



Foresta Veracruzana
ISSN: 1405-7247
Imendizabal@uv.mx
Recursos Genéticos Forestales
México

PRODUCCIÓN DE FRUTOS Y SEMILLAS DE *Cedrela odorata* L. EN DOS SITIOS DE VERACRUZ, MÉXICO

MÁRQUEZ-RAMÍREZ, JUAN; CRUZ JIMÉNEZ, HÉCTOR; ALBA-LANDA, JUAN; MENDIZÁBAL-HERNÁNDEZ, LILIA DEL CARMEN; RAMÍREZ-GARCÍA, ELBA OLIVIA; LAVALLE MORTERA, ROLANDO
PRODUCCIÓN DE FRUTOS Y SEMILLAS DE *Cedrela odorata* L. EN DOS SITIOS DE VERACRUZ, MÉXICO

Foresta Veracruzana, vol. 21, núm. 1, 2019

Recursos Genéticos Forestales, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49759430009>

PRODUCCIÓN DE FRUTOS Y SEMILLAS DE *Cedrela odorata* L. EN DOS SITIOS DE VERACRUZ, MÉXICO

JUAN MÁRQUEZ-RAMÍREZ jumarquez@uv.mx

Universidad Veracruzana, México

HÉCTOR CRUZ JIMÉNEZ

Universidad Veracruzana, México

JUAN ALBA-LANDA

Universidad Veracruzana, México

LILIA DEL CARMEN MENDIZÁBAL-HERNÁNDEZ

Universidad Veracruzana, México

ELBA OLIVIA RAMÍREZ-GARCÍA

Universidad Veracruzana, México

ROLANDO LAVALLE MORTERA

Facultad de Agronomía UV, México

Foresta Veracruzana, vol. 21, núm. 1,
2019

Recursos Genéticos Forestales, México

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49759430009>

Resumen: *Cedrela odorata* L., es una especie tropical de gran importancia ecológica y económica, en México se desarrolla en la mayor parte de la vertiente del Golfo y el Caribe; sin embargo por su aprovechamiento selectivo y la pérdida de habitat natural ha reducido su diversidad genética, el aprovechamiento se da desde tiempos inmemoriales sin ningún protocolo de conservación de los recursos genéticos y por lo tanto, la disgenia está asegurada, garantizando así una baja capacidad para permanecer en el tiempo y en el espacio producto de los cambios drásticos ambientales consecuentes con cambio climático y lluvias ácidas, poniendo en riesgo su resiliencia. Se utilizaron las características largo, ancho del fruto y número de semillas desarrolladas por fruto, para determinar la heredabilidad en sentido amplio en cedro rojo en dos pruebas de procedencias/progenie. En total se colectaron 23 árboles, 13 del sitio 1 y 10 del 2. Al azar se tomaron 25 frutos por árbol, analizando un total de 575. El análisis de varianza para largo mostró diferencias altamente significativas entre procedencias y progenies, mientras que entre sitios sólo hubo diferencias significativas; para ancho y número de semillas desarrolladas se encontraron diferencias altamente significativas entre sitios, procedencias y progenies. Los valores de heredabilidad fueron altos para largo y ancho del fruto, 0.55 y 0.65 respectivamente, por lo que existe gran probabilidad de que las progenies hereden éstas características bajo las condiciones dadas, sin embargo, para semillas desarrolladas el valor fue bajo 0.23, lo que indica mayor influencia ambiental por lo que, la probabilidad de heredar ésta característica fue baja.

Palabras clave: Variación, genotipo, fenotipo, procedencias, progenie.

Abstract: *Cedrela odorata* L., is a tropical species of great ecological and economic importance, in Mexico it develops in most of the Gulf and Caribbean side; however, due to its selective use and the loss of natural habitat, it has reduced its genetic diversity, the use has been taking place since time immemorial without any protocol for the conservation of genetic resources and, therefore, the dysgeny is assured, thus guaranteeing a low capacity to remain in time and space as a result of the drastic environmental changes resulting from climate change and acid rains, putting at risk their resilience. The characteristics length, width of the fruit and number of seeds developed per fruit were used to determine the heritability in a broad sense in red cedar in two provenance/progeny tests. In total, 23 trees were collected, 13 from site 1 and 10 from 2.

