y vitaminas (Caglarirmak, 2003). Los principales países productores son China, Estados Unidos, Irán y Turquía (FAOSTAT, 2011). En México, su producción se concentra en Tamaulipas, Jalisco y Puebla, con una superficie cultivada de 459 ha (SIAP, 2010). En Puebla se cultiva principalmente en la Sierra Nevada entre 2100 a 2400 m, en unidades pequeñas de producción, traspatios y sistemas de huertos intercalados en condiciones de secano, donde los productores la utilizan como fuente de ingresos económicos extras a sus actividades principales; derivado de ello, el volumen de producción es demasiado bajo, reportándose la existencia de alrededor de 4000 árboles, con un rendimiento por árbol de 1700 nueces y 2 t ha⁻¹ con árboles mayores a 20 años (Luna et al., 2013). A pesar de que es una especie introducida, ha llegado a formar parte importante de la economía y cultura de los productores, por los ingresos que genera, así como por su utilización en la elaboración de platillos típicos, entre los que destacan los chiles en nogada. En la región, la nuez se propaga principalmente por semilla, no se utiliza injerto o su uso es mínimo, por lo que la entrada a producción se demora de 4 a 10 años y al ser propagada por semilla, las características finales de los frutos resultan diferentes al de los genotipos originales; lo que ha generado variabilidad en los cultivos. En los últimos años, diferentes factores están causando disminución y pérdida de genotipos, atribuido al crecimiento urbano hacia las áreas de producción, cambio de uso de suelo, extracción de materiales de construcción de los terrenos de cultivo, factores climáticos, ataque de plagas,

plantas parásitas, nulo o bajo uso de tecnología, así como avanzada edad de los árboles y agricultores, quienes tradicionalmente han conservado esta especie en sus comunidades (conservación *Circa situm*) (Figura 1). La presente investigación tuvo como objetivo mostrar resultados sobre caracterización morfológica de genotipos locales de nuez de castilla, para conservar y aprovecharla en la región Sierra Nevada de Puebla, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

En los meses de junio a septiembre de 2012 se realizaron recorridos en los municipios de San Nicolás de los Ranchos, San Andrés Calpan, Huejotzingo y Domingo Arenas, Puebla (2200 a 2400 m). Durante estas fechas, se recolectaron frutos de nogal de castilla con cáscara o xocota de árboles conservados en traspatios (100 frutos por árbol). De cada recolecta se determinaron ocho caracteres de nuez con base



Figura 1. Cambio de uso de suelo, extracción de materiales de construcción, daño por enfermedades y venta de nuez de Castilla (*Juglans regia* L)

Cuadro 1. Variación de caracteres cualitativos de 30 accesiones de nogal (*Juglans regia* L) provenientes de traspacios, con base en directrices UPOV (1999).

Caracter	Estado de caracter
Ad. 9. Nuez: Forma en sección longitudinal al nivel de la sutura	Circular (23), Triangular (7), Ovalado/Elíptico (0)
Ad. 10. Nuez: Forma en sección longitudinal perpendicular a la sutura	Circular (20), Ovalado-Ancho (10), Triangular (0), Elíptico Ancho (0), Ovalado/cordiforme (0)
Ad. 11. Nuez: Forma en sección transversal	Circular (28), Achatado (1), Elíptico (1)
Ad. 13. Nuez: Forma de la base perpendicular a la sutura	Redondeada (29), Truncada (1), Cuneiforme (0)
Ad. 14. Nuez: Forma del ápice perpendicular a la sutura	Redondeado (21), En punta (5) Truncado (4)
Ad. 15. Nuez: Prominencia del extremo superior	Débil (14), Media (13), Fuerte (3)
Ad. 16. Nuez: localización del almohadillado de la sutura	Mitad superior (27), Dos tercios (3), Todo (0)
Ad. 17. Nuez: Prominencia del almohadillado de la sutura	Media (18), Débil (12), Fuerte (0)
Ad. 18. Nuez: Anchura del almohadillado de la sutura	Medio (16), Estrecho (12), Ancho (2)

en directrices para el nogal de castilla (UPOV, 1999) y se midió: peso seco total de nuez, de almendra, cáscara y lámina media (g), volumen, diámetro y longitud de nuez y almendra, grosor de cáscara y sutura, color de almendra (Lemus *et al.*, 2010), índice de redondez e índice de forma como lo indica Arzani *et al.* (2008). También se determinó la facilidad de descascarado en escala del 1 al 5 (1 muy fáciles a 5 muy difíciles de extraer). Se determinaron promedios por colecta y un análisis por componentes principales con base a la matriz de correlación de los promedios de las características cuantitativas, según la metodología indicada por Amiri *et al.* (2010) y Arzani *et al.* (2008). Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS 9.0[®].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de nuez con base en directrices UPOV (1999)

Con base en ocho caracteres de nuez, las recolectas se caracterizaron por presentar: forma de nuez en sección longitudinal al nivel de la sutura circular (76.6%) y en menor proporción triangular (23.3%). La forma en sección longitudinal perpendicular a la sutura fue circular (66.6%), y ovalado ancho (33.3%).

