



Artículo / Article

Selección de árboles semilleros de *Juglans pyriformis* Liebm. en poblaciones naturales de Coatepec y Coacoatzintla, Veracruz

Juglans pyriformis Liebm. seed tree selection in natural populations of Coatepec and Coacoatzintla, Veracruz

Eunice Ortiz Muñoz¹, Celia Cecilia Acosta Hernández¹, Pascual Linares Márquez¹, Zoylo Morales Romero² y Virginia Rebolledo Camacho³

Resumen

Una estrategia de conservación *in situ* para especies amenazadas como *Juglans pyriformis* puede ser la selección de árboles semilleros, la cual garantiza la regeneración natural, coleccionar semilla de procedencia conocida para el establecimiento de plantaciones de conservación y mantener la estructura del bosque. Con el objetivo de seleccionar árboles semilleros de *J. pyriformis* en fragmentos de Bosque Mesófilo de Montaña en Coatepec y Coacoatzintla, Veracruz, se realizó un muestreo no probabilístico por cuota para caracterizar fenotípica y dasométricamente 20 árboles por población. Se recolectaron 48 frutos de cada uno y se obtuvieron las semillas, que se germinaron en invernadero, bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar con unidad experimental de 12 semillas por bloque. Durante 133 días se registró el número de semillas germinadas por árbol. En las plántulas se midió la altura, diámetro cuello/raíz, y se obtuvo el peso seco para evaluar su calidad, mediante el índice de Dickson. Con base en la calificación de los árboles, el vigor germinativo de las semillas y la calidad de la plántula, los individuos fueron clasificados en dos categorías. La Categoría I, agrupó ejemplares con características fenotípicas y dasométricas sobresalientes, valores altos en calidad de semilla y de plántula. En la Categoría II se incluyeron árboles con valores menores, respecto a los de la I. En la población de Coatepec se identificaron nueve árboles semilleros Categoría I; y 11 Categoría II. En la población de Coacoatzintla se identificaron dos árboles semilleros Categoría I; y 18 Categoría II.

Palabras clave: Calidad de planta, calidad de semilla, caracterización dasométrica, caracterización fenotípica, índice de Dickson, vigor germinativo.

Abstract

A potential *in situ* preservation strategy for endangered species like *Juglans pyriformis* is to select seed trees --whereby natural regeneration is ensured--, collect seeds from known, reliable sources for the establishment of preservation plantations, and maintain the structure of the forest. With the purpose of selecting *J. pyriformis* seed trees in scattered areas of the Montane Cloud Forest in Coatepec and Coacoatzintla, Veracruz, a non-probabilistic quota sampling procedure was carried out in order to determine the phenotypic and dasometric characteristics of 20 trees per population. 48 fruits were collected from each, and the seeds were collected and germinated in a greenhouse under a totally random block experimental design of 12 seeds per block. The number of seeds germinated per tree was recorded during 133 days. The height and the root neck diameter were measured in the seedlings, and the dry weight was estimated, using Dickson's index, in order to assess their quality. Based on the classification of the trees, the germinative vigor of the seeds and the quality of the seedlings, the individuals were classified into two categories. Category I grouped specimens with outstanding phenotypic and dasometric characteristics and high values for seed and seedling quality. Category II included trees with lower values than those of I. Nine seed trees of Category I and eleven of Category II were identified in Coatepec. Two seed trees belonging to Category I, and eighteen of Category II were identified in Coacoatzintla.

Key words: Plant quality, seed quality, dasometric characterization, phenotypic characterization, Dickson's index, germinative vigor.

Fecha de recepción/Reception date: 16 de octubre de 2015; Fecha de aceptación/Acceptance date: 2 de noviembre de 2016.

¹ Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Campus, Xalapa. Veracruz. México. Correo-e: eunij_14@hotmail.com

² Facultad de Estadística e Informática. Universidad Veracruzana. Campus Xalapa. México.

³ Instituto de Investigaciones Forestales (INIFOR). Universidad Veracruzana. Campus Xalapa. México.

Introducción

Juglans pyriformis Liebm. (Juglandaceae), comúnmente llamado cedro-nogal, es una especie endémica que forma parte del estrato medio-alto del bosque mesófilo de montaña en los estados de Hidalgo, Oaxaca y Veracruz; en altitudes entre los 1 200 y 1 600 m (Narave, 1983; Luna-Vega *et al.* 2006); y de acuerdo a la NOM-059 está registrada como amenazada (Semarnat, 2010).

En Veracruz, el cedro-nogal es muy valioso, ya que su madera de gran belleza y dureza se utiliza para la fabricación de muebles finos e instrumentos musicales, además se le emplea para cercos vivos o sombra en cafetales; por lo cual ha sido sobreexplotada (Luna *et al.* 2006). Este hecho ha contribuido a la disminución de sus poblaciones, pero también ha fomentado el establecimiento de plantaciones puras o mixtas con fines comerciales; de tal manera que, en el estado, a partir del 2001 se establecieron aproximadamente 400 ha, con apoyos del Programa de Plantaciones Forestales (PRODEFOR) que impulsa la Comisión Nacional Forestal (Conafor, 2008).

Lo anterior ha generado la demanda de planta de *J. pyriformis*, por lo que en algunos viveros forestales de la región de Xalapa, se reproduce la especie a partir de semilla procedente de las poblaciones naturales, aún presentes en los fragmentos de Bosque Mesófilo de las localidades de Coatepec, Huatusco, Coacoatzintla y San José Buenavista. Sin embargo, dicho germoplasma se obtiene de frutos recolectados de forma masiva en el suelo, sin una selección de los árboles semilleros, ni conocimiento del comportamiento en vivero. Esto puede tener repercusiones, ya que a largo plazo la calidad de las semillas se refleja en los rendimientos y desarrollo en campo de los árboles, y la alta susceptibilidad a plagas, enfermedades y cambios ambientales. A corto plazo, las implicaciones se reflejan en los costos de producción y manejo de la semilla (Jardel, 2006).

La disposición de germoplasma a partir de una fuente identificada, y procedente de masas forestales naturales es el punto de partida para que la recolecta tenga una amplia base genética, y una estrategia para preservar el acervo genético de la especie; con ello se asegura una mayor adaptabilidad y sobrevivencia de las plántulas producidas en vivero, cuando son llevadas a condiciones ecológicas semejantes a las de la región de origen (Salazar y Boshier, 1989; Carrillo y Ávila, 1979).

Por lo antes expuesto, se planteó el presente trabajo con el objetivo de seleccionar árboles semilleros de *J. pyriformis* en fragmentos de Bosque Mesófilo de Montaña de las poblaciones naturales en Coatepec y Coacoatzintla, Veracruz; con base en sus características fenotípicas, y calidad de la semilla y de la plántula en vivero.

Introduction

Juglans pyriformis Liebm. (Juglandaceae), commonly known as cedar-walnut, is an endemic species that grows in the medium-high stratum of the montane cloud forest in the states of Hidalgo, Oaxaca and Veracruz, at altitudes between 1 200 and 1 600 m (Narave, 1983; Luna-Vega *et al.* 2006); according to NOM-059, it is registered as endangered (Semarnat, 2010).

In Veracruz, cedar-walnut is very valuable, as its wood -of great beauty and hardness- is used for making fine furniture and music instruments; furthermore, it is used as living fences or for shade in coffee plantations, and for this reason it has been overexploited (Luna *et al.* 2006). This fact has contributed to the reduction of its populations, but has also promoted the establishment of pure or mixed plantations with commercial purposes. Thus, since 2001, it was established in approximately 400 hectares in the state, with the support of the Forest Plantation Program (*Programa de Plantaciones Forestales*, PRODEFOR) sponsored by the National Forestry Commission (*Comisión Nacional Forestal*) (Conafor, 2008).