At random 25 fruits were taken per tree, analyzing a total of 575. The analysis of variance for long showed highly significant differences between provenances and progenies, while between sites there were only significant differences; for the width and number of seeds developed, highly significant differences were found between sites, provenances and progenies. The heritability values were high for the length and width of the fruit, 0.55 and 0.65 respectively, so there is a high probability that the progenies inherit these characteristics under the given conditions, however, for developed seeds the value was under 0.23, which indicates greater environmental influence, so the probability of inheriting this characteristic was low.

Keywords: Variation, genotype, phenotype, provenances, progeny.

Introducción

Los aprovechamientos forestales en México han tenido características de explotación con consecuencias disgénicas, lo que nos lleva a la necesidad no solo de mejora genética con fines productivos, sino de ampliación de la diversidad genética de los bosques naturales, tanto de especies maderables, como no maderables (García *et al.*, 2011).

Sin embargo, hasta muy recientemente la semilla utilizada para los diferentes programas de reforestación proviene de bosques naturales o plantaciones sin selección, es utilizada sin atender criterios de zonificación y no se ha incrementado significativamente el uso de fuentes seleccionadas o mejoradas en los viveros forestales (Secretaría de Economía, 2016).

El cedro rojo es muy apreciado en el trópico por el color y fragancia de su madera, (Hill, 1952). En México se distribuye desde el sur de Tamaulipas hasta Yucatán en la vertiente del Golfo de México; En la vertiente del Pacífico desde Sinaloa a Guerrero y en la costa y zona central de Chiapas (pennington y Sarukhán, 1998; Pérez 2009). También se distribuye en Las Antillas y América del Sur hasta Brasil (Jiménez *et al.*, 2002; Muellner *et al.*, 2010); sin embargo, su demanda comercial por las características de su manejo ha provocado que sea considerada como especie sujeta a protección especial (SEMARNAT 2010).

Una de las estrategias utilizadas para tratar de revertir la problemática antes mencionada es la de selección, cruzamiento controlado y análisis de la descendencia al mismo tiempo que mejorar la producción de semillas en cantidad y calidad (Zobel y Talbert, 1988). La variación dentro de las especies y la heredabilidad, es decir la proporción de la variación observada debida a la herencia (Allard, 1980), son factores importantes para el éxito de estas estrategias (Jara, 1995).

El objetivo del presente trabajo fue conocer la heredabilidad en sentido amplio para el largo y ancho de frutos y número de semillas desarrolladas entre progenies de *Cedrela odorata* L.

Material y métodos

Las actividades de campo se realizaron en dos pruebas de procedencias/progenie de *Cedrela odorata* L., establecidos en la localidad de La Balsa, mpio. de Emiliano Zapata, Veracruz en septiembre del año 2000. El sitio 1 se encuentra a los 19° 20' 46.6" Norte y 96° 38' 59.65" Oeste y a una

altitud de 414 msnm; el sitio 2 a los 19° 20' 59.27" Norte y 96° 38' 43.58" Oeste, a una altitud de 404 msnm. La temperatura promedio anual para ambos sitios es de 25 °C, con una precipitación anual 912.1 mm. Las procedencias establecidas en cada prueba son: Misantla con 8 familias, La Antigua con 8 familias y Catemaco con 4 familias.

En febrero de 2016 se colectaron 13 árboles del sitio 1 y 10 árboles del sitio 2, cada árbol es considerado como una progenie y el fruto como una repetición y en total se midieron 575 frutos (Bramlett *et al.*, 1977) de 23 árboles, en total se eligieron al azar 25 frutos por árbol. Las mediciones tomadas se ingresaron a una base de datos, para posteriormente ser analizados. Los frutos medidos se introdujeron en bolsas de papel y se ingresaron a una estufa de secado para lograr la apertura de los mismos, a una temperatura aproximada de 34 °C. Una vez lograda la obtención de semillas, se contabilizaron aquellas que estaban desarrolladas y las no desarrolladas.

