



CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y DASOMÉTRICA DE LA ESPECIE AMENAZADA *Juglans pyriformis* Liebm.

MORPHOLOGICAL AND DASOMETRIC CHARACTERIZATION OF *Juglans pyriformis* Liebm., A THREATENED SPECIES

Celia Cecilia Acosta-Hernández¹; Mauricio Luna-Rodríguez²; Juan Carlos Noa-Carrazana¹; Jorge Galindo-González¹; Santiago Mario Vázquez-Torres³; Zoylo Morales-Romero⁴; Lourdes Georgina Iglesias-Andreu¹

¹Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana. Av. de las Culturas Veracruzanas Núm.101, Col. E. Zapata, C. P. 91090, Xalapa, Veracruz, MÉXICO.(xliglesias@gmail.com)

²Laboratorio de Alta Tecnología de Xalapa, S. C. (LATEX), Universidad Veracruzana. Calle Médicos Núm. 5, Col. Unidad del Bosque, C. P. 91010, Xalapa, Veracruz, MÉXICO.

³Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Universidad Veracruzana. Av. Luis Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial Ánimas C. P. 91190, Apartado Postal 294, Xalapa, Veracruz, MÉXICO.

⁴Facultad de Estadística e Informática. Universidad Veracruzana. MÉXICO.

RESUMEN

Juglans pyriformis es una especie endémica del bosque mesófilo de montaña, que se encuentra amenazada. Con el objetivo de determinar la variación morfológica dentro de la población de *J. pyriformis* de Coacoatzintla, Veracruz. Se evaluaron seis variables morfológicas y dos dasométricas, mediante un muestreo no probabilístico, en 1 a 5 individuos por sitio, ubicados a una distancia igual o mayor a 50 m o hasta localizar el siguiente individuo. Los datos fueron analizados mediante pruebas de independencia entre las variables, Análisis de Componentes Principales, análisis de conglomerado, coeficiente de variación y prueba de homogeneidad de varianza de Levene. Los resultados obtenidos permitieron identificar dos indicadores para las variables morfológicas COPA y FUSTE, y uno para las dasométricas ALT-DIAM. El indicador ALT-DIAM aportó mayor variación dentro de la población (42 %). Se encontraron diferencias significativas dentro de la población para los indicadores de COPA y ALT-DIAM.

Recibido: 29 de marzo, 2010

Aceptado: 21 de septiembre, 2010

doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.03.015

<http://www.chapingo.mx/revistas>

PALABRAS CLAVE: Variación morfológica, indicadores morfológicos, población natural vegetal, bosque mesófilo de montaña, componentes principales.

ABSTRACT

Juglans pyriformis is a threatened species endemic to a cloud forest environment. In order to determine the morphological variation within the *J. pyriformis* population in Coacoatzintla, Veracruz. Six morphological and two dasometric variables were evaluated, through non-probability sampling, in 1 to 5 individuals per site, located at a distance equal to or greater than 50 m or until locating the next individual. The data were analyzed using tests of independence between variables, Principal Components Analysis, cluster analysis, coefficient of variation and Levene's test of homogeneity of variance. The results obtained allowed identifying two indicators for the CROWN and TRUNK morphological variables, and one for the HEIGHT-DIAMETER dasometric relationship. The HEIGHT-DIAMETER indicator provided more variation within the population (42 %). Significant differences were found within the population for the CROWN and HEIGHT-DIAMETER indicators.

KEY WORDS: Morphological variation, morphological indicators, natural plant population, cloud forest, principal components analysis.

INTRODUCCIÓN

El bosque mesófilo de montaña mexicano tiene la más alta diversidad de especies y endemismos (30 %). Su cobertura original era del 1 % del territorio nacional (Rzedowski, 1978), aunque actualmente se estima la pérdida de más del 50 % de estos bosques a causa de la deforestación y fragmentación, quedando aproximadamente unas 800,000 ha en condiciones relativamente conservadas (Toledo *et al.*, 1989; Challenger,

INTRODUCTION

The Mexican cloud forest, also known as tropical montane forest, has the highest diversity of species and endemism (30 %). It originally covered 1% of the country (Rzedowski, 1978), although it is currently estimated that more than 50 % of this forestland has been lost due to deforestation and fragmentation, leaving approximately 800,000 ha in a relatively preserved condition (Toledo *et al.*, 1989; Challenger, 1998). Globally, the cloud forest

1998). A nivel global, el bosque mesófilo de montaña es considerado uno de los ambientes más amenazados (Hamilton *et al.*, 1995). En la parte central de Veracruz los fragmentos remanentes de este bosque se encuentran aislados por potreros, cultivos y asentamientos humanos, con la consecuente disminución de la biodiversidad y servicios ambientales que proporcionan (Williams-Linera *et al.*, 2002), lo que coloca a sus especies endémicas en riesgo de desaparecer.

Juglans pyriformis Liebm. (Juglandaceae), conocida comúnmente como cedro-nogal, es una especie característica del bosque mesófilo, endémica y amenazada (SEMARNAT, 2002). Sus poblaciones se distribuyen de forma discontinua y fragmentada a través de Hidalgo, Oaxaca y Veracruz, entre los 1,200 y 1,600 msnm. Las poblaciones se encuentran aisladas y reducidas como consecuencia de las actividades antropogénicas, incluyendo la sobreexplotación. Esto ocasiona que en algunas localidades de difícil acceso se observen sólo individuos aislados (Rzedowski, 1978; Narave, 1983; Luna-Vega *et al.*, 2006).