This endeavor has generated the demand of the *J. pyriformis* plant; therefore, in certain forest nurseries of the Xalapa region, it is reproduced from seeds of natural populations still present in scattered areas of the Montane Cloud Forest of Coatepec, Huatusco, Coacoatzintla and San José Buenavista. However, this germoplasm is obtained from fruits that are massively collected from the ground, as in the long term the quality of the seeds is reflected in the yield and the in-field development of the trees, as well as in their high susceptibility to pests, diseases and environmental changes. In the short term, the implications are reflected in the seed production and handling costs (Jardel, 2006).

The obtainment of germoplasm from an identified source, and from natural forest masses allows the collection to have a broad genetic base and a strategy for the preservation of the genetic pool of the species. This will ensure higher levels of adaptability and survival rates in plants produced in a nursery when taken to similar ecological conditions to those of the region of origin (Salazar and Boshier, 1989; Carrillo and Ávila, 1979).

Thus, the present work was proffered for the purpose of selecting seed trees in certain areas of the Montane Cloud Forest from the natural populations in Coatepec and Coacoatzintla, Veracruz, based on their phenotypic characteristics and in the quality of the seeds and of the nursery-grown seedlings.



Materiales y Métodos

Los árboles evaluados de *Juglans pyriformis* se encuentran en áreas naturales dentro de las inmediaciones de los municipios de Coatepec y Coacoatzintla, Veracruz (Figura 1).

Materials and Methods

The assessed *Juglans pyriformis* trees are located in natural areas within the municipalities of Coatepec and Coacoatzintla, Veracruz (Figure 1).

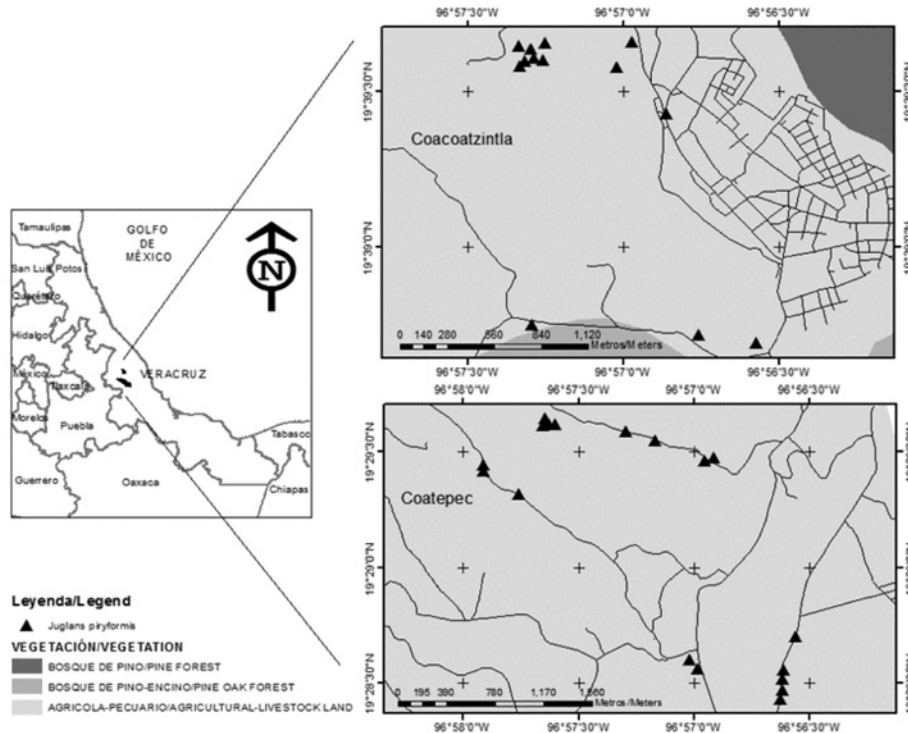


Figura 1. Localización de árboles de *Juglans pyriformis* Liebm. en las poblaciones naturales en Coatepec y Coacoatzintla, Veracruz.

Figure 1. Location of *Juglans pyriformis* Liebm. trees in the natural populations of Coatepec and Coacoatzintla, Veracruz.

La población de árboles de cedro-nogal de Coatepec se localiza en un intervalo altitudinal de 1 200 a 1 400 m; está formada por árboles dispersos en pequeños relictos de Bosque Mesófilo de Montaña y cafetales. El clima de la región es templado-húmedo regular, con lluvias abundantes en verano y principios de otoño. Temperatura media anual de 19.9 °C (máx. 35.8°C, mín. 4 °C) y precipitación anual de 1 764.9 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2014a).

Los individuos de cedro-nogal de Coacoatzintla, se localizan a una altitud entre los 1 200 y 1 600 m. Esta población está formada por árboles dispersos en un fragmento de Bosque Mesófilo de Montaña (Figura 1). El clima corresponde al templado-húmedo regular, con lluvias abundantes en verano y principios de otoño. Temperatura media anual de 17.5 °C (máx. 37 °C, mín. 7.5 °C), y precipitación anual de 1 606.7 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2014b).

De septiembre a octubre de 2012 se recorrieron ambas poblaciones para evaluar 20 árboles, con base en dos criterios:

The cedar-walnut tree population of Coatepec is located at an altitude of 1 200 to 1 400 m; it is made up of trees scattered in small relicts of the Montane Cloud Forest and coffee plantations. The climate in the region is temperate-humid-regular, with abundant rains in the summer and early fall. The mean annual temperature is 19.9 °C (max. 35.8 °C, min. 4 °C), and the annual precipitation is 1 764.9 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2014a).

Cedar-walnut individuals of Coacoatzintla are located at an altitude between 1 200 and 1 600 m. The population is constituted by trees scattered in a fragment of the Montane Cloud Forest (Figure 1). The climate is regular temperate-humid, with abundant rains in summer and early fall. Mean annual temperature of 17.5 °C (max. 37 °C, min. 7.5 °C), and an annual precipitation of 1 606.7 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2014b).

From September to October, 2012, both populations were toured in order to evaluate 20 trees based on two criteria:

1) ser árboles maduros y en fructificación; 2) estar a una distancia igual o mayor a 50 m uno del otro, para evitar el efecto de coancestría (Acosta-Hernández *et al.*, 2011a).

La caracterización fenotípica se hizo con base en la matriz propuesta por Samaniego (2002), la cual es una valoración cualitativa de seis parámetros que califican forma de fuste, altura de bifurcación, dominancia del eje principal, ángulo de ramas, forma de copa, diámetro de copa, y permite determinar la idoneidad de los individuos como árboles semilleros, asignándoles un puntaje a cada uno de los parámetros evaluados. Asimismo, se registró la altura total del árbol con un clinómetro (Sunntu®), y el diámetro a la altura del pecho (DAP = 1.30 m) con un longímetro (Truper®) de 3 m. Cada individuo fue georreferenciado, con un GPS (Garmin® map 60 csx), e identificado en secuencia numérica con pintura de spray. Por árbol, se recolectaron 48 frutos (960 frutos por población) y se trasladaron en bolsas de tela etiquetadas con el número de árbol y población, para su posterior beneficio y obtención de semillas.

El ensayo de germinación, con diseño experimental de cuatro bloques completos al azar y 12 semillas por unidad experimental, se estableció el 19 de noviembre del 2012 en el área del vivero adyacente al invernadero del Campus para la cultura, las artes y el deporte de la Universidad Veracruzana, sede Xalapa (USBI-Xalapa), ubicado en las coordenadas 19°30'30" latitud N, 96°55'30" longitud O, a una altitud de 1 300 m.

Las semillas se sembraron en tubetes de plástico negro, rígido de 300 mL que contenían sustrato con tierra de monte y "tepezil" en proporción 1:1. Antes y después de la siembra fueron tratadas con una solución de Captan de 10g L⁻¹.

La germinación se registró durante 133 días, después de la fecha de siembra (19 semanas). Las variables registradas fueron: fecha de siembra, inicio de la germinación (IG = 5 % de semilla germinadas por árbol), fecha de emergencia de plántula y número de semillas germinadas por árbol, ésta última de forma diaria, a partir de la primera semilla germinada.