Los frutos recolectados fueron medidos con un vernier digital marca Mitutoyo con precisión a milímetros y la medición se realizó desde el pedúnculo hasta la punta del fruto para el largo y de la parte media para el ancho del fruto (Cruz-Jiménez *et al.*, 2017).

Para llevar a cabo la estimación de heredabilidad en sentido amplio y de los coeficientes de variación, se tomó en cuenta la metodología utilizada por Pistorale *et al.* (2008), mediante las siguientes fórmulas y con los datos a partir del ANOVA:

$$H^2 = \sigma^2 G / \sigma^2 F$$

Dónde:

$$\text{Varianza genética } (\sigma^2 G) = CMp - CMe / r$$

$$\text{Varianza ambiental } (\sigma^2 A) = CMe$$

$$\text{Varianza fenotípica } (\sigma^2 F) = \sigma^2 G + \sigma^2 A$$

Siendo "CMp" los cuadrados medios de la población, "CMe" los cuadrados medios del error experimental y "r" el número de repeticiones.

Para calcular los coeficientes de variación genéticos, ambientales y fenotípicos, se llevó a cabo el uso de las fórmulas siguientes:

$$CVG = \frac{\sqrt{\sigma^2 G} \times 100}{\bar{x}}$$
$$CVA = \frac{\sqrt{\sigma^2 A} \times 100}{\bar{x}}$$
$$CVF = \frac{\sqrt{\sigma^2 F} \times 100}{\bar{x}}$$

El índice de variación es la relación del coeficiente de variación genética entre el coeficiente de variación ambiental.

Se realizó un análisis de varianza, utilizando el paquete Statistica versión 7. El modelo lineal de efectos fijos utilizados para esta investigación fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + P_j + F_k + E_{ijk}$$

Dónde:

- Y_{ijkl} = variable de respuesta
- μ = media general
- S_i = efecto del i-ésimo sitio
- P_j = efecto de la j-ésima procedencia
- F_k = efecto de la k-ésima familia
- E_{ijkl} = error experimental

Resultados

Largo de frutos. Se encontraron diferencias altamente significativas a nivel de procedencias y a nivel de progenie, mientras que sólo se presentaron diferencias significativas a nivel de sitios (cuadro 1).

Cuadro 1.

Variable	GL	SC	CM	F	P
Sitio	1	33.7	33.7	5.38	0.020701
Procedencia	2	157.3	78.6	12.56	0.000005
Progenie	19	3541.6	186.4	29.77	0.000000
Error	552	3455.9	6.3		
Total	574	7188.5			

Análisis de varianza para largo de frutos.

El valor de heredabilidad en sentido amplio para largo de frutos fue de 0.55, lo que indica que hay alta acción de los genes para este carácter estudiado y el índice de variación fue de 1.11, lo cual indica que el coeficiente de variación genético es mayor al ambiental, demostrando de esta manera la existencia de variación genética para este fenotipo estudiado (cuadro 2).

Cuadro 2.

Variable		Largo de frutos
\bar{x}	Media	30.11315000
VG	Varianza Genética	7.83043478
VA	Varianza Ambiental	6.30000000
VF	Varianza Fenotípica	14.13043480
H²	Heredabilidad en sentido amplio	0.55000000
CVG (%)	Coficiente de Variación Genético	9.29258946
CVA (%)	Coficiente de Variación Ambiental	8.33516281
CVF (%)	Coficiente de Variación Fenotípico	12.48307490
b	Índice de variación	1.11000000

Parámetros genéticos para largo de frutos.

Ancho de frutos. Los resultados del análisis de varianza muestran diferencias altamente significativas para ancho de frutos a nivel de sitios, procedencias y entre progenies (cuadro 3).

La varianza genética estimada para ancho de frutos fue relativamente mayor con respecto a la varianza ambiental, lo cual se ve reflejada en el valor de heredabilidad, el cual arrojó como resultado 0.65, demostrando

de esta manera, la acción de los genes para la expresión del fenotipo estudiado. El índice de variación es de 1.36, lo cual indica que el coeficiente de variación genético es mayor con respecto al coeficiente de variación ambiental, confirmando de esta manera el valor alto de heredabilidad (cuadro 4).