Los trabajos realizados con *J. pyriformis* (Maning, 1957; Rzedowski, 1978; Narave 1983; Niembro *et al.*, 2004; Benítez *et al.*, 2004; Luna-Vega *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2009) abordan aspectos generales de su taxonomía, distribución, fenología, producción, biogeografía y el uso potencial de su semilla como biocombustible. En Europa, las especies *J. regia* y *J. nigra* han sido ampliamente estudiadas, tanto por su importancia económica como por el valor de su madera y frutos (Balci *et al.*, 2001; Aleta *et al.*, 2003; Fady *et al.*, 2003; Colarič *et al.*, 2006; Pollegioni *et al.*, 2006; Oğuz *et al.*, 2008)

En México, el valor ecológico y la importancia económica de *J. pyriformis* apenas se reconoce. Particularmente en el estado de Veracruz, en el periodo 2002-2008, se establecieron aproximadamente 400 ha de plantaciones de *J. pyriformis* en el marco de los programas PRODEPLAN y PROÁRBOL (CONAFOR, 2008). Los viveros encargados de producir las plántulas para dichas plantaciones, fueron abastecidos con semilla proveniente de colectas masales realizadas por particulares en poblaciones naturales de fácil acceso, sin conocimiento previo de la variabilidad de las mismas, ni clasificación de los árboles de colecta (Bandala¹, 2008). Una de ellas es la población de *J. pyriformis*, localizada en Coacoatzintla, municipio de Coacoatzintla, Veracruz, cuyo estado actual se desconoce, no obstante su notable reducción por actividades antropogénicas.

Por lo anterior, nos hemos propuesto determinar los niveles de variación y la estructura de las poblaciones de *J. pyriformis* mediante un estudio morfológico y molecular de las mismas. El presente trabajo evalúa la variación

is considered one of the most threatened environments (Hamilton *et al.*, 1995). In the central part of Veracruz, the remnants of this forest are isolated by pastures, crops and human settlements, with the consequent loss of biodiversity and environmental services they provide (Williams-Linera *et al.*, 2002), which places its endemic species in danger of disappearing.

Juglans pyriformis Liebm. (Juglandaceae), commonly known as *cedro-nogal* (cedar-walnut), is a species characteristic of the cloud forest, where it is both endemic and threatened (SEMARNAT, 2002). Its populations are distributed in a discontinuous and fragmented way throughout Hidalgo, Oaxaca and Veracruz, between 1,200 and 1,600 masl. Populations are isolated and reduced as a result of anthropogenic activities, including over-logging. As a result, in some localities where access is difficult only a few isolated individuals can be observed (Rzedowski, 1978; Narave, 1983; Luna-Vega *et al.*, 2006).

Studies on *J. pyriformis* (Maning, 1957; Rzedowski, 1978; Narave, 1983; Niembro *et al.*, 2004; Benítez *et al.*, 2004; Luna-Vega *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2009) address general aspects of its taxonomy, distribution, phenology, production, biogeography and potential use of its seeds as biofuel. In Europe, the species *J. regia* and *J. nigra* have been extensively studied, both for their economic importance and the value of their wood and fruits (Balci *et al.*, 2001; Aleta *et al.*, 2003; Fady *et al.*, 2003; Colarič *et al.*, 2006; Pollegioni *et al.*, 2006; Oğuz *et al.*, 2008).

Unfortunately, in Mexico, the ecological and economic importance of *J. pyriformis* is barely recognized. For example, in the state of Veracruz in the period 2002-2008, about 400 ha of *J. pyriformis* plantations were established under the PRODEPLAN and PROÁRBOL programs (CONAFOR, 2008). The nurseries responsible for producing seedlings for these plantations were supplied with seed from mixed collections gathered by individuals in easily-accessible natural populations, without prior knowledge of their variability, or classification of the trees involved in the collection (Bandala¹, 2008). One of them is the population of *J. pyriformis* located in Coacoatzintla, municipality of Coacoatzintla, Veracruz, whose current status is unknown, although its reduction due to anthropogenic activities is notable.

Therefore, we set out to determine the levels of variation and the structure of *J. pyriformis* populations by a morphological and molecular study of them. This study assesses the morphological variation within the natural population of *J. pyriformis* in the community of Coacoatzintla, Veracruz.

MATERIALS AND METHODS

The town of Coacoatzintla is located in the center of the state of Veracruz (19° 39' N, 96° 59' W) at an altitude

¹ Bandala Santiago, 2008. Proveedor de semilla forestal a viveros oficiales y particulares. San José Buenavista, Mpio. de Altotonga s/n.

morfológica dentro de la población natural de *J. pyriformis*, de la localidad de Coacoatzintla, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

La localidad de Coacoatzintla se localiza en el centro del estado de Veracruz (19° 39' N, 96° 59' O), a una altitud de 1,487 m (Figura 1). El clima es templado-húmedo regular con lluvias abundantes en verano y principios de otoño; la temperatura media anual es de 17.4 °C (máx. 25.3 °C, mín. 8.3 °C), con una precipitación media anual de 1,437.7 mm (Servicio Meteorológico Nacional).

Se seleccionaron todos los árboles que crecen en los remanentes del bosque, áreas de potrero y áreas de traspatio aledañas al bosque. Se cubrió una superficie aproximada de 73 ha, estableciéndose 30 sitios (Figura 1). Se seleccionaron 112 individuos por un método no probabilístico incidental o casual. Para ello se realizó un recorrido previo y se establecieron circunferencias de 400 m² donde se localizaron los individuos. La selección se basó en dos criterios: que cada sitio estuviese representado por 1 a 5 individuos y que la distancia entre sitios fuese igual o mayor a 50 m o hasta localizar el siguiente individuo, para evitar el efecto de coancestría.