La calidad de las plántulas se evaluó a partir de la aparición de las hojas verdaderas durante 3 meses (abril, mayo y junio); se registró altura (cm) del cuello de la plántula a la yema apical, con un flexómetro (Truper®) de 3 m; y diámetro (mm) a nivel de cuello/raíz de tallo, con un vernier digital (Mitutoyo®), en 12 plántulas por bloque (tres plántulas por unidad experimental) seleccionadas al azar.

Análisis de datos

Caracterización dasométrica y fenotípica de árboles

Con base en la valoración cualitativa de los parámetros propuestos en la matriz de Samaniego (2002), se realizó la

the trees should 1) be mature and fruiting; 2) stand at a distance equal or above 50 m from each other, in order to avoid the effect of co-ancestry (Acosta-Hernández *et al.*, 2011a).

The phenotypic characterization was based on the matrix proposed by Samaniego (2002), which is a qualitative evaluation of six parameters by which to assess the stem shape, forking height, dominance of the main axis, branch angle, crown shape and crown diameter, and makes it possible to determine the suitability of the individuals as seed trees, assigning a score to each of the assessed parameters. Furthermore, the total height of the tree was measured using a (Sunntu®) clinometer, and the diameter at breast height (DBH = 1.3 m) using a 3 m (Truper®) longimeter. Each individual was georeferenced using a (Garmin® map 60 csx) GPS, and identified in a numerical sequence with spray paint. 48 fruits per tree (960 fruits per population) were collected and transferred in cloth bags labeled with the tree number and population for their subsequent exploitation and the obtainment of seeds.

The germination assay—with an experimental design consisting of four complete random blocks and 12 seeds per experimental unit—was established on November 19, 2012 in the nursery area adjoining the greenhouse in the Campus for the arts, culture and sports of Universidad Veracruzana in Xalapa (USBI-Xalapa), located at the coordinates 19°30'30" N and 96°55'30" W, at an altitude of 1 300 masl.

The seeds were sown in black rigid plastic 200 mL tubes containing substratum with earth and "tepezil" in a 1:1 proportion. Before and after sowing, they were treated with a 10 g L⁻¹ Captan solution.

The germination was recorded during 133 days (19 weeks) after sowing. The registered variables were: sowing date, onset of germination (OG = 5 % of the seeds germinated per tree), date of emergence of the seedling and number of germinated seeds per tree, on a daily basis, since the germination of the first seed.

The quality of the seedlings was assessed during three months (April, May and June) from the time of emergence of true leaves; the height (cm) from the neck of the seedling to the apical shoot, with a 3 m (Truper®) flexometer, and diameter (mm) at the root neck, using a (Mitutoyo®) digital vernier caliper, in 12 randomly selected seedlings per block (three seedlings per experimental unit).





sumatoria para obtener el puntaje por árbol y clasificarlo de acuerdo a sus características fenotípicas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de las características fenotípicas de los árboles y puntaje para su clasificación, según la valoración en campo. Modificado de Samaniego (2002).

Características fenotípicas	Puntaje	Clase	Árboles semilleros
Árboles con características sobresalientes: fuste recto, no bifurcados, dominancia completa del eje principal, ángulo de inserción de las ramas de 60° a 90°, copa dominante.	18 a 24	1	SI
Árboles con características medias: fuste ligeramente torcido, bifurcación superior, dominancia parcial del eje principal, ángulo de inserción de las ramas de 30° a 60°, copa promedio.	9 a 17	2	SI
Árboles con características indeseables: fuste torcido, bifurcado en el 1/3 medio o inferior, ángulo de inserción de las ramas de 0° a 30°, copa pequeña.	≤ 8	3	NO

Table 1. Description of the phenotypic characteristics of the trees and scores for their classification according to the in-field assessment. Modified by Samaniego (2002).

Phenotypic characteristics	Score	Class	Seed trees
Trees with outstanding characteristics: straight unforked stem, complete dominance of the main axis, 60° to 90° branch insertion angles, dominant crown.	18 to 24	1	YES
Trees with medium characteristics: slightly gnarled stem, high forking, partial dominance of the main axis, 30° to 60° branch insertion angles, average crown.	9 to 17	2	YES
Trees with undesirable characteristics: gnarled stem, forking at the middle or lower third, 0° to 30° branch insertion angles, small crown.	≤ 8	3	NO

Evaluación de germinación

Con las variables en vivero se estimaron los siguientes parámetros (Piedrahíta, 1998; López y Piedrahíta, 1998): potencia germinativa (PG %), germinación diaria media (GDM), inicio de la germinación (IG), tiempo medio de germinación (TMG) y vigor germinativo o Índice de Czabator (VG), mediante la expresión:

$$VG = VM \times GDM$$

Donde:

VM = Corresponde al cociente máximo que se obtiene al dividir cada una de las germinaciones diarias acumuladas por el correspondiente número de días para alcanzarla

Para fines del presente trabajo, la calidad de las semillas se definió con base en los intervalos de vigor germinativo

Data analysis

Dasometric and phenotypic characterization of trees

Based on the qualitative assessment of the parameters proposed in Samaniego's matrix (Samaniego, 2002), the corresponding values were added in order to obtain the score per tree and to classify each tree by its phenotypic characteristics (Table 1).

Germination assessment

The following parameters were estimated for the nursery-grown variables (Piedrahíta, 1998; López and Piedrahíta, 1998): germinative potency (GP %), mean daily germination (MDG), onset of the germination (OG), mean germination time (MGT) and germinative vigor or Czabator's Index (GV), using the expression:

$$GV = MV \times MDG$$

(Índice de Czabator) como baja (<0.169), media (0.170-0.340) y alta (≥0.341); y a la potencia germinativa (PG %).

Evaluación de plántulas

Se estimó el Índice de Dickson (ID) con la fórmula (Olivo y Buduba, 2006):

$$D = \frac{\text{Peso total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro tallo (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco parte radicular (g)}}}$$

La calidad de la planta se clasificó a partir de los intervalos de calidad para el índice de Dickson como baja (<0.2), media (0.3-0.4) y alta (≥0.5) establecidos por Sáenz *et al.* (2010) para evaluar la planta producida en nueve viveros del estado de Jalisco.

Resultados y Discusión

Clasificación fenotípica y dasométricamente de árboles

En función de la valoración fenotípica, los árboles de *J. pyriformis*, de ambas poblaciones se agruparon en las clases 1 y 2, lo que indica que pueden ser considerados semilleros. En la población de Coatepec se identificó un mayor número de individuos Clase 1, los cuales tienen características fenotípicas sobresalientes, por su altura y diámetro son dominantes y forman parte del dosel superior. Los árboles de la Clase 2 son codominantes y presentan características fenotípicas medias (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de árboles de *Juglans pyriformis* Liebm. de las poblaciones de Coatepec (CT) y Coacoatzintla (CC), con base en la valoración fenotípica, altura y diámetro ± Error estándar.

Población	Clase	Valoración fenotípica	Diámetro medio	Altura media	Árbol	Total
CT	1	18 - 26	59.19 ± 19.3	21.41 ± 6.6	1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 12, 13, 14, 15, 17 y 20	13
	2	11 - 17	35.83 ± 16.4	15.40 ± 3.2	3, 8, 9, 11, 16, 18 y 19	7
CC	1	18 - 24	49.16 ± 7.59	17.99 ± 6.0	1, 2, 3, 8, 9, 10, 12, 14 y 19	9
	2	12 - 17	52.52 ± 11.5	17.53 ± 5.2	4, 5, 6, 7, 11, 13, 15, 16, 17, 18 y 20	11

Where:

MV = The maximum coefficient obtained by dividing each one of the accumulated daily germinations by the corresponding number of days that it took

For the purposes of the present work, the quality of the seeds was defined, based on the germinative vigor intervals (Czabator's Index), as low (<0.169), medium (0.170-0.340) and high (≥0.341), and on the germinative potency (GP %).