La forma en sección transversal en la mayoría de las colectas fue circular (93.3%). La forma de la base perpendicular a la sutura resultó redondeada (96.6%) y la forma del ápice fue en mayor proporción redondeado (70%), y un porcentaje menor terminado en punta (16.6%). La prominencia del extremo superior resultó débil (46.6%) y media (43.3%). Con una localización del almohadillado de la sutura en la mayoría de las colectas a mitad superior (90%) y con menor proporción ubicado en dos tercios de la nuez (10%). Con una prominencia del almohadillado de la sutura media (60%) y débil (40%) y un ancho de la misma de medio (53.3%) a estrecho (40%) (Cuadro 1).

Los materiales caracterizados presentaron nueces con forma circular y elíptica ancha, con ápice redondeado, prominencia del extremo superior débil y almohadillado en la mitad superior y a dos tercios. Los resultados obtenidos coinciden en algunas características fenotípicas encontradas por Ferreira *et al.* (2004) quienes al caracterizar 105 materiales observaron que la mayoría presentaron una nuez con forma elíptica corta o trapezoide, forma apical redondeada, prominencia de pico débil y almohadillado en la mitad superior.

Características morfológicas de nuez con cáscara

Las nueces con cáscara presentaron peso seco de entre 3.9 y 13.1 g, valores mínimos y máximos de volumen total de nuez de 12.0 y 20.0 mL, respectivamente. La nuez en promedio se caracterizó por contar con un peso mínimo y máximo de cáscara de 1.8 y 9.1 g, respectivamente. Los grosores mínimos y máximos de cáscara y sutura fueron 0.1-3.3 y 2.5-7.6 mm, respectivamente (Cuadro 2).

Las características de nuez resultaron inferiores a los observados en otras investigaciones. Así, el peso de nuez (7.5 g) resultó bajo en comparación con los valores indicados por diferentes autores (15.2 a 23.8 g) (Arzani *et al.*, 2008; Aslantas, 2006; Ghasemi *et al.*, 2012; Sharma y Sharma, 2001; Zeneli *et al.*, 2005). Según McGraham y Leslie (1990), el intervalo adecuado de peso de nuez va de 12 a 18 g. Los valores por debajo de lo indicado, podría estar asociado a que los materiales recolectados se desarrollan en condiciones de temporal y con bajo uso de tecnología. El grosor promedio de cáscara (1.8 mm), resultó superior al indicado por Arzani *et al.* (2008). Al respecto Zhadan

Cuadro 2. Características morfológicas de nuez con cáscara de 30 accesiones de nogal (*Juglans regia* L) provenientes de traspatios.

VARIABLES	UNIDADES	Media (DS)	Mínimo	Máximo	Variación
Diámetro 1	mm	30.2±2.5	23.0	38.7	15.7
Diámetro 2	mm	31.9±2.7	23.6	37.9	14.3
Peso de cáscara	g	4.8±1.3	1.8	9.1	7.3
Peso de lámina media	g	0.1±0.0	0.1	0.5	0.4
Volumen total	mL	18.4±1.3	12.0	20.0	8.0
Grosor de cáscara (Gc)	mm	1.8±0.5	0.1	3.3	3.1
Grosor de sutura (Gs)	mm	4.9±0.9	2.5	7.6	5.1
Longitud de nuez	mm	34±3.8	20.6	42.9	22.2
Índice de redondez (Ir)		0.9±0.0	0.8	1.0	0.2
Índice de forma (If)		109.8±6.6	76.6	125.7	49.0
Peso total seco	g	7.5±1.7	3.9	13.1	9.2
Gs/Gc		2.9±2.1	1.2	32.6	31.4

y Strukov (1977) indican que el valor adecuado para genotipos comerciales va entre 0.75 a 1.5 mm.

