

Control genético de crecimiento en vivero de colectas urbanas de *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsheim

Carlos Alberto Ramírez-Mandujano✉, María Elena Granados García, José Carlos Menor Zeferino, Edelmira Ibarra Concepción

Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edificio R, Ciudad Universitaria. Fco. J. Múgica s/n. Col. Felicitas del Río. Morelia, Michoacán; México (C. P. 58030).

Resumen

La importancia de las ciudades como refugios de remanentes de vida silvestre ha sido reconocida. La diversidad de especies vegetales urbanas ha sido ya estudiada. Un aspecto importante de las ciudades es que una especie tiene más posibilidades de sobrevivir que en su medio natural. El Fresno común, *Fraxinus uhdei* es una especie nativa de importancia ecológica, muy utilizado en forestación urbana y deficientemente como madera. No hay estudios de variabilidad genética que permitan conocer su potencial de mejoramiento genético. Se recolectaron semillas de *F. uhdei* de árboles urbanos, 22 de Morelia y 20 de Zacapu, Michoacán. Se estableció un ensayo de vivero con 42 familias de medios hermanos, en dos repeticiones y ocho individuos por repetición. Se midió altura de planta a los tres y siete meses y diámetro basal de tallo a los siete meses. Se hizo análisis de varianza. Se estimaron valores de heredabilidad y correlaciones genéticas. Hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre familias para las tres variables. La heredabilidad para altura varió entre 0.16 y 0.31 siendo menor a los siete meses que a los tres, y para diámetro basal entre 0.18 y 0.29. La varianza aditiva fue la cuarta parte de la varianza genética para las tres variables. La correlación genotípica entre altura a los tres meses y diámetro fue negativa ($r = -0.77$), éste valor es atípico; la correlación fenotípica fue positiva ($r = 0.46$). Se concluye que la selección familiar no es recomendable y pudiera ser más adecuada la selección clonal.

Palabras clave: Crecimiento, heredabilidad, correlación genética, selección familiar.

Abstract

The importance of cities as shelters for wildlife remnants has been recognised. The diversity of plant species in the cities has already been studied. An important aspect of cities is that a species is more likely to survive than in its natural environment. The common ash, *Fraxinus uhdei* is a native species of ecological importance, widely used in urban forestry and deficiently as timber. There are no studies of genetic variability that allow us to know its potential for genetic improvement. *Fraxinus uhdei* seeds were collected of urban trees, 22 of Morelia and 20 of Zacapu, Michoacán. A nursery trial was established with 42 half-sib families in two repetitions and eight individuals per repetition. Plant height was measured at three and seven months and basal diameter of stem at seven months. Analysis of variance was done. Heritability values and genetic correlations were estimated. There were significant differences ($p < 0.05$) between families for all of the three characters. Heritability for height varied between 0.16 and 0.31, being minor at seventh month than at the third one, and for basal diameter between 0.18 and 0.29. The additive variance was the fourth part of the total genetic variance for all of the three variables. The genotypic correlation between height at three months and diameter was negative ($r = -0.77$), this value is atypical; The phenotypic correlation was positive ($r = 0.46$). It is concluded that the family selection is not recommended and clonal selection may be more suitable.

Index words: Growth, heritability, genetic correlation, family selection.

Introducción

La importancia de las ciudades como refugios de remanentes de vida silvestre ha sido reconocida (Adams, 2005; Flores-Xolocotzi, 2012); Dentro de las ciudades, una especie nativa o exótica tiene más posibilidades de sobrevivir que en su medio natural, por bajo riesgo de incendios, tala de árboles etc. A las ciudades se les está dando importancia como refugios de especies que en estado silvestre pueden estar amenazadas o en peligro de extinción, y que se pueden utilizar como fuente de semilla para forestación urbana o restauración en campo. La diversidad de especies vegetales dentro de las ciudades ha sido ya descrita en localidades como Londres y Berlín (Adams, 2005), y Morelia (Madrigal y Gómez, 2007), donde sólo en los jardines de la Ciudad Universitaria se contabilizaron 191 especies vegetales, de las cuales 94 son árboles (Silva-Sáenz *et al.*, 2016).