Seedling assessment

Dickson's Index (DI) was estimated using the following formula (Olivo and Buduba, 2006):

$$D = \frac{\text{Total weight (g)}}{\frac{\text{Height (cm)}}{\text{Stem diameter (mm)}} + \frac{\text{Dry aboveground weight (g)}}{\text{Dry root weight (g)}}}$$

The quality of the plants was classified as low (<0.2), medium (0.3-0.4) and high (≥0.5), based on the quality intervals established by Sáenz *et al.* (2010) for Dickson's Index, in order to evaluate the plants produced in nine nurseries in the state of Jalisco.

Results and Discussion

Phenotypic and dasometric classification of trees

In terms of phenotypic assessment, *J. pyriformis* trees in both populations were grouped into Classes 1 and 2; this is an



Table 2. Classification of *Juglans pyriformis* Liebm. trees in the populations of Coatepec (CT) and Coacoatzintla (CC), based on their phenotypic assessment, height and diameter \pm Standard error.

Population	Class	Phenotypic assessment	Mean diameter	Mean height	Tree	Total
CT	1	18 - 26	59.19 \pm 19.3	21.41 \pm 6.6	1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 12, 13, 14, 15, 17 and 20	13
	2	11 - 17	35.83 \pm 16.4	15.40 \pm 3.2	3, 8, 9, 11, 16, 18 and 19	7
CC	1	18 - 24	49.16 \pm 7.59	17.99 \pm 6.0	1, 2, 3, 8, 9, 10, 12, 14 and 19	9
	2	12 - 17	52.52 \pm 11.5	17.53 \pm 5.2	4, 5, 6, 7, 11, 13, 15, 16, 17, 18 and 20	11

En la población de Coacoatzintla el número de árboles Clase 1 es menor y son codominantes, los de la Clase 2 son los dominantes. La altura y el diámetro medio de *J. pyriformis* en ambas poblaciones se están dentro de los intervalos de 4-25 m y 38-69 cm, respectivamente, citados para los grupos I y III por Acosta-Hernández *et al.* (2011b) en la población de Coacoatzintla.

Con la misma metodología, Acosta-Hernández *et al.* (2011a) caracterizaron 112 ejemplares de *J. pyriformis* en la población de Coacoatzintla, con el objetivo de determinar el nivel de variación morfológica. El análisis de los datos, mediante Componentes Principales (ACP) evidenció tres grupos, los cuales coincidieron con las clases propuestas por Samaniego (2002). Esa matriz, fue utilizada por Salan (2011) para seleccionar árboles semilleros de *Cedrela odorata* L, e identificó siete árboles clase tres y tres clase dos, en bosques nativos de la Región Amazónica Ecuatoriana.

El método de Samaniego (2002) se ha usado para evaluar fuentes semilleras previamente identificadas y seleccionadas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, a fin de proponer su manejo con fines de mejoramiento genético.

Aletá *et al.* (2009) en su ensayo de 24 progenies de *J. regia* indican el ángulo de inserción de ramas, la ramificación y rectitud, poseen alta heredabilidad; características fenotípicas que fueron evaluadas en los individuos de *J. pyriformis*. Dichos autores señalan que el ángulo de inserción de ramas y la ramificación no presentan modificaciones en el tiempo, por lo que son variables confiables para la selección de árboles semilleros. En cuanto al diámetro y altura, Aletá *et al.* (2003) mencionaron que su expresión depende de las condiciones del sitio donde se establezcan las plántulas, es por ello que su observación, para la selección de árboles semilleros, debe tomarse con reserva.

indication that they may be considered to be seed trees. A higher number of Class I individuals--which stand out for their height and diameter, are dominant and are part of the higher canopy--were identified in Coatepec. On the other hand, Class 2 trees are codominant and have medium phenotypic characteristics (Table 2).

Class I trees are less numerous in the population of Coacoatzintla and they are codominant, while Class 2 trees are dominant. The height and mean diameter of *J. pyriformis* in both populations are within the ranges of 4-25 m and 38-69 cm, respectively, cited by Acosta-Hernández *et al.* (2011b) for groups I and III in the population of Coacoatzintla.

Using the same methodology, Acosta-Hernández *et al.* (2011a) characterized 112 *J. pyriformis* specimens in the population of Coacoatzintla, in order to determine the level of morphological variation. The data analysis, based on Main Components (MC), evidenced three groups, which coincided with the classes proposed by Samaniego (2002). This matrix was used by Salan (2011) to select *Cedrela odorata* L. seed trees and identified seven Class III and three Class II trees in the native forests of the Ecuadorian Amazon Region.

The method developed by Samaniego (2002) has been utilized to assess previously identified and selected *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze seed sources in order to promote their management for purposes of genetic enhancement.

In their assay of 24 *J. regia* offsprings, Aletá *et al.* (2009) point out that the branch insertion angle, branching and straightness are highly hereditary; the same phenotypic characteristics were evaluated in *J. pyriformis* individuals. According to these authors, the branch insertion angle and branching show no modifications through time, and therefore are reliable characteristics for the selection of seed trees. Aletá *et al.*

Calidad fisiológica de la semilla

Las semillas procedentes de Coatepec iniciaron su germinación en la cuarta semana, pero alcanzaron 5 % (IG) y 50 % (TMG) una semana después que las procedentes de Coacoatzintla; al final del ensayo (133 días), su potencia germinativa (PG %) fue mayor (Figura 2).

(2003) mentioned that the expression of diameter and height depends on the conditions of the site where the seedlings are established, and its observation as a criterion for the selection of seed trees must therefore be taken with reservations.