Por cada individuo se registraron seis variables morfológicas, siguiendo los criterios de Samaniego-Rojas (2002) en la identificación y selección de fuentes semilleras que garanticen la colecta de germoplasma de calidad para el establecimiento de plantaciones comerciales; por tanto, los mayores puntajes están asignados a las mejores características (Cuadro 1). Asimismo, se midió el diámetro

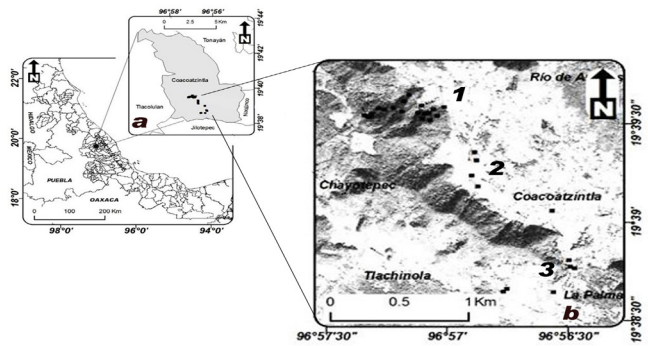


FIGURA 1. Localización del área de estudio. a) Municipio de Coacoatzintla; b) puntos de muestreo: 1) remanentes de BMM, 2) áreas de traspatio y 3) áreas de potrero, (programa ARCGIS 9.2).

FIGURE 1. Location of the study area. a) Township of Coacoatzintla b) sampling points: 1) cloud forest remnants, 2) backyard areas and 3) pasture areas, (ArcGIS 9.2 program).

of 1,487 m (Figure 1). The climate is temperate-humid with abundant rainfall in summer and early autumn. The average annual temperature is 17.4 °C (max. 25.3 °C, min. 8.3 °C), with average annual rainfall of 1,437.7 mm (National Weather Service).

All trees growing in the remnants of the forest, pasture areas and backyards bordering the forest were selected. It covered an area of approximately 73 ha, with 30 sites being established (Figure 1); 112 individuals were selected by an incidental or accidental non-probabilistic method. To this end, a prior walkthrough was made through the area and circumferences of 400 m² were established where

CUADRO 1. Variables y descriptores para la caracterización morfológica de *J. pyriformis*

TABLE 1. Variables and descriptors for morphological characterization of *J. pyriformis*

Variable morfológica	Descriptor	Puntaje
Forma de fuste (FF)	Recto	6
	Ligeramente torcido (curva escasa en 1 o 2 planos)	4
	Torcido (curva extrema en un plano)	2
	Muy torcido (Curva extrema en más de un plano)	1
Altura de bifurcación (AB)	No bifurcado	6
	Bifurcado en el 1/3 superior	4
	Bifurcado en el 1/3 medio	2
	Bifurcado en el 1/3 inferior	1
Dominancia del eje principal (DEP)	Dominancia completa en el eje inicial	2
	Dominancia parcial del eje inicial sobre las ramas laterales	1
	Dominancia completa sobre las ramas laterales	0
Ángulo de inserción de las ramas (AIR)	De 0° a 30°	1
	De 30° a 60°	2
	De 60° a 90°	3
Forma de la copa (FC)	Circular	6
	Circular irregular	5
	Medio círculo	4
	Menos de medio círculo	3
	Pocas ramas	2
	Principalmente rebrotes	1

Fuente: Samaniego-Rojas (2002).

Source: Samaniego-Rojas (2002).

a la altura del pecho (DAP) con cinta métrica y altura total del árbol (ALT) con clinómetro (marca Sunnto 15/20). Estas dos variables fueron estimadas posteriormente, aplicando las fórmulas correspondientes.

Análisis estadísticos. Los datos obtenidos fueron incluidos en un Análisis de Componentes Principales (ACP). Éste se realizó de forma independiente a las variables morfológicas y dasométricas, a fin de reducir su dimensionalidad y transformarlas a un conjunto menor de variables independientes denominadas indicadores (Hidalgo, 2003). La pertinencia del ACP se determinó mediante las pruebas de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y de esfericidad de Bartlett, aplicadas a la matriz de correlación resultante. A partir de las desviaciones típicas de los indicadores, se obtuvo el Coeficiente de Variación (CV), a fin de describir el comportamiento de la población. Con base en los indicadores se determinó la variación morfológica intrapoblacional mediante la prueba de homogeneidad de varianza de Levene. La clasificación de los individuos se realizó mediante un Análisis de Conglomerado (AC), empleando como medida de disimilitud la distancia cuadrática euclidiana y el método de Ward como algoritmo de ligamiento y distancia de 4 como umbral (Hidalgo, 2003). La confiabilidad de la clasificación se comprobó aplicando un análisis discriminante. Los análisis estadísticos fueron realizados con los programas SPSS y STATISTICA (versión 7.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La matriz de correlación pareada entre variables reveló que existen correlaciones bajas pero significativas (Kaiser-Meyer-Olkin 0.56, $P < 0.05$; Bartlett $P < 0.001$). Las relaciones positivas fueron: forma de copa (FC) con forma de fuste (FF) (0.233); ángulo de inserción de las ramas (AIR) con FC (0.260) y con diámetro de copa (DC) (0.239); finalmente DC con FC (0.562). Una asociación negativa resultó significativa: altura de bifurcación (AB) con DC (-0.217). Estos resultados sugieren que a formas circulares mejor definidas de la copa (circular y circular irregular) hay mayor DC (>10m), las ramas se insertan en mayor ángulo (60 a 90°) y el fuste es más recto, pero a mayor AB (1/3 superior) el DC es menor. Respecto a las variables dasométricas existe una correlación positiva (0.89). Según Husch *et al.*, 1982 existe una correlación entre la altura de los árboles (h) y su diámetro a la altura del pecho (DAP) lo que se comprueba en ésta especie.

El ACP de las variables morfológicas mostró que los dos primeros componentes tienen valores superiores a uno, y en conjunto explican el 49.7 % de la varianza total. En cuanto a las variables dasométricas, el primer componente explica el 94.5 % de la varianza total (Cuadro 2). Las variables que presentan mayor correlación con el primer componente son: AIR, FC y DC (Cuadro 3). Estas tres variables calificaron a la copa y presentaron una

individuals were located. Selection was based on two criteria: that each site was represented by 1 to 5 individuals and that the distance between sites was equal to or greater than 50 m or until locating the next individual to avoid the effect of coancestry.