El fresno común *Fraxinus uhdei* es una especie forestal nativa de importancia ecológica y económica. Árbol de rápido y vigoroso crecimiento de 15 a 20 m (hasta 30 m) de altura y con un diámetro normal de hasta 1 m. Presenta un efecto restaurador en la recuperación de terrenos degradados. Se ha empleado para rehabilitar sitios donde hubo explotación minera. Se utiliza como planta de ornato en avenidas, parques y jardines; su madera está considerada dentro del grupo de las preciosas; se utiliza para elaborar artesanías, juguetes, instrumentos musicales, implementos agrícolas, mangos para herramientas, muebles finos, artículos deportivos y torneados y decoración de interiores (Conabio, 2016; Conafor, 2016).

Los estudios de variación debe ser un punto de referencia cuando se piensa en la recolección de semillas para conservación y restauración (Zheng *et al.*, 2009). Conocer la heredabilidad de caracteres importantes y el patrón de variabilidad genética formará una base de datos útil para incrementar la eficiencia de programas de mejoramiento al saber cómo un determinado carácter responderá a la selección (Carrasco *et al.*, 2013).

Algunos estudios sobre el valor de heredabilidad son

✉ Dr. Carlos Alberto Ramírez Mandujano, carmcarm@prodigy.net.mx, cramirzm@umich.mx

Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edificio R, Ciudad Universitaria. Fco. J. Múgica s/n. Col. Felicitas del Río. Morelia, Michoacán, México (C. P. 58030). Tel. y Fax 01 (443) 316-7412

los siguientes: Savill *et al.* (1999) en una evaluación de progenies de *F. excelsior* en cuatro sitios, a los cinco y seis años de establecidas determinaron valores de heredabilidad en sentido estricto de entre 0.09 y 0.52 para altura de planta, y de entre 0.04 y 0.31 para diámetro a la altura del pecho. Mwase *et al.* (2008) evaluaron un ensayo de 36 familias de *F. excelsior* a edades entre tres y ocho años de establecida, estimando valores de heredabilidad en sentido estricto de 0.62 a los tres años y de 0.30 a los ocho años para altura de planta y de 0.48 a los cuatro años y 0.27 a los ocho años para diámetro a la altura del pecho. Bilir y Seyedi (2014) estimaron a partir de un ensayo de progenies al cuarto año de establecida, valores de heredabilidad de 0.004 para altura de planta y 0.065 para diámetro del collar de la raíz.

Estimaciones de heredabilidad para crecimiento en altura de planta en otras angiospermas forestales aparecen en la **Tabla 1**.

Sobre correlaciones entre caracteres, Farfán *et al.* (2002) determinaron correlaciones edad-edad para altura de planta y diámetro basal a los 3, 4, 5 y 13 años en *Pinus ayacahuite*, encontrando valores altos que los llevaron a pronosticar que la selección a los tres años tendrá una eficiencia cercana al 60% respecto de la selección a los 13 años. Souza *et al.* (2005) en *Hevea sp.* encontraron correlación genotípica significativa para circunferencia de tronco a edades de 1 a 6 años (período inmaduro) y para circunferencia de tronco y producción de látex a edades de 7 a 12 años (período maduro). Los valores de correlación entre el estado inmaduro y el estado maduro decrecieron al aumentar la edad. Concluyeron que es posible seleccionar y propagar a la edad de cuatro años a individuos destinados a la producción de látex. Mwase *et al.* (2008) determinaron una correlación de 0.85 entre altura de

planta y diámetro a la altura del pecho en *Fraxinus excelsior*. Klisz y Michalska (2011) en Alerce europeo determinaron correlación genética para ancho de anillo de crecimiento y densidad de madera entre el octavo y el décimo noveno anillo, en árboles de 25 años de edad por densitometría de rayos X. La correlación fue positiva y alta y concluyeron que es posible aprovechar las ventajas de la selección temprana. Bilir y Seyedi (2014) estimaron a partir de un ensayo de progenies al cuarto año de establecida, valores de correlación fenotípica de 0.69 y genotípica de 0.72 entre altura de planta y diámetro en el collar de la raíz.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento de progenies y estimar el valor de heredabilidad y correlaciones genéticas.

Materiales y métodos

Se recolectaron semillas de 42 árboles madre (42 familias de medios hermanos maternos) plantados dentro de las zonas urbanas de Morelia, 22 familias y Zacapu, Michoacán, 20 familias (**Figura 1**).