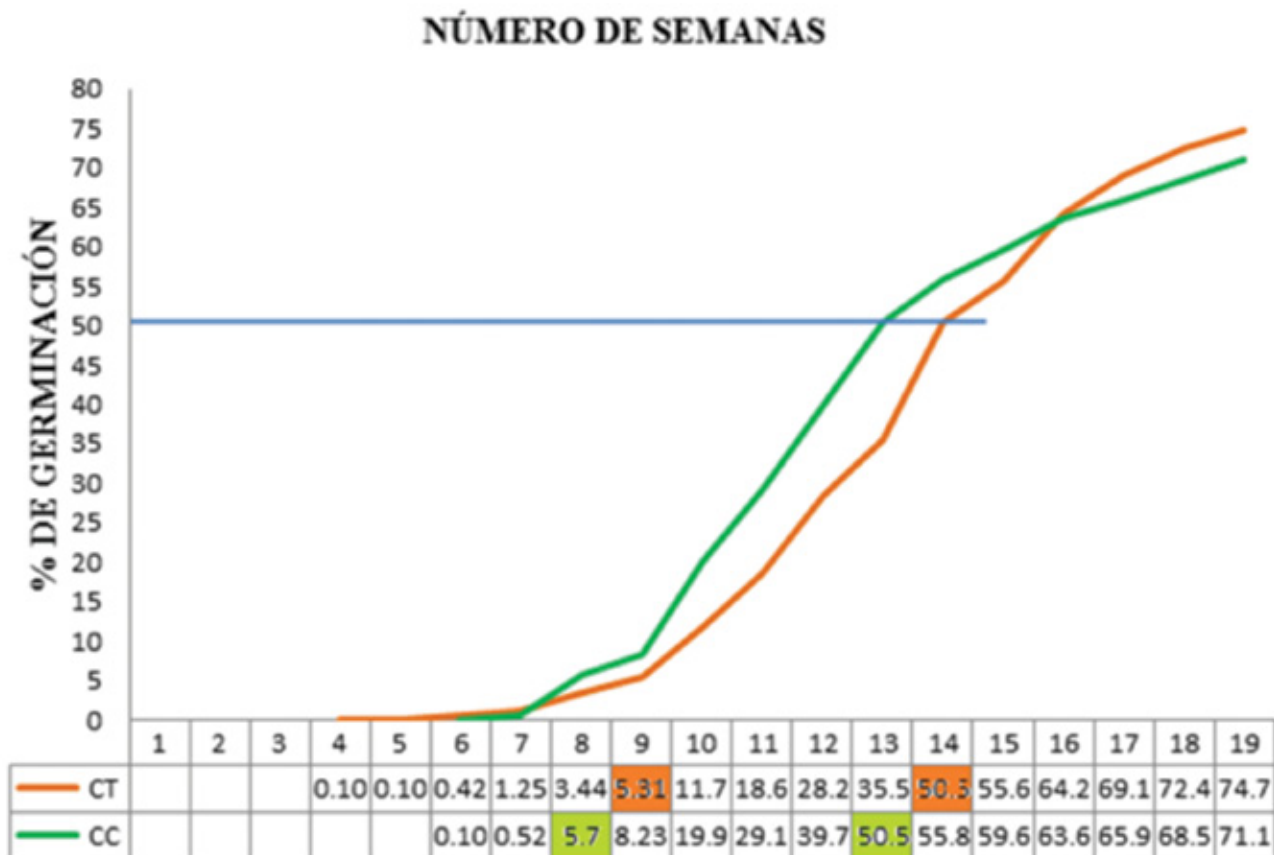


Figura 2. Porcentaje de germinación acumulado por semana de las semillas de *Juglans pyriformis* Liebm. de las poblaciones de Coatepec (CT) y Coacoatzintla (CC).

Figure 2. Germination percentage, accumulated per week, of *Juglans pyriformis* Liebm. seeds from the populations of Coatepec (CT) and Coacoatzintla (CC).

La PG por árbol/población fue mayor a 50 % en semilla de los árboles de Coatepec, nueve de ellos tuvieron valores cercanos o superiores a 80 %. En cambio para Coacoatzintla, solo 16 árboles presentaron semilla con un PG de 50 %, nueve registraron valores iguales o cercanos a 80 % (Figura 3 A y B).

De acuerdo a los intervalos de calidad de la semilla establecidos (Cuadro 3), en la población de Coatepec se identificaron 12 individuos de calidad de semilla alta y ocho con calidad media. En la población de Coacoatzintla se encontraron 12 árboles con calidad de semilla alta; cuatro con calidad media e igual número con calidad baja.

Physiological quality of the seed

Seeds from Coatepec began germinating in the fourth week, but they reached a GI of 5 % (GI) and a MGT of 50 % one week after those from Coacoatzintla; at the end of the assay (133 days), they had a higher germinative potency (GP %) (Figure 2).

The GP per tree/population was over 50 % in the seeds of individuals from Coatepec; nine of these had values near or above 80 %. Conversely, only the seeds of 16 trees from Coacoatzintla had a GP of 50 %; nine registered values near or equal to 80 % (Figure 3 A and B).

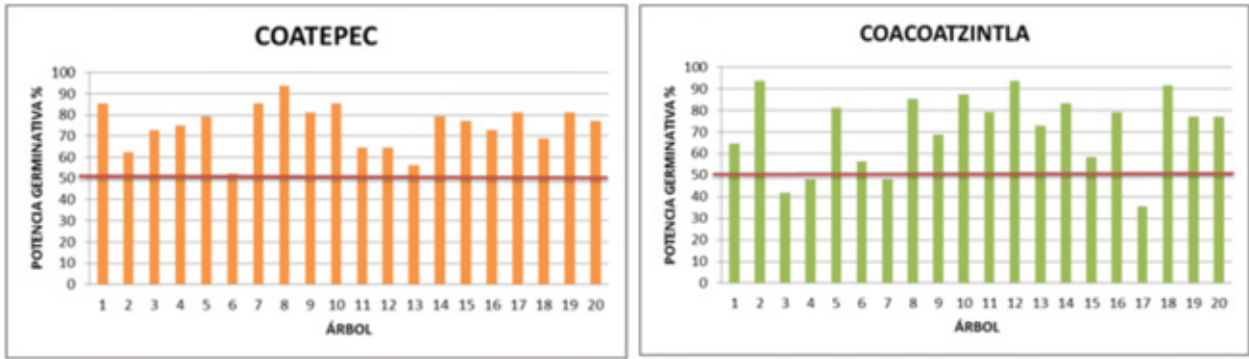


Figura 3. Potencia Germinativa por árbol y población de *Juglans pyriformis* Liebm.
 Figure 3. Germinative Potency per *Juglans pyriformis* Liebm. tree and per population.

Cuadro 3. Clasificación de la semilla según Vigor Germinativo (VG) y número de árbol correspondiente a cada población, Coatepec (CT) y Coacoatzintla (CC).

Población	Calidad	VG	Árbol
CT	Alta	0.341 - 0.606	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 17, 19 y 20
	Media	0.187 - 0.327	2, 3, 6, 11, 12, 13, 16 y 18
CC	Alta	0.343 - 0.679	2, 5, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19 y 20
	Media	0.174 - 0.286	1, 7, 9, 15
	Baja	0.053 - 0.139	3, 4, 6, 17

Table 3. Seed classification by Germinative Vigor (GV) and tree number for each population: *Coatepec* (CT) and *Coacoatzintla* (CC).

Population	Quality	GV	Tree
CT	High	0.341 - 0.606	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 17, 19 y 20
	Medium	0.187 - 0.327	2, 3, 6, 11, 12, 13, 16 y 18
CC	High	0.343 - 0.679	2, 5, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19 y 20
	Medium	0.174 - 0.286	1, 7, 9, 15
	Low	0.053 - 0.139	3, 4, 6, 17

La mayoría de las semillas procedentes de Coatepec tuvieron valores altos en cuanto a la potencia germinativa (PG %), germinación diaria media (GDM) y Vigor germinativo (VG); por lo que tienen una calidad más alta que las de Coacoatzintla. El coeficiente de variación (CV) para PG % y VG es bajo, lo que indica que existe poca variación en la germinación de ambas poblaciones (Cuadro 4).

According to the established seed quality intervals (Table 3), twelve individuals with a high quality seed and eight with a medium quality seed were identified in the population of *Coatepec*, while in the population of *Coacoatzintla* twelve trees had a high quality seed, four had a medium quality seed, and another four, a low quality seed.



Cuadro 4. Promedios \pm desviación estándar de las variables de germinación de *Juglans pyriformis* Liebm. de las poblaciones de Coatepec (CT) y Coacoatzintla (CC).

Población	Potencia germinativa	Coefficiente de Variación	Germinación diaria media	Vigor germinativo \pm Error Estándar	Coefficiente de Variación
CT	74.79 \pm 2.31	3.09	0.56	5.77 \pm 0.03	7.42
CC	71.15 \pm 3.88	5.46	0.53	4.87 \pm 0.04	11.30

Table 4. Means \pm standard deviations of the germination variables of *Juglans pyriformis* Liebm. in the populations of Coatepec (CT) and Coacoatzintla (CC).

Population	Germinative potency	Variation coefficient	Mean daily germination	Germinative vigor \pm Standard error	Variation coefficient
CT	74.79 \pm 2.31	3.09	0.56	5.77 \pm 0.03	7.42
CC	71.15 \pm 3.88	5.46	0.53	4.87 \pm 0.04	11.30

El porcentaje de germinación de *J. pyriformis* es mayor a los citados para *Juglans neotropica* (35 %) (López y Piedrahita, 1998); pero menores a los registrados por el CATIE (1999) en semillas frescas de *J. neotropica* (80-90 %); 100 % consignado por Quintero-García y Jaramillo-Villegas (2012) y 80 % por Gómez, (2002 citado en Quintero-García y Jaramillo-Villegas, 2012) para la misma especie. También resultó menor reportado para *J. regia* bajo condiciones de producción en vivero (80 %) y con tratamientos pregerminativos (85-95 %) (Vahdati y Hoseini, 2005). Falta de traducir.