For the morphological characterization of the population, six morphological variables were recorded, following the criteria of Samaniego-Rojas (2002) for the identification and selection of seed sources to ensure the collection of quality germplasm for the establishment of commercial plantations. Therefore, the higher scores are assigned to the best features (Table 1). Also, the diameter at breast height was (DBH) was measured with a tape measure, and total tree height with a clinometer (15/20 SUUNTO brand). These two variables were then estimated by applying appropriate formulas.

Statistical analysis. The data obtained were included in a Principal Component Analysis (PCA). This was done independently of the morphological and dasometric variables, in order to reduce their dimensionality and transform them into a smaller set of independent variables called indicators (Hidalgo, 2003). The relevance of the PCA was determined by the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure of sampling adequacy and Bartlett's test of sphericity, applied to the resulting correlation matrix. From the standard deviations of the indicators, the Coefficient of Variation (CV) was obtained in order to describe the behavior of the population. Based on the indicators, the intrapopulation morphological variation was determined using Levene's test of homogeneity of variance. The classification of individuals was performed by means of Cluster Analysis (CA), using as the dissimilarity measure the squared Euclidean distance and Ward's method as linkage algorithm and distance of 4 as threshold (Hidalgo, 2003). The reliability of the classification was verified using discriminant analysis. Statistical analysis was performed with the SPSS and STATISTICA (version 7.0) programs.

RESULTS AND DISCUSSION

The matrix of paired correlation between variables revealed that there are low but significant correlations (Kaiser-Meyer-Olkin 0.56, $P < 0.05$; Bartlett $P < 0.001$). The positive relationships were: crown shape (CS) with trunk shape (TS) (0.233); angle of branch insertion (ABI) with TS (0.260) and crown diameter (CD) (0.239); and finally CD with TS (0.562). A negative association was significant: the height of bifurcation (HB) with CD (-0.217). These results suggest that with better-defined circular shapes of the crown (circular and irregular circular), CD is greater (>10m), the branches are inserted at a higher angle (60 to 90°) and the trunk is straighter, but at higher HB (1/3 higher) CD is lower. Regarding the dasometric variables there is a positive correlation (0.89), due to the correlation between tree height (h) and their diameter at breast height (DBH) (Husch *et al.*, 1982).

CUADRO 2. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por las variables morfológicas evaluadas en *J. pyriformis*

TABLE 2. Eigenvalues and proportion of total variance explained by the morphological variables evaluated in *J. pyriformis*

Componentes Principales	Valores propios	Proporción de la varianza total explicada	
		Absoluta (%)	Acumulada (%)
Variables morfológicas			
C1	1.881	31.350	31.350
C2	1.105	18.411	49.761
C3	0.967	16.120	65.881
C4	0.852	14.204	80.085
Variables dasométricas			
C1	1.891	94.542	94.542
C2	0.109	5.458	100.000

Donde: C1...C5 = Componentes principales.

Where: C1...C5 = Principal components.

CUADRO 3. Contribuciones absolutas (Componente principal 1 y 2) de las variables morfológicas y dasométricas analizadas.

TABLE 3. Absolute contributions (main component 1 and 2) of the morphological and dasometric variables analyzed.

Variables morfológicas	Contribución absoluta	
	C1	C2
FF	0.169	0.267
AB	-0.263	0.483
DEP	-0.225	0.503
AIR	0.345	0.143
FC	0.280	0.361
DC	0.368	0.120

Donde: C1...C2 = Componentes principales. FF = Forma de Fuste; AB = Altura de Bifurcación; DEP = Dominancia del Eje Principal = AIR = Ángulo de Inserción de Ramas; FC = Forma de Copa; DC = Diámetro de Copa; DAP = Diámetro a la Altura del Pecho; ALT = Altura Total.

Where: C1...C2 = Principal components. FF = Trunk Shape; AB = Height of bifurcation; DEP = Dominance of the Main Axis = AIR = Angle of Branch Insertion; FC = Crown shape; DC = Crown diameter; DAP = Diameter at Breast Height, ALT = Total height.

correlación positiva, por lo que en conjunto se les denominó como el indicador "COPA". Las variables con mayor peso en la formación del segundo componente, que califica al fuste, fueron: AB y Dominancia del Eje Principal (DEP). Para este segundo componente, la variable FF tiene un valor menor a FC, pero dada su condición de calificar el fuste se agrupó con las dos variables anteriores (AB y DEP) para formar el indicador designado "FUSTE". Con relación a las variables dasométricas h y DAP, ambas conforman al componente 1 con un valor de correlación alto (0.972), por lo cual se agruparon en el indicador designado como "ALT-DIAM" (Cuadro 3).

El coeficiente de variación para los indicadores ALT-DIAM, COPA y FUSTE (50, 26 y 18 %, respectivamente) demuestra una amplia variación entre los individuos en altura, diámetro y copa, pero una menor variación en las características del fuste (Figura 2). La prueba de

The PCA of the morphological variables showed that the first two components have values greater than one and together explain 49.7 % of the total variance. In terms of dasometric variables, the first component explains 94.5 % of the total variance (Table 2). The variables that have a higher correlation with the first component are: ABI, CS and CD (Table 3). These three variables described the crown and had a positive correlation, so that together they are referred to as the "CROWN" indicator. Variables with greater weight in forming the second component, which describes the trunk, were: HB and Dominance of the Main Axis (DMA). For this second component, the TS variable has a value less than CS, but given its condition of describing the trunk, it was grouped with the two previous variables (HB and DMA) to form the indicator designated "TRUNK." With regard to the dasometric variables h and DBH, both conform to component 1 with a high correlation value (0.972), which is why they are grouped in the indicator designated as "HEIGHT-DIAMETER" (Table 3).