En relación al índice de redondez (**Ir**), Lemus *et al.* (2010) y Ferreira *et al.* (2004), consignan que si el **Ir** se aproxima a la unidad, las formas de la nuez son esféricas o redondeadas. Valores entre 0.70 y 0.90, son considerados de buena formación y apreciación comercial; índices menores indican formas con menor valor comercial (Lemus *et al.*, 2010). Los promedios de **Ir** obtenidos en la caracterización fueron de 0.90, indicativo de nueces redondas, pero

pueden encontrarse genotipos con índices entre 0.6 a 1. Respecto al índice de forma (**If**), Arzani *et al.* (2008) indican que valores iguales o menores a 110, la nuez se considera como esferoidal; entre 111 y 125 es ovoide o si alcanza valores iguales o superiores a 125, la nuez es de forma elipsoidal elongada. Las nueces en esta investigación resultaron con una forma esferoidal (**Ir**=109.8), aun cuando también se observaron de forma elongada (**If**=125.7).

Características morfológicas almendra o nuez sin cáscara

El Cuadro 3 muestra que el peso

seco mínimo y máximo de la almendra entre procedencias fue de 0.3 y 4 g respectivamente. El volumen presentó un intervalo de 2.0-5.0 mL. La longitud de almendra fluctuó de 15.1-65.4 mm; su color fue predominante ámbar. Los valores de la relación almendra/nuez variaron de 10.5 a 26.3, y el peso seco medio de 2.5 g, resultó bajo comparado con el presentado por Zeneli *et al.* (2005); pero estuvieron dentro del intervalo indicado por Arzani *et al.* (2008). Según McGraham y Leslie (1990) el peso de almendra entre 6 a 10 g, con un 50% de relación almendra/nuez y color

Cuadro 3. Características morfológicas de almendra o nuez sin cáscara de 30 accesiones de nogal (*Juglans regia* L) de traspatios.

VARIABLES	UNIDADES	Media (DS)	Mínimo	Máximo	Variación
Peso de almendra (Pa)	g	2.5±0.7	0.3	4.0	3.7
Volumen de almendra (Va)	mL	3.9±0.5	2.0	5.0	3.0
Longitud de almendra (La)	mm	22.6±3.6	15.1	65.4	50.3
Color de almendra		3±0.2	2.0	4.0	2.0
Pa/ peso lámina media (Plm)		15.8±7.8	1.0	37.0	36.0
Pa/ peso de cáscara		0.5±0.1	0.0	1.1	1.0
Pa/ peso de nuez		0.3±0.0	0.0	0.5	0.4
La/ longitud de nuez		0.6±0.1	0.4	1.7	1.3
Pa/ peso cáscara + Plm		0.5±0.1	0.0	1.0	0.9
Va/ volumen de nuez	%	21.2±2.3	10.5	26.3	15.7

Cuadro 4. Componentes principales a partir de variables morfológicas de 30 accesiones de nogal (*Juglans regia* L.) de traspatios.

Variables	CP1	CP2	CP3
Peso total	0.311	-0.105	-0.043
Diámetro 1	0.339	0.018	-0.034
Diámetro 2	0.324	0.054	-0.033
Peso almendra (Pa)/ p. cáscara	-0.032	0.454	0.128
Pa/ peso de nuez	-0.210	0.452	0.149
Pa/ p. cáscara+p. lámina media	-0.030	0.458	0.124
Índice de redondez (Ir)	-0.047	-0.177	0.512
Longitud de almendra/L. de nuez	-0.019	-0.008	0.329
Varianza (%)	32.2	18.8	12.4
Varianza acumulada (%)	32.2	51.0	63.5

claro son indicativos de calidad y aceptación en el mercado.

En la presente investigación, la relación almendra/nuez fue de 21.2% y resultó baja con relación a la indicada por Arandhya *et al.* (2006), Zeneli *et al.* (2005) y Arzani *et al.* (2008) que va de 38.4 a 79.6%. Ferreira *et al.* (2004) destacan cuatro genotipos con nueces grandes, calibre superior a 36 mm, con facilidad de extracción pero con rendimientos de almendra inferiores a 40%. Arzani *et al.* (2008) indican que para programas de mejoramiento genético se prefieren nueces de fácil descascarado y con un color claro de almendra.