Cuadro 3.

Variable	GL	SC	CM	F	P
Sitio	1	273.0	273.0	240.8	0.00000
Procedencia	2	143.8	71.9	63.4	0.00000
Progenie	19	919.6	48.4	42.7	0.00000
Error	552	625.7	1.1		
Total	574	1962.2			

Análisis de varianza para ancho de frutos.

Cuadro 4.

Variable		Ancho de frutos
\bar{x}	Media	18.29800000
VG	Varianza Genética	2.05652174
VA	Varianza Ambiental	1.10000000
VF	Varianza Fenotípica	3.15652174
H²	Heredabilidad en sentido amplio	0.65000000
CVG (%)	Coefficiente de Variación Genético	7.83723788
CVA (%)	Coefficiente de Variación Ambiental	5.73182232
CVF (%)	Coefficiente de Variación Fenotípico	9.70958726
b	Índice de variación	1.36000000

Parámetros genéticos para ancho de frutos.

Semillas desarrolladas por fruto. El análisis de varianza para semillas desarrolladas mostró diferencias altamente significativas entre sitios, procedencias y progenies (cuadro 5).

El valor de heredabilidad en sentido amplio para el número de semillas desarrolladas por fruto, arrojó como resultado 0.23, considerándose de esta manera como una heredabilidad baja. El índice de variación para esta variable fue de 0.55, lo que indica que el coeficiente de variación ambiental es mayor al coeficiente de variación genotípico y señalando que, diferencia de las variables anteriormente señaladas, hay una baja presencia de variabilidad genética (cuadro 6).

Cuadro 5

Variable	GL	SC	CM	F	P
Sitio	1	250.7	250.7	16.29	0.000062
Procedencia	2	629.2	314.6	20.44	0.000000
Progenie	19	2363.2	124.4	8.08	0.000000
Error	552	8495.8	15.4		
Total	574	11738.9			

Análisis de varianza para semillas desarrolladas.

Cuadro 6.

Variable		Semillas desarrolladas
\bar{x}	Media	23.66087000
VG	Varianza Genética	4.73913043
VA	Varianza Ambiental	15.40000000
VF	Varianza Fenotípica	20.13913040
H ²	Heredabilidad en sentido amplio	0.23000000
CVG (%)	Coefficiente de Variación Genético	9.20065236
CVA (%)	Coefficiente de Variación Ambiental	16.58554130
CVF (%)	Coefficiente de Variación Fenotípico	18.96660710
<i>b</i>	Índice de variación	0.55000000

Parámetros genéticos para semillas desarrolladas.

Discusión

Dos de los valores de heredabilidad estimados de las tres variables estudiadas son catalogados como altos, ya que si el valor se acerca o es igual a 1, quiere decir que hay indicios de que la varianza fenotípica se debe a las diferencias genotípicas (Pierce, 2009). La heredabilidad más alta corresponde al ancho de frutos, con 0.65 y el valor más bajo al número de semillas desarrolladas con 0.23. Un aspecto a tomar en cuenta es que el valor de heredabilidad más alto se correlaciona con el valor más alto de la relación CVG/CVA (índice de variación), mientras que el valor más bajo de heredabilidad se correlaciona con el valor más bajo de la relación CVG/CVA, respectivamente. Debido a que el ancho y largo de frutos cuentan con una heredabilidad en sentido amplio alta, se pueden tomar como criterio a la hora de seleccionar tales características, ya que tales valores representan una ganancia genética inmediata debido a que la relación entre el coeficiente de variación genético y el coeficiente de variación ambiental es alta, lo cual es una situación muy favorable en cuestiones de ganancias por medio de la selección (Vencovsky, 1987 citado por Pistorale *et al.*, 2008). Si bien es cierto el cedro rojo es una especie de alta demanda, debido a la calidad y belleza de su madera, poco se ha estudiado al respecto en cuestiones de la variación genética existente en esta especie, por lo que sería relevante generar información para llevar a cabo programas de mejoramiento genético.