La comparación que se hace del porcentaje de germinación debe tomarse con reserva, ya que en muchos de los trabajos a los que se hace referencia, los valores fueron obtenidos después de que el material biológico se sometió a tratamientos pregerminativos. Cabe mencionar que la semilla de *J. pyriformis* (Figura 4) es catalogada como subortodoxa; es decir, sus periodos de almacenamiento deben ser cortos, por el alto contenido en lípidos (Rojas, 1995); no obstante los porcentajes para ambas poblaciones en el presente trabajo son altos, sin que se les aplicara tratamiento alguno, esto se atribuye a que la semilla fue sembrada inmediatamente después de su beneficiado, y su vigor germinativo no había disminuido por el paso del tiempo.

Calidad de planta

Las plántulas obtenidas de semilla germinada procedente de Coatepec tuvieron >0.500 de ID (Índice de Dickson), por lo que se catalogaron de alta calidad. En este grupo destaca el árbol 9 con un índice de 2.081. Las plántulas de semilla procedente de Coacoatzintla lograron calidad alta y media, sobresalen cinco árboles por presentar calidad de

Most seeds from Coatepec had high values for germinative potency (GP %), mean daily germination (MDG) and germinative vigor (GV); therefore, their quality is higher than that of seeds from Coacoatzintla. The variation coefficient for GP % and GV is low, a sign that there is little variation in germination in both populations (Table 4).

The germination percentage of *J. pyriformis* is higher than that cited for *Juglans neotropica* (35 %) (López and Piedrahita, 1998), but lower for those registered by CATIE (1999) in fresh seeds of *J. neotropica* (80-90 %): 100 % was registered by Quintero-García and Jaramillo-Villegas (2012), and 80 %, by Gómez, (2002 quoted in Quintero-García and Jaramillo-Villegas, 2012) for the same species. It also came lower than the value reported for *J. regia* under nursery production conditions (80%) and with pregerminative treatments (85-95 %) (Vahdati and Hoseini, 2005).

The comparison between germination percentages must be taken with reservations, given that, in many of the referred works, values were obtained after the biological material was subjected to pregerminative treatments. It is noteworthy that *J. pyriformis* seeds (Figure 4) are cataloged as sub-orthodox, i.e., their storage periods must be short due to their high content of lipids (Rojas, 1995). Nevertheless, the percentages for both populations in the present study are high without any treatment; this is attributed to the fact that the seeds were sown immediately after they were collected, and therefore their germinative vigor had not diminished due to the passage of time.

Plant quality

The seedlings obtained from germinated seeds from Coatepec



A) Fruto, B) Pudrición de Fruto, C) Semilla, D) Siembra de semilla en tubete y E) Germinación.
 A) Fruit, B) Rotting of the fruit, C) Seeds, D) Seeds sown in tubes, and E) Germination.

Figura 4. Obtención y establecimiento de semilla de *Juglans pyriformis* Liebm. en vivero.
 Figure 4. Collection and establishment of nursery-grown *Juglans pyriformis* Liebm. seeds.

planta alta, entre ellos el árbol 7, cuyo índice fue de 0.961, que correspondió al más alto para esta población, el resto de los individuos (15) se catalogaron con calidad media (Cuadro 5).

had a Dickson's Index (DI) of >0.500, and were therefore classified as high quality. Tree No. 9 stands out with an index of 2.081. Seedlings from Coacoatzintla seeds attained a high

Cuadro 5. Calidad de planta y árboles de procedencia de la semilla de las poblaciones de Coatepec (CT) y Coacoatzintla (CC).

Población	Calidad	ID	Árbol
CT	Alta	0.592-2.081	Todos
CC	Alta	0.505-0.961	1, 7, 10, 14 y 18
	Media	0.347-0.476	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19 y 20

Table 5. Quality of the seedlings and trees from the seeds of the populations of Coatepec (CT) and Coacoatzintla (CC).

Population	Quality	DI	Tree
CT	High	0.592-2.081	All
CC	High	0.505-0.961	1, 7, 10, 14 y 18
	Medium	0.347-0.476	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19 y 20



La valoración de la planta mediante el índice de Dickson es de gran importancia, ya que pronostica la sobrevivencia y crecimiento en campo de las plantas, al integrar variables morfológicas de altura y diámetro con peso de la planta, mismas que mantienen una interacción altamente significativa, por lo que a valores mayores de índice, la calidad de la planta es mejor (Dickson *et al.* 1960; Olivo y Buduba, 2006; Rodríguez, 2008; Rueda *et al.* 2012).

Los valores de *J. pyriformis* son comparables a los documentados por Rueda *et al.* (2012) para cinco especies de pino (*Pinus devoniana* Lindl., *P. oocarpa* Schiede ex Schltdl., *P. greggii* Engelm. ex Parl. y *P. pseudostrabus* Lindl., *Pinus douglasiana* Martínez) y diez de selva (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Roseodendron donell-smithii* (Rose) Miranda, *Tabebuia rosea* (Bertol) DC., *Eucalyptus globulus* Labill., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg., *Cupressus lusitanica* Mill., *Cedrela odorata*), producidas en ocho viveros forestales de Jalisco, bajo el sistema de tecnificado.

La calidad de planta producida en los viveros de Michoacán es comparable con la obtenida para *J. pyriformis*; por ejemplo, *P. michoacana* presentó ID entre 0.59 y 4.1 y fue calificada como alta; en *P. greggii*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrabus* se tuvo calidad media (ID 0.21 a 0.32); *P. greggii* obtuvo los ID más bajos (0.13), considerada calidad baja (Saenz *et al.*, 2010).

Al comparar la calidad de planta (ID) de las especies antes mencionadas, con los valores de ID determinados para *J. pyriformis*, es posible afirmar que, siempre y cuando sea llevada a condiciones edáficas y climáticas similares a las del lugar de origen, podrá sobrevivir y desarrollarse adecuadamente. Lo anterior evidencia la importancia que tiene, tanto conocer a priori las condiciones del sitio donde será plantada como determinar la calidad de la planta antes de salir del vivero.

Selección de árboles semilleros

A partir de que los árboles semilleros deben tener características sobresalientes y que los porcentajes de germinación y vigor de sus semillas sean altos (Poulsen, 2000); además de, que las plántulas producidas en vivero requieren tener características morfológicas apropiadas al sitio de plantación, para que sobrevivan y tengan buen desarrollo (Rodríguez, 2008), se definieron dos categorías en la selección de los árboles semilleros de *J. pyriformis*, bajo los siguientes criterios:

Categoría I: árboles clase 1, con un vigor germinativo o Índice de Czabator (VG \geq 0.34) equivalente a PG % \geq 75) e Índice de Dickson (ID \geq 0.5) por árbol/población.

Categoría II: árboles clase 1 o clase 2, con un vigor germinativo bajo o medio (<0.169; 0.170-0.340, respectivamente) e índice de Dickson bajo o medio (<0.2; 0.2-0.4, respectivamente).

and a medium quality; five trees stand out for their high plant quality, including tree No. 7, which had an index of 0.961--the highest among this population--, while the rest of the individuals (15) were classified as medium quality (Table 5).

The assessment of the plants using Dickson's index is highly important, as it predicts the in-field survival and growth, by integrating morphological variables of height and diameter with the weight of the plant, all of which maintain a highly significant interaction; thus, the higher the index, the better the plant (Dickson *et al.* 1960; Olivo and Buduba, 2006; Rodríguez, 2008; Rueda *et al.* 2012).

The records for *J. pyriformis* are comparable to those documented by Rueda *et al.* (2012) for five pine species (*Pinus devoniana* Lindl., *P. oocarpa* Schiede ex Schltdl., *P. greggii* Engelm. ex Parl. and *P. pseudostrabus* Lindl., *Pinus douglasiana* Martínez) and 10 rainforest species (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Roseodendron donell-smithii* (Rose) Miranda, *Tabebuia rosea* (Bertol) DC., *Eucalyptus globulus* Labill., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg., *Cupressus lusitanica* Mill., *Cedrela odorata*), produced in eight forest nurseries in Jalisco under a technified production system.