Morelia está ubicado en las coordenadas 19°42' de latitud norte y 101°11.4' de longitud oeste, a una altura de 1,920 m snm con temperatura media anual de 18.7 °C y precipitación total anual de 774 mm (www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem04/info/mic/m053/c16053_01.xls, mayo de 2016), y Zacapu en los 19°49' de latitud norte y 101°47' de longitud oeste, a una altura de 1,990 m snm, con temperatura media anual de 15.9 °C y precipitación total anual de 873 mm (www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem05/info/mic/m107/c16107_01.xls, mayo de 2016). Sólo se tomaron semillas de árboles maduros con abundante semilla y sin síntomas visibles de enfermedades, con una distancia mínima de 70 m entre sí para tener mayor diversidad de árboles padre o polinizadores y evitar problemas de consanguinidad (Gutiérrez *et al.*, 2016). En febrero de 2017 se sembró una evaluación de familias en charolas copperblock de 112 cavidades de 80 ml, usando como sustrato Cosmo Peat ®. El diseño fue completamente al azar con dos repeticiones y ocho plantas por repetición. Se midió altura de planta hasta el ápice a los tres y a los siete meses de la siembra, y diámetro basal de tallo a los siete meses, con vernier de carátula marca Truper con precisión de 1/100 mm.

El modelo fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + f_i + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

y_{ij} = Variable respuesta

μ = Media general

f_i = Efecto de la familia i

ϵ_{ijk} = Error

Tabla 1. Estimaciones del valor de heredabilidad para crecimiento en altura de planta en otras especies de angiospermas forestales.

		Heredabilidad	Método
Roth (1970)	<i>Betula nigra</i>	0.39	Regresión progenie-progenitor
Ivkovich (1996)	<i>Populus balsamifera</i>	0.03-0.30	Evaluación clonal
Santi <i>et al.</i> (1998)	<i>Prunus avium</i>	0.1	Evaluación clonal
Curnel <i>et al.</i> (2003)	<i>Prunus avium</i>	0.74	Evaluación clonal
Sánchez <i>et al.</i> (2003)	<i>Cedrela odorata</i>	0.62	Medios hermanos maternos
Pâques (2004)	<i>Larix sp.</i>	0.91-0.97	Cruzas dialélicas
Baliuckas <i>et al.</i> (2005)	<i>Prunus padus</i>	0.24-0.95	Medios hermanos maternos
Halil <i>et al.</i> (2010)	<i>Poplar sp.</i>	0.62	Evaluación clonal