Para largo de frutos la heredabilidad fue de 0.55, considerándose como alta y el índice de variación es de 1.11, lo que indica que el coeficiente de variación genético es mayor al coeficiente de variación ambiental. En otras especies vegetales como berenjena (*Solanum melongena* L) se han reportado valores de heredabilidad en sentido amplio para largo de frutos de 0.6664 y un índice de variabilidad de 1.41, lo cual indica que hay acciones de los genes expresados para el largo del fruto (Araméndiz-Tatis *et al.*, 2014), mientras que Cueva (2015) reporta para largo de frutos en cocona (*Solanum sessiliflorum* Dun) una heredabilidad de 0.9962, lo que indudablemente muestra la acción de los componentes genéticos sobre la expresión de largo del fruto.

Para ancho de frutos, el valor de heredabilidad fue de 0.65 y el índice de variación de 1.36, lo cual indica que el coeficiente de variación genético es mayor con respecto al coeficiente de variación ambiental, confirmando de esta manera el valor alto de heredabilidad. Para ancho de frutos en otras especies vegetales como guayaba (*Psidium guajava* L.), Pérez *et al.* (2013) reportaron un 0.301 de heredabilidad, lo cual es catalogada como heredabilidad media, mientras que Araméndiz-Tatis *et al.* (2014) encontraron una heredabilidad de 0.7636 en berenjena (*Solanum melongena* L.), demostrando así, una acción genética para este carácter, dependiendo de la magnitud de la varianza ambiental con respecto a la varianza genética.

El valor de heredabilidad para el número de semillas desarrolladas por fruto, arrojó como resultado 0.23, considerándose de esta manera como una heredabilidad baja y el índice de variación para esta variable fue de 0.55, lo que indica que el coeficiente de variación genotípico es menor al coeficiente de variación ambiental. En otras especies vegetales como cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl), Abbott y Pistorale (2010) reportaron valores de heredabilidad en sentido amplio en tres años para semillas llenas, de 0.42, 0.86 y 0.76. En este caso, en los últimos dos años, las diferencias existentes entre la varianza genética y la varianza ambiental son muy notorias, caso contrario en el primer año, donde la diferencia entre las varianzas genéticas y ambientales no es muy pronunciada y se ve reflejado en el valor de la heredabilidad, mientras que Araméndiz-Tatis *et al.* (2014) encontraron una heredabilidad en sentido amplio de 0.8797 en el número de semillas por fruto de berenjena (*Solanum melongena* L.), lo que se demuestra en una mayor magnitud de la varianza genética con respecto a la varianza ambiental.

Los cálculos de heredabilidad individual y de familias para esta especie, han sido reportadas por Sánchez *et al.* (2003) en características como: altura, diámetro a la altura del pecho, volumen e índice de conicidad del fuste. Los resultados arrojaron que el valor de heredabilidad individual (h^2_i) fue de 0.65 y la heredabilidad entre familias (h^2_f) fue de 0.62 para altura, siendo mayor que el volumen del fuste ($h^2_i=0.54$; $h^2_f=0.59$), DAP ($h^2_i=0.38$; $h^2_f=0.59$) o índice de conicidad del tronco ($h^2_i=0.38$; $h^2_f=0.51$), especialmente a nivel de individuos, sin embargo, en frutos y semillas no se han reportado estudios de heredabilidad, necesaria para programas de selección con fines de mejora genética.

Conclusiones

Los valores de heredabilidad obtenidos permiten el aumento del conocimiento de la especie para que en el futuro se le de un mejor manejo donde la conservación y uso se complementen.