The coefficient of variation for the HEIGHT-DIAMETER, CROWN AND TRUNK indicators (50, 26 and 18 %, respectively) shows a wide variation among the individuals in terms of height, diameter and crown, but less variation in trunk characteristics. Levene's test of homogeneity of variance (Table 4) was significant ($P \leq 0.05$) for the CROWN (0.036) and HEIGHT-DIAMETER (0.024) indicators. These results are consistent with those obtained in the CV, confirming that the traits evaluated for crown, height and diameter are what mainly determine the differences within the *J. pyriformis* population.

Cluster Analysis (CA) differentiated 3 groups (Figure 2). Group I was the most heterogeneous, clustering 50 individuals representing 45 % of the population. The trees of this group had widely varying heights ranging from 4 to 25 m, and diameters of less than 30 cm. They also had slightly twisted and bifurcated trunks in the three thirds, with full and partial dominance of the main axis on the lateral branches, angle of branch insertion from 30 ° to 90°, with only one individual from 0° to 30°, crown diameter of <5 to >10 m, crown shape less than half circle and trees with few branches. Group II, consisting of 38 individuals, grouped 34 % of the surveyed trees. These were characterized by heights > 22 m and diameters between 16 and 57 cm,

CUADRO 4. Variación intrapoblacional sobre la base de los indicadores COPA, FUSTE y ALT-DIAM para *J. pyriformis*

TABLE 4. Intrapopulation variation on the basis of the CROWN, TRUNK and HEIGHT-DIAMETER indicators for *J. pyriformis*

Indicadores	Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	p
COPA	3.437	2	109	0.036*
FUSTE	0.631	2	109	0.534
ALT-DIAM	3.877	2	109	0.024*

Donde: gl = grados de libertad; *estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$).

Where: dl = degrees of freedom, *statistically significant ($P \leq 0.05$).

CUADRO 5. Estadísticas descriptivas por conglomerado de los indicadores de *J. pyriformis*
TABLE 5. Descriptive statistics by clustering of the *J. pyriformis* indicators

Indicadores	Conglomerados					
	1		2		3	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
COPA	5.93	0.72	5.67	0.99	4.43	1.36
FUSTE	4.96	1.06	5.27	0.99	5.30	0.81
ALT-DIAM	43.87	8.18	30.56	2.43	15.85	5.78

homogeneidad de varianzas de Levene (Cuadro 4) resultó significativa ($P \leq 0.05$) para los indicadores de COPA (0.036) y ALT-DIAM (0.024). Estos resultados coinciden con los obtenidos en el CV, corroborando que los caracteres evaluados para copa, altura y diámetro son los que determinan principalmente las diferencias dentro de la población de *J. pyriformis*.

El AC diferenció 3 grupos (Figura 3). El grupo I fue el más heterogéneo y agrupó 50 individuos que representaron el 45 % de la población. Los árboles de este grupo presentaron alturas extremas entre 4 y 25 m, y diámetros menores a 30 cm; asimismo, presentaron fustes ligeramente torcidos y bifurcados en los tres tercios, con dominancia completa y parcial del eje principal sobre las ramas laterales, ángulo de inserción de ramas de 30° a 90°, con un solo individuo de 0° a 30°, diámetro de copa de <5 a >10 m, forma de copa menor a medio círculo y árboles con pocas ramas. El grupo II, conformado por 38 individuos, agrupó al 34 % de los árboles evaluados. Éstos se caracterizaron por presentar alturas > 22 m y diámetros entre los 16 y 57 cm, fustes ligeramente torcidos, bifurcados a partir del tercio medio e inferior, con dominancia completa y parcial del eje principal sobre las ramas laterales, ángulo de inserción de ramas de 30° a 90°, diámetro de copa entre 5 y 10 m y forma de copa de medio círculo a menos de medio círculo. El grupo III agrupó 24 individuos que correspondieron al 21 % del total de los árboles evaluados. Todos los individuos de este grupo presentaron las mejores características, con alturas >26 m y diámetros de 38 a 69 cm, fustes rectos en la mayoría de los árboles y el resto ligeramente torcidos, bifurcados a partir de los tres tercios. El 62 % de los árboles del grupo presentan dominancia parcial del eje principal sobre las ramas laterales y el resto dominancia completa sobre las ramas laterales, ángulo de inserción de las ramas de 30° a 90°, copa vigorosa (>10 m) y forma de copa de circular irregular. El valor de Lambda de Wilks fue bajo (0.160), lo cual demuestra una buena clasificación de los individuos dentro de los grupos formados ($P \leq 0.001$).

Los valores medios de las estadísticas descriptivas del indicador ALT-DIAM, resultaron altamente divergentes para los tres grupos (Cuadro 5). Para el indicador de FUSTE se constató cierta semejanza en los valores medios de los tres grupos (Cuadro 5). En cambio, las medias del

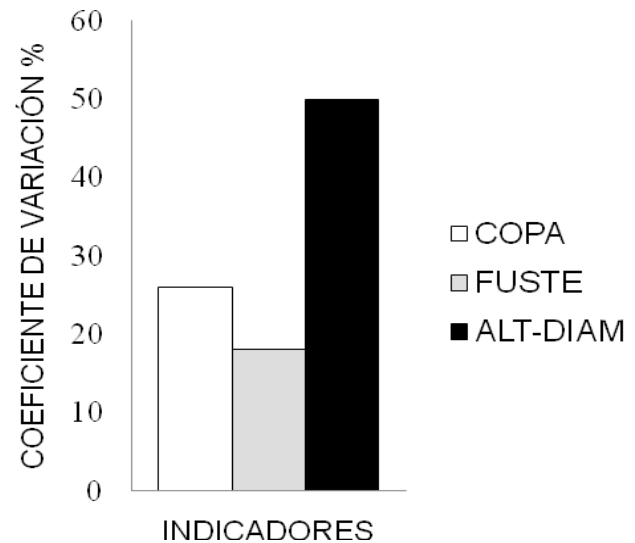


FIGURA 2. Coeficiente de variación de los indicadores: COPA, FUSTE y ALT-DIAM en *J. pyriformis*.