Análisis de componentes principales de colectas de nuez

El Cuadro 4 indica los tres primeros componentes princi-

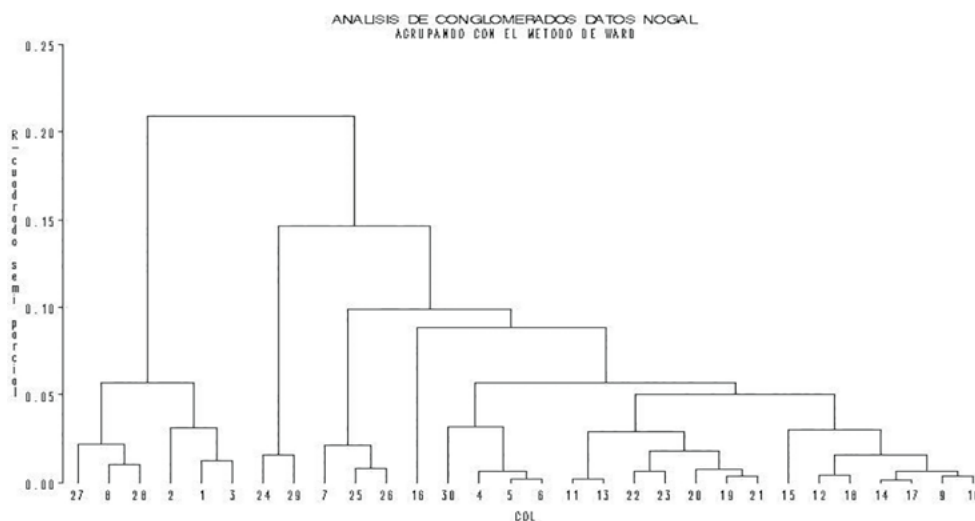


Figura 2. Agrupamiento de 30 recolectas de nogal (*Juglans regia* L.) por características morfológicas de nuez.

pales que en conjunto explicaron 63.5% de varianza total de las características de nuez y almendra. Las variables que presentan mayor correlación con el primer componente fueron: peso total de nuez, diámetro 1 y 2, las cuales representan 32.2% de la varianza total. Las variables con mayor relación en la formación del segundo componente fueron: peso de nuez/peso de cáscara, peso de almendra/peso de nuez y peso de almendra/peso de cáscara+peso de lámina media, que explicaron 18.8% de la varianza. Las variables del tercer componente fueron: índice de redondez y longitud de almendra/longitud de nuez con 12.4% de la varianza total.

Autores como, Arzani *et al.* (2008) al realizar una caracterización morfológica de nuez y almendra de 58 árboles de nogal propagados por semilla ubicados en seis sitios en Irán, obtuvieron en los tres primeros componentes el 81% de varianza acumulada de características de almendra y nuez, donde 65.8% fue representado por el primer y segundo componente principal y las variables que diferenciaron fueron para el CP1 ancho de nuez, espesor de nuez, peso de nuez, peso de almendra y longitud de nuez; y en el CP2, radio de almendra, grosor de cáscara e índice de forma; y en CP3 índice de forma, radio de la almendra y longitud de nuez.

Con el método de agrupamiento de Ward, se obtuvo un dendrograma con la formación de tres grupos de recolectas con características similares a una distancia euclidiana de 0.1 (Figura 2). Las accesiones 1, 2, 3, 8, 27 y 28 integraron el primer grupo, caracterizado por nueces grandes, con peso promedio de almendra de 2.8 g, peso de cáscara de 6.6 g y grosor de cáscara de 2.2 mm, pero con un índice de redondez de 0.8 (Cuadro 5). El segundo grupo integró las procedencias 24 y 29, caracterizadas por ser redondas (Ir=0.9) pero con nueces pequeñas y difíciles de descascarar que diferencia

Cuadro 5. Promedio de variables morfológicas de grupos de colectas formados en el dendrograma 2012.

VARIABLES	UNIDADES	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Peso total seco de nuez	g	9.7	5.1	6.6
Diámetro 1	mm	33.2	23.6	29.4
Diámetro 2	mm	35.5	24.9	31.0
Índice de redondez		0.8	0.9	0.9
Longitud de almendra	mm	38.6	26.5	33.7
Volumen nuez	mL	19.1	13.4	18.2
Peso de almendra	g	2.8	1.4	2.6
Peso de cáscara	g	6.6	3.5	3.9
Peso de lámina media	g	0.2	0.1	0.1
Longitud de almendra	mm	25.0	18.4	22.7
Volumen de almendra	mL	4.3	2.7	3.9
Grosor de cáscara	mm	2.2	1.3	1.7

a este grupo de los demás. El Grupo tres estuvo conformado por 22 procedencias, caracterizadas por presentar un peso promedio nuez de 6.55 g, peso de almendra de 2.55 g y un Ir de 0.85. En este sentido, Ghasemi *et al.* (2012) al realizar un análisis de 70 genotipos de nogal separaron seis grupos diversos, con gran similitud entre genotipos dentro de un mismo grupo. Ebrahimi *et al.* (2011) al caracterizar 35 genotipos, reportaron tres grupos reflejando alta variabilidad morfológica. Arzani *et al.* (2008) ubicaron tres grupos, pero no encontraron relación entre la diversidad morfológica y los sitios de recolecta e indicaron que la carencia de diversidad puede ser explicada por las barreras geográficas para el flujo de genes generando población única de nogales. En el presente estudio, se diferenciaron tres grupos de recolectas con características similares y con diferencias marcadas entre grupos, de los cuales el uno y el tres incluyeron materiales sobresalientes. Sin embargo, es necesario realizar una caracterización sensorial o bioquímica, para contar con mayores criterios de selección y aprovechamiento por contenido en aceite u

otros usos, sin descartar un estudio con técnicas moleculares para mayor diferenciación de los genotipos recolectados.