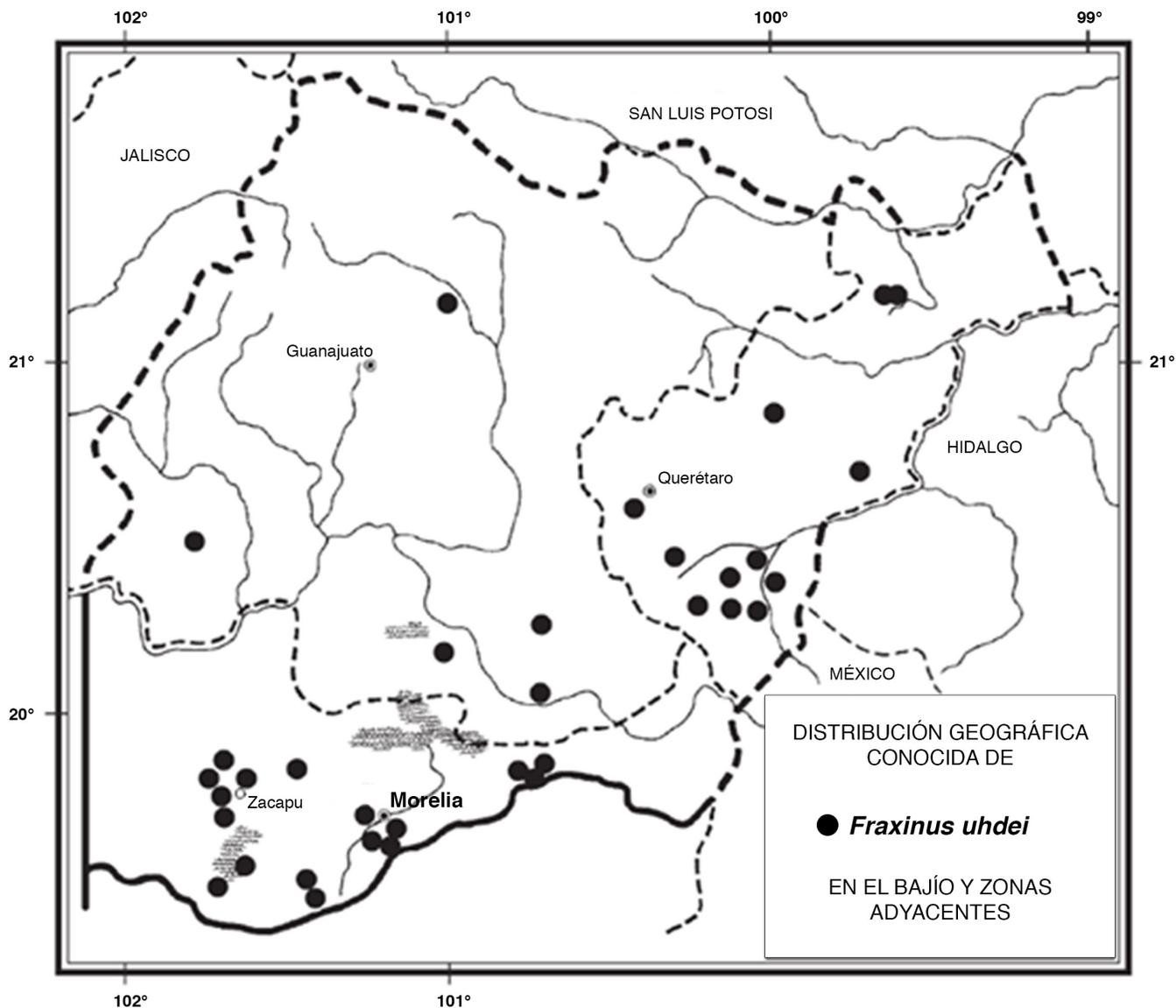


Figura 1. Localización de Morelia y Zacapu en el Estado de Michoacán y distribución de *Fraxinus uhdei* en El Bajío y zonas adyacentes. Reproducido de Rzedowsky y Calderón (2004), añadiendo la ciudad de Zacapu.

Se hizo análisis de varianza y prueba LSD de Fisher para comparación de medias con el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2013). Los componentes de varianza, la heredabilidad en sentido estricto a nivel de familias (h_f^2), así como la correlación genotípica y fenotípica fueron estimadas con el paquete estadístico Plant Breeding Tools (IRRI, 2013).

Se estimó también heredabilidad en sentido estricto a nivel de plantas individuales (h_i^2) con la siguiente fórmula (Zobel y Talbert, 1992):

$$h_i^2 = \frac{(3\sigma_f^2)}{[\sigma_f^2 + \sigma_e^2]}$$

Donde:

σ_f^2 = varianza entre familias

σ_e^2 = varianza del error

Se estimaron también la proporción de varianza aditiva y no aditiva de acuerdo a las fórmulas de Márquez y Sahagún (1994).

$$\sigma_A^2 = 4\sigma_f^2$$

$$\sigma_D^2 = \sigma_e^2 - 3\sigma_f^2$$

Donde:

σ_A^2 = varianza aditiva

σ_D^2 = varianza no aditiva

σ_f^2 = varianza entre familias

σ_e^2 = varianza del error

Resultados

La altura de planta a los tres meses tuvo una media 54.96 ± 14.36 mm, con un mínimo de 18 y máximo de 112; a los siete meses la media fue de 106.85 ± 27.25 mm, con mínimo de 55 y máximo de 192; el diámetro basal a los siete meses tuvo un valor medio de 2.66 ± 0.67 mm, con mínimo de 1.0 y máximo de 4.71. El resultado del análisis de varianza está en la **Tabla 2**.

Hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre familias para las tres variables. El coeficiente de variación tuvo un valor un poco alto para condiciones de vivero y es el mismo para las tres variables medidas.