FIGURE 2. Coefficient of variation of the CROWN, TRUNK and HEIGHT-DIAMETER indicators in *J. pyriformis*.

slightly twisted trunks, bifurcated from the middle and bottom third, with full and partial dominance of the main axis on the lateral branches, angle of branch insertion from 30° to 90°, crown diameter between 5 and 10 m and crown shape from half circle to less than half circle. Group 3 brought together 24 individuals, accounting for 21 % of all trees assessed. All individuals in this group presented the best characteristics, with heights >26 m and diameters from 38 to 69 cm, straight trunks in most of the trees and the rest slightly twisted, bifurcated from the three thirds. Some 62 % of the trees in the group have partial dominance of the main axis on the lateral branches and the rest complete dominance on the lateral branches, angle of branch insertion from 30° to 90°, vigorous crown (>10 m) and irregular-circle-shaped crown. The Wilks' Lambda value was low (0.160), which shows a good classification of the individuals within the groups formed ($P \leq 0.001$).

Mean values of the descriptive statistics for the HEIGHT-DIAMETER indicator were highly divergent for the three groups (Table 5). For the TRUNK indicator, a

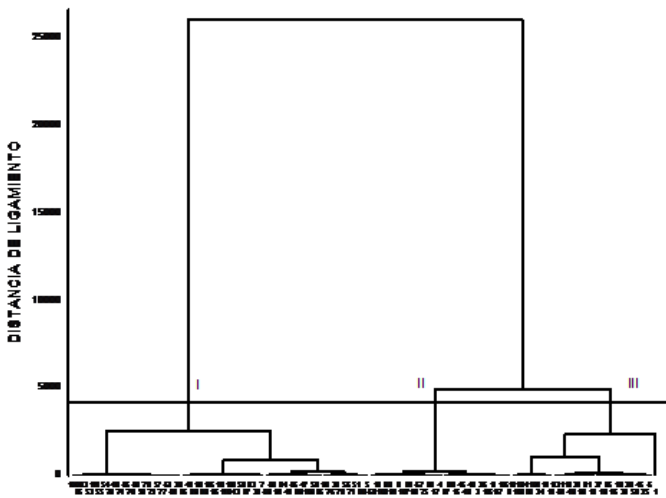


FIGURA 3. Dendrograma obtenido por el agrupamiento jerárquico de Ward y la distancia cuadrática euclidiana para la clasificación de los individuos con base en los indicadores ACP. Donde I, II y III = Grupos

FIGURE 3. Dendrogram obtained by Ward's hierarchical clustering and squared Euclidean distance for classification of individuals based on the PCA indicators. Where I, II and III = Groups

indicador de COPA de los grupos 1 y 2 respecto al valor medio del grupo 3 presentaron valores distantes (Cuadro 5). Estos datos confirman que los indicadores de ALT-DIAM y COPA fueron los que más contribuyeron a la clasificación de los individuos en la población estudiada.

La variación intrapoblacional detectada por los dos anteriores indicadores puede atribuirse a las características del sitio donde se desarrolla la especie, ya que el 21 % de los árboles con mayores alturas, diámetros y mejor conformación de copa (grupo III) crecen en las áreas abiertas (potreros y traspatio), a diferencia de los árboles del grupo I, con características dasométricas y morfológicas menores, que crecen bajo el dosel. Los árboles del grupo II, con características intermedias, crecen en los bordes de los remanentes de bosque. Esto confirma a la altura y el diámetro como caracteres fuertemente influidos por las características físicas y climáticas de los sitios en donde se desarrollan los árboles (Zobel y Talbert, 1988), y coincide con lo reportado para las poblaciones de *P. hartewii* del Pico de Orizaba y Cofre de Perote (Iglesias-Andreu y Tivo-Fernández, 2006). Asimismo, los trabajos del comportamiento agroforestal de 12 genotipos de *J. regia* (Aletà *et al.*, 2003) y de 24 progenies de la misma especie (Aletà *et al.*, 2009) refieren que las variaciones en altura, diámetro y conformación de los árboles se deben a las características de los sitios de plantación.

Adicionalmente, Aletà *et al.* (2004) determinaron la heredabilidad de los caracteres de altura, diámetro y conformación de copa (ramificación, grosor de ramas y ángulo de inserción de las ramas) en *J. regia*. En particular, encontraron que la variación en altura y diámetro está asociada a la heterogeneidad de la familia, tanto a nivel

certain degree of similarity was found in the mean values of the three groups (Table 5). By contrast, the means for the CROWN indicator of groups 1 and 2 compared to the mean value of group 3 had distant values (Table 5). These data confirm that the HEIGHT-DIAMETER AND CROWN indicators were the main contributors to the classification of individuals in the population studied.

The intrapopulation variation detected by these two indicators can be attributed to the characteristics of the site where the species develops, since 21 % of the trees with greater height, diameter and better crown shape (group III) grow in open areas (pastures and backyards), unlike the trees of group I, with smaller dasometric and morphological characteristics, that grow under the canopy. Trees in Group II, with intermediate characteristics, grow at the edges of forest remnants. This confirms that height and diameter are characteristics strongly influenced by the physical and climatic characteristics of the sites where the trees develop (Zobel and Talbert, 1988), and is consistent with that reported for *P. hartewii* populations in Pico de Orizaba and Cofre de Perote (Iglesias-Andreu and Tivo-Fernández, 2006). Also, agroforestry behavior studies of 12 *J. regia* genotypes (Aletà *et al.*, 2003) and 24 progenies of the same species (Aletà *et al.*, 2009) reported that variations in the height, diameter and shape of the trees is due to the characteristics of the plantation sites.