The quality of the nursery-grown plants of Michoacán is comparable to that obtained for *J. pyriformis*. For example, *P. michoacana* had a DI between 0.59 and 4.1 and was rated as high; in *P. greggii*, *P. oocarpa* and *P. pseudostrabus*, a medium quality was obtained (ID 0.21 to 0.32), while *P. greggii* had the lowest DI (0.13), rated as low quality (Saenz *et al.*, 2010).

After comparing the plant quality (DI) of the species mentioned above with the DI values determined for *J. pyriformis*, it may be said that, as long as it is grown in similar edaphic and climatic conditions to those of its place of origin, it will be able to survive and develop properly; this shows the importance of having a priori knowledge of the conditions into which it will be planted and of determining the quality of the plant before it leaves the nursery.

Seed tree selection

Based on the facts that seed trees must have outstanding characteristics, that the germination percentages and vigor of their seeds must be high (Poulsen, 2000), and that the seedlings produced in the nursery must have morphological characteristics suitable for the plantation site in order to survive and develop properly (Rodríguez, 2008), two categories were defined in the selection of *J. pyriformis* seed trees, under the following criteria:

Cuadro 6. Árboles semilleros de *Juglans pyriformis* Liebm. categoría I y II para las poblaciones de Coatepec (CT) y Coacoatzintla (CC).

Coatepec																				
Categoría I										Categoría II										
Clase	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VG	0.57	0.45	0.45	0.43	0.40	0.40	0.38	0.35	0.34	0.25	0.24	0.19	0.17	0.61	0.57	0.38	0.33	0.32	0.27	0.27
ID	1.31	1.18	0.84	1.17	1.49	1.46	0.80	1.28	1.26	1.50	1.16	1.13	1.35	208	0.88	0.92	1.19	0.89	1.05	0.59
Núm. árbol	7	10	1	14	15	17	5	20	4	12	2	13	6	9	8	19	16	3	18	11

Coacoatzintla																				
Categoría I										Categoría II										
Clase	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
VG	0.56	0.52	0.68	0.57	0.54	0.47	0.29	0.28	0.10	0.60	0.42	0.38	0.37	0.37	0.34	0.21	0.18	0.17	0.13	0.07
ID	0.60	0.52	0.37	0.45	0.35	0.47	0.87	0.43	0.42	0.51	0.42	0.37	0.37	0.47	0.42	0.37	0.44	0.96	0.45	0.48
Núm. árbol	14	10	12	8	2	19	1	9	3	18	5	11	13	16	20	15	6	7	4	17

Para las poblaciones de Coatepec, de las columnas 1 a la 9 pertenecen a la Categoría I y de la columna 10 a la 20 a la Categoría II. Para las de Coacoatzintla, únicamente las columnas 1 y 2 se clasifican en la Categoría I y las demás en la Categoría II.

Table 6. Category I and II *Juglans pyriformis* Liebm. seed trees within the populations Coatepec (CT) and Coacoatzintla (CC).

Coatepec																				
Category I										Category II										
Class	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
GV	0.57	0.45	0.45	0.43	0.40	0.40	0.38	0.35	0.34	0.25	0.24	0.19	0.17	0.61	0.57	0.38	0.33	0.32	0.27	0.27
DI	1.31	1.18	0.84	1.17	1.49	1.46	0.80	1.28	1.26	1.50	1.16	1.13	1.35	208	0.88	0.92	1.19	0.89	1.05	0.59
No. of trees	7	10	1	14	15	17	5	20	4	12	2	13	6	9	8	19	16	3	18	11

Coacoatzintla																				
Category I										Category II										
Class	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
GV	0.56	0.52	0.68	0.57	0.54	0.47	0.29	0.28	0.10	0.60	0.42	0.38	0.37	0.37	0.34	0.21	0.18	0.17	0.13	0.07
DI	0.60	0.52	0.37	0.45	0.35	0.47	0.87	0.43	0.42	0.51	0.42	0.37	0.37	0.47	0.42	0.37	0.44	0.96	0.45	0.48
No. of trees	14	10	12	8	2	19	1	9	3	18	5	11	13	16	20	15	6	7	4	17

For the populations of Coatepec, columns 1 to 9 belong to Category I and from 10 to 20 to Category II. For those of Coacoatzintla, only columns 1 and 2 are classified into Category I and the rest into Category II.

Con base en estos criterios se identificaron nueve árboles semilleros potenciales en la población de Coatepec y dos en Coacoatzintla, agrupados en la Categoría I, el resto pertenecen a la Categoría II (Cuadro 6).

Category I: Class 1 trees, with a germinative vigor or Czabator's Index ($GV \geq 0.341$) equivalent to GP % ≥ 75 and a Dickson's Index (DI) equal to or above 0.5 per tree/population.

De acuerdo con los criterios de Samaniego (2002), los individuos de *J. pyriformis* Clase 1 son fenotípicamente sobresalientes, por lo que pueden ser considerados árboles semilleros. Sanjuanbenito y Ramírez (2007) mencionan que la semilla colectada a partir de árboles sobresalientes puede destinarse al establecimiento de plantaciones comerciales, mejoramiento genético y programas de conservación y reforestación. Los árboles Clase 2, cuentan con algunas características fenotípicas sobresalientes, pero presentan bifurcación superior y la dominancia del eje principal es parcial (Samaniego, 2002; Sanjuanbenito y Ramírez, 2007); su semilla se utilizaría en programas de conservación y protección.

Las poblaciones de *Juglans pyriformis* localizadas en Coatepec y Coacoatzintla tienen características suficientes para ser fuentes semilleras: son accesibles, los árboles presentan buen estado fitosanitario y cuentan con suficientes individuos maduros para la colecta de semilla. El germoplasma procedente de los árboles clasificados en dentro de la Categoría I se pueden usar en la producción de planta para el establecimiento de plantaciones comerciales, mejoramiento genético y programas de conservación y reforestación. La semilla de los árboles pertenecientes a la Categoría II, se emplearían para obtener planta dirigida a programas de conservación y protección, tanto de ecosistemas como de suelos.

Para su manejo, es importante implementar un programa de conservación, en el cual *Juglans pyriformis* sea considerada no sólo desde la perspectiva económica, sino también desde la ecológica, como un componente de la estructura y funcionalidad del bosque mesófilo de montaña. Dicho programa debe atender las condiciones locales y integrar la participación coordinada de los sectores involucrados e interesados, a fin de ser sustentable y garantizar la permanencia de la especie.

Conclusiones

En la población de Coatepec se identifican un número mayor de árboles con características fenotípicas sobresalientes para ser seleccionados como árboles semilleros. De igual forma, la calidad de semilla tiene un potencial germinativo más alto, y la plántula presenta calidad alta.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó con financiamiento PROMEP/103.5/12/ 4543 con cargo al Proyecto de Apoyo a la Reincorporación de Exbecarios "Bases para la conservación *in situ* de *Juglans pyriformis*: una especie en peligro de extinción". A dueños de predios de Coatepec y Coacoatzintla que dieron permiso para la colecta de semilla de *Juglans pyriformis*.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Category II: Class 1 or Class 2 trees, with a low or medium germinative value (<0.169 ; $0.170-0.340$, respectively) and a low or medium Dickson's Index (<0.2 ; $0.2-0.4$, respectively).

Based on these criteria, nine potential seed trees in the population of Coatepec and two in Coacoatzintla were identified as belonging to Category I; the rest pertain to Category II (Table 6).

According to the criteria of Samaniego (2002), Class 1 *J. pyriformis* individuals are phenotypically outstanding and therefore may be regarded as seed trees. Sanjuanbenito and Ramírez (2007) mention that the seed collected from the outstanding trees can be destined to the establishment of commercial plantations, genetic enhancement and conservation and reforestation programs. Class 2 trees have certain outstanding phenotypic characteristics, but they exhibit high forking and a partial dominance of the main axis (Samaniego, 2002; Sanjuanbenito and Ramírez, 2007); their seeds can be utilized in conservation and protection programs.