La prueba LSD de Fisher separa cinco grupos de significancia para altura a los tres meses, dos grupos para altura a los siete meses, y dos grupos para diámetro basal a los siete meses. Por altura a los tres meses las mejores familias fueron en orden descendente: 10, 39, 8, 5, 14; a los siete meses: 2, 10, 39, 8, 20; y por diámetro basal a los siete meses: 32, 39, 9, 26, 29.

En la **Tabla 3** están los resultados de las estimaciones de heredabilidad y correlaciones entre variables.

La correlación genética entre las alturas a tres y siete meses es la máxima y es negativa; el diámetro basal tiene alta correlación negativa con altura a los siete meses pero casi nula con altura a los tres meses. La mayor correlación fenotípica se da entre diámetro basal y altura de planta a los siete meses.

La heredabilidad es baja en relación a estimaciones en otras especies de angiospermas forestales; la heredabilidad a nivel individual fue menor a la estimada a nivel de familias. La proporción de varianza aditiva es baja para los tres caracteres, sobre todo para altura de planta a los siete meses.

Discusión

Los valores de heredabilidad son bajos respecto a varios trabajos similares, pero son comparables con que muestran Santi *et al* (1998), 0.10 para altura de planta en *Prunus*; Ivkovich (1996), 0.03 a 0.30 en clones de *Populus balsamifera* también para altura de planta; Savill *et al.* (1999) en *Fraxinus excelsior*, entre 0.09 y 0.52 para altura de planta, y de entre 0.04 y 0.31 para diámetro a la altura del pecho; Bilir y Seyedi (2014) de 0.004 para altura de planta y 0.065 para diámetro del collar de la raíz de *Fraxinus ornus*. Entonces puede considerarse un resultado normal. Conviene siempre recordar que

Tabla 2. Resultado del análisis de varianza para las variables medidas.

Fuente de Variación	Alt 3	Alt 7	DB 7
C M Familias	333.19 **	1085.05 *	0.77 **
C M Error	195.87	711.67	0.43
C. V.	25.46	24.97	24.56

Alt 3 = altura de planta a los tres meses, Alt 7 = altura de planta a los siete meses, DB 7 = diámetro basal a los siete meses, C M = cuadrado medio, C. V. = coeficiente de variación.

Suzuki *et al.* (1986) y Nyquist (1991) hacen hincapié en que las estimaciones de heredabilidad dan resultados diferentes en cada población y cada ambiente y que no pueden ser extrapoladas de una población y un conjunto de ambientes a otros.

El valor de heredabilidad para altura de planta es ligeramente mayor a los tres meses que a los siete. Esto ocurre comúnmente, y coincide con lo reportado por Mwase *et al.* (2008) en *Fraxinus excelsior* estimando valores de heredabilidad de 0.62 a los tres años y de 0.30 a los ocho años; Baliuckas *et al.* (2005) en *Prunus padus* con valores a los dos años para altura de planta de 0.95, que a los cinco años disminuyó a 0.24.

Sobre la correlación entre caracteres, la asociación genética negativa es contraria a lo que aparece en la bibliografía: Roth (1970) asociando datos de crecimiento anual en diámetro de los padres con la altura de la progenie concluye que se puede hacer selección de progenies de rápido crecimiento a partir de progenitores de mayor crecimiento en diámetro; Farfán *et al.* (2002) pronostican que la selección a los 3 años tendrá una eficiencia cercana al 60% respecto de la selección a los 13 años. Mwase *et al.* (2008) determinaron una correlación de 0.85 entre altura de planta y diámetro a la altura del pecho en *Fraxinus excelsior*. Bilir y Seyedi (2014) estimaron valores de correlación fenotípica de 0.69 y genotípica de 0.72 entre altura de planta y diámetro en el collar de la raíz. La asociación fenotípica sí es positiva. La población evaluada en el presente estudio puede ser una excepción que pudiera deberse a una muestra atípica recolectada. Entonces el valor aquí estimado es válido para la muestra y el ambiente de vivero que fueron evaluados.

Conclusiones

Por altura de planta a los tres meses las mejores familias fueron en orden descendente: 10, 39, 8, 5, 14; a los

Tabla 3. Correlaciones genotípicas (debajo de la diagonal) y fenotípicas (arriba de la diagonal) entre las variables medidas y valores de heredabilidad, y proporción de varianza aditiva de la varianza genética total.