Additionally, Aletà *et al.* (2004) determined the heritability of height, diameter and crown shape characteristics (branching, branch thickness and insertion angle of branches) in *J. regia*. In particular, they found that the variation in height and diameter is associated with the heterogeneity of the family, both genetic and environmental. In *J. nigra*, Beineke (1983) found heritability values between 0.33 to 0.45 for height and 0.25 to 0.40 for diameter. In our study, considering that the age of the trees assessed ranges between 25 and 150 years old and that it is a wind-pollinated species (Narave, 1983), we can assume the historical existence of a genetic exchange between them. It is therefore possible that the phenotypic variability detected is the result of the targeted selection and removal of the best-shaped trees, and that this, together with the reduction and fragmentation suffered by this population, may be leading it to a recent bottleneck. For the foregoing, it is recommended that genetic studies be carried out on the *J. pyriformis* populations to assess the impact of management on the genetic variability of the species.

On the other hand, based on the criteria of Samaniego-Rojas (2002), the trees in groups II and III belong to Class 1 and can be used mainly for construction, furniture-making and handicrafts. The trees in group I belong to Classes 1 and 2. The Class 2 trees can be a germplasm source for the future establishment of plantations, and for the design of strategies for the maintenance of local variability and conservation of the species in this area.

genético como ambiental. En *J. nigra*, Beineke (1983) encontró valores de heredabilidad entre 0.33 a 0.45 para la altura y 0.25 a 0.40 para el diámetro. En nuestro estudio, si consideramos que la edad de los árboles evaluados varía entre 25 y 150 años de edad y que es una especie anemófila (Narave, 1983), podemos suponer la existencia histórica de un intercambio genético entre los mismos. Por ello, es posible que la variabilidad fenotípica detectada sea el resultado de procesos de selección dirigida debido a la extracción selectiva de los árboles mejor conformados, hecho que, conjuntamente con la reducción y fragmentación que ha sufrido esta población, podría estar llevándola a un cuello de botella reciente. Por lo anterior, se recomienda llevar a cabo estudios genéticos en las poblaciones de *J. pyriformis* para evaluar el impacto del manejo sobre la variabilidad genética de la especie.

Por otra parte, con base en los criterios de Samaniego-Rojas (2002), los árboles de los grupos II y III pertenecen a la Clase 1 y pueden ser usados principalmente para la construcción, fabricación de muebles y artesanías. Los árboles del grupo I corresponden a las Clases 1 y 2. Los árboles de la clase 2 pueden ser fuente de germoplasma para el establecimiento de futuras plantaciones, y el diseño de estrategias para el mantenimiento de la variabilidad local y la conservación de la especie en esta zona.

CONCLUSIONES

El método utilizado para la caracterización morfológica de los árboles, es eficiente y rápido para la identificación de fuentes semilleras con buenas características, en el establecimiento de plantaciones.

La variación morfológica dentro de la población de *J. pyriformis* se atribuye principalmente al indicador ALT-DIAM, y en menor medida al indicador de COPA. Con base en la variación detectada, los individuos fueron clasificados en tres grupos, lo cual indica una variación importante.

El nivel de variabilidad local detectado es atribuible a las características físicas y climáticas de los sitios, no obstante lo cual ésta población puede ser considerada un recurso genético con potencial en la conservación del nivel de variabilidad local.

AGRADECIMIENTOS

El autor principal, C. C. Acosta-Hernández, agradece al CONACYT la beca otorgada para la realización de los estudios de doctorado en Ecología y Biotecnología, del INBIOTECA-UV. Especialmente agradecemos al Doctor Pablo Octavio-Aguilar por la corrección y comentarios de este manuscrito y el invaluable apoyo en campo del señor J. Javier Juárez de La Fuente, Jesús Baillet E., Santiago Ángeles T. y señor Carmelo.

CONCLUSIONS

The method used for the morphological characterization of the trees is efficient and quick to identify seed sources with good characteristics for plantation establishment.

Morphological variation within the *J. pyriformis* population is mainly attributable to the HEIGHT-DIAMETER indicator and to a lesser extent to the CROWN indicator. Based on the detected variation, individuals were classified into three groups, indicating significant variation among them.

The level of local variability detected is attributable to the physical and climatic characteristics of the sites, in spite of which this population can be considered a genetic resource with potential in the conservation of the level of local variability.

ACKNOWLEDGEMENTS

The lead author, C. C. Acosta-Hernández, thanks CONACYT for the scholarship granted to carry out doctoral studies in Ecology and Biotechnology, at INBIOTECA-UV. We are especially grateful to Dr. Pablo Octavio-Aguilar for his corrections and comments on this manuscript and the invaluable assistance of Mr. J. Javier Juárez de La Fuente, Jesús Baillet E., Santiago Angeles T. and Mr. Carmelo.

End of English Version

LITERATURA CITADA

- ALETA, N.; NINOT, A.; VOLTAS, J. 2003. Caracterización del comportamiento agroforestal de doce genotipos del nogal (*Juglans* sp) en dos localidades de Cataluña. Investigación Agraria. Sistema de Recursos Forestales. 12(1): 39-50.
- ALETA, N.; NINOT, A.; VOLTAS, J. 2004. Retrospective evaluation of parental selection in nursery tests of *Juglans regia* L. Using a Mixed Model Analysis. *Silvae Genetica* 53, (1): 26-33.
- ALETA, N.; VILANOVA, A.; DÍAZ, R.; VOLTAS, J. 2009. Comportamiento de 24 progenies de nogal común (*Juglans regia* L.) para su uso en la producción de madera. Resultados hasta el sexto año de crecimiento. 5º Congreso Forestal Español. 12p. <http://www.recercat.net/bitstream/2072/43631/1/Comunicaci%C3%B3n+N.+Alet%C3%A0.pdf>
- BALCI, I.; BALTA, F.; KAZANKAYA, A.; SEN, S. M. 2001. Promising native walnut genotypes (*Juglans regia* L.) of the east black sea region of Turkey. *Journal American Pomological Society* 55(4): 204-208.
- BEINEKE W. F. 1983. Genetic improvement of black walnut for timber production. *Plant Breeding Reviews* 1: 236-266.
- BENÍTEZ, B. G.; PULIDO-SALAS, T. P.; EQUIHUA-ZAMORA, M. 2004. Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología A.C., SIGOLFO, CONAFOR. Xalapa, Veracruz, México. 288 p.