CONCLUSIONES

Las recolectas de nuez de traspatios y caracterizadas con el uso de parámetros establecidos por la UPOV y características morfológicas de nuez, cáscara y almendra, resultaron en mayor proporción circulares, de ápice redondeado, de forma redonda, con almendras de color ámbar, con peso de nuez y almendra pequeño, y registraron diferencias morfológicas entre los genotipos estudiados. El análisis multivariado permitió identificar ocho variables morfológicas que explicaron 63.5% de la variabilidad. Con el análisis de conglomerados, los grupos uno y tres incluyeron recolectas sobresalientes por peso de nuez, peso de almendra y facilidad de descascarado medio, algunas de las cuales podrían ser utilizadas en un programa de mejoramiento genético.

LITERATURA CITADA

- Amiri R., Vahdati K., Mohsenipour S., Mozaffari M.R., Leslie C. 2010. Correlation between some horticultural traits in walnut. *HortScience* 45:1690-1694.
- Arandhya M.K., Potter D., Gao F., Simon C.J. 2006. Molecular phylogeny of *Juglans* (Juglandaceae): a biogeographic perspective. *Three Genet. Genomes* 3: 363-387.
- Arzani K., Mansouri A.H., Vezvaei A., Reza R.M. 2008. Morphological variation among Persian walnut (*Juglans regia*) genotypes from central Iran. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 36:159-168.
- Aslantas R. 2006. Identification of superior walnut (*Juglans regia* L) genotypes in north-eastern Anatolia, Turkey. *New Zealand J. Crop and Horticultural Science*. 34: 231-237.
- Ebrahimi A., Fatahi R., Zamani Z. 2011. Analysis of genetic diversity among some Persian walnut genotypes (*Juglans regia* L.) using morphological traits and SSRs markers. *Scientia Horticulturae*. 130:146-151.
- FAO. 2011. Estadísticas producción de cultivos 2011. Datos 2009; Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (Consulta enero 2014).
- Ferreira J.J., Ciordia M., Sanz M., Aleta N. 2004. Diversidad genética en nogal (*Juglans regia* L.) dentro del área oriental de Asturias. II Congreso de mejora genética de plantas.
- Ghasemi M., Arani K., Hassani D. 2012. Evaluation and identification of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Markazi province of Iran. *Crop Breeding Journal*. 2(2):119-124.

- Kaglarirmak N. 2003. Biochemical and physical properties of some walnut genotypes (*Juglans regia* L). *Nahrung Food*. 47(1):28-32.
- Lemus G., Ibacache A., Pinilla B.L., Riveros F., Selles G., Ferreira E.R., Martínez L., Riuz R., Sierra C., Bianchini V., Rojas C., Reginato G., Albornoz A., Marín M., Latorre B., Gratacos E., Zariezo T., Valdés G., Vial J.L. 2010. Producción de nueces de nogal. Manuales FIA de apoyo a la formación de Recursos Humanos para la innovación Agraria. Salviat Impresiones. Santiago Chile, p. 59.
- Luna M.N., Jaramillo V.J.L., Ramírez J.J., Escobedo G.S., Bustamante G.A., Campos R.G. 2013. Tipología de unidades de producción de nuez de castilla en sistemas de producción tradicional. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*. 10(3):283-303.
- McGranahan, G.H., Leslie C. 1990. Walnuts (*Juglans*). *Acta Hort*. 290: 905-951.
- SAGARPA. 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). En http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351 (Consulta enero 2014).
- Sharma S.D., Sharma O.C. 2001. Genetic divergence in seedling tres of Persian walnut (*Juglans regia* L) for various metric nut and kernel characters in Himachal Pradesh. *Scientia Horticulturae*. 88:163-171.
- UPOV. 1999. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Nogal (*Juglans regia* L). Ginebra. 31p.
- Zeneli G., Kola H., Dida M. 2005. Phenotypic variation in native walnut populations of northern Albania. *Sci. Hort*. 105: 91-110.
- Zhadan V.M., Strukov M.V. 1997. Breeding walnut for fruit size. *Plant Breeding Abstracts* 47: 918.