Literatura citada

- ABBOTT, L. y PISTORALE, S. 2010. Determinación de componentes de la varianza y heredabilidad en cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.). AGRISCIENTIA, XXVII, 115-123.
- ALLARD, R.W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Ediciones omega 4^o ed. Barcelona Esp. 498 p.
- ARAMÉNDIZ-TATIS, H.; CARDONA-AYALA, C. y CORREA-ÁLVAREZ, E. 2014. Parámetros genéticos en Berenjena (*Solanum melongena* L.). Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17 (2): 361-369
- BRAMLETT, D.L; BELCHER, E.W; DE BARR, G.L; HERTEL, G.D; KARRFALT, R.P; LANTZ, C.W; MILLER,T; WARE, K.D. and YATES , H.O. 1977. Cone analysis of southern pines: a guidebook. Georgia, Atlanta .28 p.
- CUEVA, S.E. 2015. Estimación de componentes de varianza fenotípica y heredabilidad del rendimiento y otras características de importancia económica en el cultivo de la cocona (*Solanum sessiliflorum* D). FUNDO ZUNGAROCOCHA UNAP-Iquitos. Tesis de Ingeniería. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos, Perú.
- CRUZ-JIMÉNEZ, H.; MÁRQUEZ, R.J.; ALBA-LANDA, J.; MENDIZÁBAL-HERNÁNDEZ, L.C.; RAMÍREZ-GARCÍA, E. y LAVALLE-MORTERA, R. 2017. Variación en la producción de semillas de *Cedrela odorata* L. en dos pruebas de procedencias/progenie. Foresta Veracruzana 19(2):49-56.
- GARCÍA DE LA CRUZ, Y.; RAMOS, J.M. y BECERRA, J. 2011. Semillas forestales nativas para la restauración ecológica. CONABIO. Biodiversitas, 94:12-15.
- HILL, A. 1952. Economic Botany. A textbook of useful plants and plants products. McGraw-Hill Book Company Ed: Cambridge, United Kingdom (Second edition) Pp 560.
- JARA, L.F. 1995. Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Turrialba, C.R: CATIE. pp. 174.
- JIMÉNEZ, M.Q.; ROJAS, R.F.; ROJAS, CH.V.; RODRÍGUEZ, S.L. 2002. Árboles maderables de Costa Rica Ecología y Silvicultura. INBIO-ET. Costa Rica. 361 p.
- MUELLNER, A.N.; PENNINGTON, T.D.; KOECKE, A.V. and RENNER S.S. 2010. Biogeography of cedrela (Meliaceae, Sapindales) in central and south America. American Journal of Botany 97(3): 511–518.
- PENNINGTON, T.D. y SARUKHÁN, J. 1998. Árboles tropicales de México. UNAM-FCE. Segunda edición. México. 521 p.
- PÉREZ PELEA, L; SIGARROA GONZÁLEZ, A; RODRÍGUEZ MEDINA, NARCISO, N.; BANDERA FERNÁNDEZ, E. y VALDÉS-INFANTE HERRERO, J. 2013 Estimación de la heredabilidad en sentido ancho a caracteres de importancia agrícola evaluados en una población de guayabo (*Psidium guajava* L.). Cultivos Tropicales 34(1): 66-73.
- PÉREZ, I. 2009 Establecimiento de un vivero y evaluación de la germinación de la especie *Cedrela odorata* L. (Memoria de pregrado) Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense. Huejutla, Hidalgo, México.

- PIERCE, B. 2009. Genética: un enfoque conceptual. Madrid, España: Ed. Médica Panamericana (3^{era} edición). 832 págs.
- PISTORALE, S.; ABBOTT, L. y ANDRÉS, A. 2008. Diversidad genética y heredabilidad en sentido amplio en agropiro alargado, *Thinopyrum ponticum*. Ciencia e Investigación Agraria. 35(3): 259-264.
- SÁNCHEZ, V; SALAZAR, G.; VARGAS, J.; LÓPEZ, J. y JASSO, J. 2003. Parámetros genéticos y respuesta a la selección en características del crecimiento de *Cedrela odorata* L. Fitotecnia Mexicana 26 (1):19-27.
- SECRETARÍA DE ECONOMÍA. 2016. Declaratoria de vigencia de la NMX-AA-169-SCFI-2016. Establecimiento de unidades productoras y manejo de germoplasma forestal especificaciones técnicas (cancela la NMX-AA-169-SCFI-2014). DOF 03/10/2016.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo (Segunda sección). DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN Segunda Sección. Jueves 30 de diciembre de 2010.
- ZOBEL, B. y TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético en árboles forestales. North Carolina State University. Editorial LIMUSA. Pág. 32. ISBN 968-18-2856-9.