$r_{Gxy} \setminus r_{Pxy}$	Alt 3	Alt 7	DB 7
Alt 3		0.19	0.36
Alt 7	1.00		0.46
DB 7	0.09	-0.77	
h_i^2	0.19	0.16	0.18
h_j^2	0.31	0.25	0.29
$\sigma_a^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_b^2)$	0.26	0.22	0.24

r_{Gxy} = correlación genotípica, r_{Pxy} = correlación fenotípica, Alt 7 = altura de planta a los siete meses, DB 7 = diámetro basal a los siete meses, h_i^2 = heredabilidad en sentido estricto a nivel de plantas individuales, h_j^2 = heredabilidad en sentido estricto a nivel de familias, $\sigma_a^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_b^2)$ = proporción de la varianza aditiva respecto de la varianza genética total.

siete meses: 2, 10, 39, 8, 20; y por diámetro basal a los siete meses: 32, 39, 9, 26, 29. Los valores estimados de heredabilidad son bajos y no son una excepción, pero implican que la selección individual o familiar por velocidad de crecimiento tendrá un avance lento; puede ser más adecuada la selección clonal. La heredabilidad disminuyó de los tres a los siete meses. La correlación genotípica negativa entre altura y diámetro sí es una excepción.

La muestra de árboles urbanos con que se llevó a cabo este estudio es inadecuada para hacer selección por crecimiento en altura y diámetro; no se puede esperar obtener mejores resultados en forestación que lo que actualmente se obtiene de los viveros. Probablemente una muestra de mayor tamaño, o de árboles silvestres pueda tener mayor variabilidad genética para las variables mencionadas y haga factible mejorar la velocidad de crecimiento.

Agradecimientos

A la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por el financiamiento del presente trabajo.

Referencias

- Adams LW** (2005) Urban wildlife ecology and conservation: A brief history of the discipline. *Urban Ecosystems* 8: 139–156
- Baliuckas V, Lagerström T, Norell L, Eriksson G** (2005) Genetic Variation Among and Within Populations in Swedish Species of *Sorbus aucuparia* L. and *Prunus padus* L. Assessed in a Nursery Trial. *Silvae Genetica* 54(1): 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1515/sg-2005-0001>.
- Bilir N, Seyedi N** (2014) Fourth year results in variations of manna ash (*Fraxinus ornus* L.) families. *Research & Reviews in BioSciences*. 9: 436–440
- Carrasco B, Meisel L, Gebauer M, Garcia-Gonzales R, Silva H** (2013) Breeding in peach, cherry and plum: from a tissue culture, genetic, transcriptomic and genomic perspective. *Biological Research* 46(3): 219-230. <http://www.scielo.cl/pdf/bres/v46n3/art01.pdf>
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]** (2016). *Fraxinus uhdei*. (Wens.) Ligelsch <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/922Fraxinus%20uhdei.pdf>
- Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad [CONABIO]** (2016) *Fraxinus uhdei*. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/53-oleac1m.pdf
- Curnel Y, Jacques D, Nanson A** (2003) First Multisite Clonal Test of Wild Cherry (*Prunus avium* L.) in Belgium. *Silvae Genetica* 52(2): 45-52. http://www.silvaegenetica.de/fileadmin/content/dokument/archiv/silvaegenetica/52_2003/52-2-45.pdf
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M y Robledo CW [InfoStat versión]** (2015) *Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*. URL: <http://www.infostat.com.ar>
- Farfán-Vázquez EG, Jasso-Mata J, López-Upton J, Vargas-Hernández JJ, Ramírez-Herrera C** (2002) Parámetros genéticos y eficiencia de la selección temprana en *Pinus ayacahuite* Ehren. Var. Ayacahuite. México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 239-246
- Flores-Xolocotzi R** (2012) Incorporando desarrollo sustentable y gobernanza a la gestión y planificación de áreas verdes urbanas. *Frontera Norte* 24(48): 165-190
- Gutiérrez Vázquez BN, Cornejo Oviedo EH, Rodríguez Santiago B, López Upton J, Gutiérrez Vázquez MH, Gómez Cárdenas M y Flores Montaño A** (2016) Selección de árboles sobresalientes de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) en un rodal natural mediante métodos multivariados. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 7(37): 51-63
- Halil Baris Özel, Murat Ertekin, Korhan Tunçtaner** (2010) Genetic variation in growth traits and morphological characteristics of eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) hybrids at nursery stage. *Scientific Research and Essays* 5(9): 962-969. http://academicjournals.org/article/article1380621230_Ozel%20et%20al.pdf
- Ivkovich M** (1996) Genetic Variation of Wood Properties in Balsam Poplar (*Populus balsamifera* L.). *Silvae Genetica* 45(2–3): 119-124. http://www.allgemeineforstundjagdzeitung.com/fileadmin/content/dokument/archiv/silvaegenetica/45_1996/45-2-3-119.pdf
- International Rice Research Institute [IRRI]** (2013) Statistical Tool for Agricultural Research (STAR). Versión 2.0.1. URL: <http://bbi.irri.org>
- Klisz M, Michalska A** (2011) Age-age correlations for wood density components in European Larch. *Forestry and Wood Technology* 74: 179-182
- Madrigal-Sánchez X, Gómez-Peralta M** (2007) Árboles de las áreas urbanas y suburbanas de Morelia, Michoacán, México. *Biológicas* 9: 12-22
- Márquez SF, Sahagún CJ** (1994) Estimation of genetic variances with maternal half-sib families. *Maydica* 39: 197-201.
- Mwase WF, Savill PS, Hemery G** (2008) Genetic parameter estimates for growth and form traits in common ash (*Fraxinus excelsior*, L.) in a breeding seedling orchard at Little Wittenham in England. *New Forests* 36: 225–238
- Nyquist WE** (1991) Estimation of heritability and prediction of selection response in plant populations. *Critical Reviews in Plant Sciences* 10(3): 235-322
- Pâques LE** (2004) Roles of European and Japanese larch in the genetic control of growth, architecture and wood quality traits in interspecific hybrids (*Larix × eurolepis* Henry). *Annals of Forest Science*. 61: 25–33. <http://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/2004/01/F4103.pdf>
- Roth PL** (1970) Phenotypic Variation in River Birch (*Betula nigra* L.). *Proceedings of the Indiana Academy of Science*. 80: 225-229. <https://journals.iupui.edu/index.php/ias/article/viewFile/6777/6982>.
- Rzedowsky J, Calderón G** (2004) Flora del Bajío y regiones adyacentes. Fascículo 124. Oleaceae. <http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/resumenes/FLOBA/Oleaceae124.pdf>.
- Sánchez VN, Salazar GJG, Vargas HJJ, López UJ, Jasso MJ** (2003) Parámetros genéticos y respuesta a la selección en características del crecimiento de *Cedrela odorata*

L. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26(1): 19–27. <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/26-1/3a.pdf>

- Santi F, Muranty H, Dufour J, Paques Le** (1998) Genetic Parameters and Selection in a Multisite Wild Cherry Clonal Test. *Silvae Genetica* 47(2–3): 61-67. http://www.silvaegenetica.com/fileadmin/content/dokument/archiv/silvaegenetica/47_1998/47-2-3-61.pdf
- Savill PS, Spencer R, Roberts JE, Hubert JD** (1999) Sixth year results for Ash (*Fraxinus excelsior*) breeding seedling orchards. *Silvae Genetica* 48: 92–99
- Silva-Sáenz P, Díaz-López L, Bravo-Chuela M** (2016) *Un paseo por los jardines de tu universidad. Guía para el conocimiento de la flora de los jardines de Ciudad Universitaria*. Morevalladolid. Morelia, México. 274 p.
- Souza GP, Bortoletto N, Beleti CBA, Lima GLR, Brito CR, Teixeira MML** (2005) Age-Age correlation for early selection of rubber tree genotypes In Sao Paulo state, Brazil. *Genetics and Molecular Biology* 28(4): 758-764
- Suzuki DT, Griffiths AJF, Miller JH, Lewontin RC** (1986) *An introduction to Genetic Analysis*. Third edition. W. H. Freeman and Co., New York. 612 p.
- Zheng YL, Sun WB, Zhou Y, and Coombs D** (2009) Variation in seed and seedling traits among natural populations of *Trigonobalanus doichangensis* (A. Camus) Forman (Fagaceae), a rare and endangered plant in southwest China. *New Forests* 37: 285–294
- Zobel B, Talbert J** (1992) *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*. Limusa. México, D. F. 545 p.