- COLARIČ, M. F.; ŠTAMPAR, M. H.; SOLAR, A. 2006. Sensory evaluation of different walnut cultivars (*Juglans regia* L.). *Acta Agriculturae Slovenica* 87: 403-413.
- CONAFOR. 2008. Expedientes de los proyectos autorizados por el PRODEPLAN (1997-2008). Gerencia Nacional de Plantaciones. PRODEPLAN. Comisión Nacional Forestal. México.
- CHALLENGER, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, Instituto de Biología de la UNAM y Agrupación Sierra Madre, S. C., México. Instituto Nacional de Ecología. 847 p.
- FADY, B.; DUCCI, F.; ALETA, N.; BECQUEY, J.; DÍAZ-VÁZQUEZ, R.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, F.; JAY-ALLEMAND, C.; LEFÈVRE, F.; NINOT, A.; PANETSOS, K.; PARIS, P.; PISANELLI, A.; RUMPF, H. 2003. Walnut demonstrates strong genetic variability for adaptive and wood quality traits in a network of juvenile field tests across Europe. *Kluwer Academic Publishers. New Forest* 25: 211-225.
- HAMILTON, L. S.; JUVIK J. L.; SCATENA, F. N. 1995. Tropical montane cloud forests: pp. 1-23. *In: Introduction and workshop synthesis. The Puerto Rico tropical montane cloud forest symposium.* L. S. HAMILTON, J. L. JUVIK y F. N. SCATENA (eds.). Serie: Ecological Studies No. 110. Springer Verlag, Nueva York.
- HIDALGO, R. 2003. Variabilidad Genética y Caracterización de Especies Vegetales. *In: Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos (2003).* FRANCO T., L. e HIDALGO R. (eds.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Boletín Técnico. Cali, Colombia Núm. 8: 89 p.
- HUSH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. 1982. *Forest Mensuration.* John Wiley & Sons. New York. 347 p.
- IGLESIAS, A. L.; TIVO, F. Y. 2006. Caracterización morfométrica de la población de *Pinus hartwegii* Lindl, del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Ra Ximhai* 2(2): 449-468.
- LUNA-VEGA, I.; ALCÁNTARA-AYALA, O.; CONTRERAS-MEDINA, R.; PONCE-VARGAS, A. 2006. Biogeography, current knowledge and conservation of threatened vascular plants characteristic of Mexican temperate forests. *Biodiversity and Conservation*, 15: 3773-3799. DOI 10.1007/s10531-005-5401-1.
- MANNING, W. E. 1957. The genus *Juglans* in Mexico and Central America. *Journal of Arnold Arboretum* 38: 121-150.
- MARTÍNEZ-PÉREZ, D.; PARTIDA-SEDAS, J. G.; PÉREZ-PORTILLA, E. 2009. Especies vegetales para biocombustibles en sistemas agrícolas diversificados en Veracruz, México. *Revista Brasileira de Agroecología*, (4): 2 3438-4342.
- NARAVE F. H. 1983. Juglandaceae. Fascículo 31. INIREB. Xalapa, Veracruz. *Flora de Veracruz.* 30 p.
- NIEMBRO-ROCAS, A.; MORATO, I.; CUEVAS-SÁNCHEZ, J. A. 2004. Catálogo de frutos y semillas de árboles y arbustos de valor actual y potencial para el desarrollo forestal de Veracruz y Puebla. Instituto de Ecología, A.C. Reporte Final del proyecto CONACYT-CONAFOR-2002-CO1-5741. Xalapa, Veracruz. México. 928 p.
- OĞUZ, H. I.; DOĞAN, A.; GÜN, A.; KAZANKAYA, A.; MURADOĞLU, F. 2008. Determination of Fruit Characteristics of Some Turkish Walnut (*Juglans regia* L.) Cultivars Grown in Bozdoğan District (Aydin). *Journal of Applied Biological Sciences* 2(2): 89-91.
- POLLEGIONI, P.; BARTOLI, S.; MALVOLTI, M. E.; MAPELLI, S.; BERTANI, A.; CANNATA, F. 2006. Identificación di ecotipi italiani di *Juglans regia* L. mediante marcadori molecolari, morfologici e biochimici. *Forest@* 3(4): 598-60.
- RZEDOWSKI, J. 1978. *Vegetación de México.* LIMUSA. México D.F. 432 p.
- SAMANIEGO-ROJAS, C. 2002. Las fuentes semilleras y semillas forestales nativas en el austro ecuatoriano: participación social en el manejo. *Fundación Ecológica Condesur, Loja, Ecuador.* pp. 1-14.
- SEMARNAT. 2002. "Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001)". *Diario Oficial.* Instituto Nacional de Ecología. México, DF. 102 p.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. Estación Meteorológica 00030114 Naolinco de Victoria. CONAGUA. <http://smn.conagua.gob.mx/climatologia/normales/estacion/ver/NOR-MAL30114.TXT>
- TOLEDO, V. M.; CARABIAS, J.; TOLEDO, C.; GONZÁLEZ-PACHECO, C. 1989. La producción rural en México: alternativas ecológicas. *Colección Medio Ambiente, núm. 6.* Fundación Universo Veintiuno, México. 392 p.
- WILLIAMS-LINERA, G.; MANSON, R. H.; ISUNZA-VERA, E. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques* 8(1): 73-89.
- ZOBEL, J. B.; TALBERT, J. T. 1988. Técnicas de mejoramiento genético en árboles forestales. Trad. por M. Guzmán Ortiz. LIMUSA. México, D.F. 545 p.