Populations localized in Coatepec and Coacoatzintla have sufficient characteristics that make them sources of seeds: they are accessible, and the trees they contain have a good phytosanitary status and include sufficient mature individuals for seed collection. The germoplasm from trees classified within Category I can be used to produce seedlings for the establishment of commercial plantations, genetic enhancement and conservation and reforestation programs. The seeds of Category II trees can be used to grow seedlings for programs for the conservation and protection of soils and ecosystems.

In order to manage them, it is important to implement a conservation program in which *Juglans pyriformis* may be considered as a component of the structure and functionality of the Montane Cloud Forest, not only from an economic perspective but also from the ecologic point of view. Such a program must address the local conditions and integrate the coordinated participation of the involved sectors so as to be sustainable and ensure the permanence of the species.

Conclusions

A larger number of trees with outstanding phenotypic characteristics for selection as seed trees were identified in the population of Coatepec. Likewise, the seed quality in this population has a higher germinative potential, and the seedlings are of a high quality.

Acknowledgements

The present work was made possible thanks to the PROMEP/103.5/12/ 4543 funding provided by the Support for the *Proyecto de Apoyo para la Reincorporación de Exbecarios, "Bases para la conservación in situ*

Contribución por autor

Enice Ortiz Muñoz: trabajo en campo, análisis de datos y redacción del manuscrito; Celia Cecilia Acosta Hernández: participación en las fases de campo, análisis de datos, dirección del proyecto, gestión de los recursos financieros, redacción del documento; Pascual Linares Márquez: redacción y revisión del manuscrito; Zoylo Romero Morales: análisis estadístico de los datos; Virginia Rebolledo Camacho: asesoría en el análisis de datos y redacción del manuscrito.

Referencias

- Acosta-Hernández, C. C., M. Luna-Rodríguez, J. C. Noa-Carranza, J. Galindo-González, S. M. Vázquez-Torres, Z. Morales-Romero y L. G. Iglesias-Andreu. 2011a. Caracterización morfológica y dasométrica de la especie amenazada *Juglans pyriformis* Liebm. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17(1):59-67.
- Acosta-Hernández, C. C., M. Luna-Rodríguez, P. Octavio-Aguilar, Z. Morales-Romero, J. Galindo-González, J. C. Noa-Carranza, S. M. Vázquez-Torres y L. G. Iglesias-Andreu L. 2011b. Efecto del aprovechamiento forestal sobre la variación morfológica de *Juglans pyriformis* Liebm. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17(3):379-388.
- Aletà, N., A. Ninot y J. Voltas. 2003. Caracterización de doce genotipos de *Juglans* spp en dos localidades de Cataluña. Investigación Agraria: Sistemas Agroforestales 12(1): 29-50.
- Aletà, N., A. Vilanova, R. Díaz y J. Voltas. 2009. Comportamiento de 24 progenies de nogal común (*Juglans regia* L.) para su uso en la producción de madera. Resultados hasta sexto año de crecimiento. V Congreso Forestal Español. 21-25 de septiembre de 2009. Ávila, España. 12 p.
- Carrillo S., A. y J. Ávila G. 1979. Colecta y rendimiento de semillas de coníferas-Estimación en función de peso de conos. Ciencia Forestal 20(4): 13-31.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1999. *Juglans neotropica* Diels. Centro agronómico de Costa Rica. Nota técnica sobre semillas forestales Núm.82. Turrialba, Costa Rica. pp. 1-2.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2008. Expedientes de los proyectos autorizados por el PRODEPLAN 1997-2008. Gerencia Nacional de Plantaciones. PRODEPLAN. Comisión Nacional Forestal. Jalapa, Ver., México. s/p.
- Dickson, A., A. L. Leaf and J. F. Hosner. 1960. Quality appraisal of White spruce and White pine seedling stock in nurseries. The Forestry Chronicle 36(1): 10-13.
- Jardel P., E. 2006. Viejos y nuevos problemas en el sector forestal en México. Instituto Manantlan de Ecología y Conservación de la Biodiversidad. Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guanajuato. Autlán de Navarro, Jal., México. 12 p.
- López, J. y E. Piedrahita. 1998. Tratamientos pregerminativos aplicados a la semilla de Cedro negro (*Juglans neotropica*) para reducir su periodo de germinación. In: Salazar, R. (coord.). 1999. II Simposio sobre avances en la producción de semillas forestales en América Latina. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. pp. 191-200.
- Luna V., I., O. Alcántara A., R. Contreras-Medina and A. Ponce V. 2006. Biogeography, current knowledge and conservation of threatened vascular plants characteristic of Mexican temperate forests. Biodiversity and Conservation 15(12): 3773-3799.
- Narave, F. H. 1983. La familia Juglandaceae en Veracruz. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz. 30 p.
- Olivo, V. B y C. G. Buduba. 2006. Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. Bosque 27(3): 267-271.

Juglans pyriformis: una especie en peligro de extinción"), "Bases for the *in situ* preservation of *Juglans pyriformis*, an endangered species" Project for the Reincorporation of Former Grantees). The authors wish to express, too, our gratitude to those plot owners in Coatepec and Coacoatzintla who gave us permission to collect *Juglans pyriformis* seeds.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Contribution by author

Enice Ortiz Muñoz: field work, data analysis and writing of the paper; Celia Cecilia Acosta Hernández: support in field work, data analysis, leadership of the project, negotiation of financial resources, writing of the manuscript; Pascual Linares Márquez: writing and review of the manuscript; Zoylo Romero Morales: statistical analysis of the data; Virginia Rebolledo Camacho: advice on data analysis and writing of the manuscript.

End of the English version



- Piedrahita C., E. 1998. Aumento del vigor en semillas de *Pinus patula* (Schlecht. y Cham.) por el efecto de osmocondicionamiento. Crónica forestal y del Medio Ambiente 13(1):1-20.
- Poulsen, K. M. 2000. Calidad de la semilla: concepto, medición y métodos para incrementar la calidad. In: Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (coord.). Técnicas para la germinación de semillas forestales. Proyecto de semillas Forestales. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico Núm. 39. Turrialba, Costa Rica. pp. 1-15.
- Quintero-García, O. D. y S. Jaramillo-Villegas. 2012. Rescate y germinación *in vitro* de embriones inmaduros de cedro negro (*Juglans neotropica* Diels). Acta Agronómica 61(1): 52-60.
- Rodríguez T., D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi Prensa. México, D.F., México. 156 p.
- Rojas R., F. 1995. Almacenamiento y manejo del contenido de humedad en semillas forestales tropicales: principios y procedimientos. In: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (ed.). Curso regional sobre recolecta y procesamiento de semillas forestales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp. 57-66.
- Rueda S., A., J. D. Benavides S., J. A. Prieto-Ruiz, J. T. Sáenz-Reyes, G. Orozco-Gutiérrez y A. Molina C. 2012. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 3(14): 69-82.
- Sáenz R., J. T., F. J. Villaseñor R., H. J. Muñoz F., A. Rueda S. y J. A. Prieto R. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico Núm. 17. Sagarpa-Inifap-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich., México. 48 p.
- Salazar, R. y D. Boshier. 1989. Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales prioritarias en América Central. Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple (MADELEÑA). Madeleña/Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Serie técnica Núm.148. Turrialba, Costa Rica. 80 p.
- Samaniego, R. C. 2002. Las fuentes semilleras y semillas forestales nativas en el austro ecuatoriano: participación social en el manejo. Fundación Ecológica Condesur. Loja, Ecuador. 14 p.
- Sanjuanbenito, G. P. y M. D. Ramírez-Cárdenas. 2007. Fuentes semilleras de la comunidad de Madrid. Serie técnica de medio natural Núm. 2. Madrid, España. 194 p.

Servicio Meteorológico Nacional. Normales Climatológicas 2014a. Estado de Veracruz. Estación Meteorológica Coatepec, Veracruz periodo 1981-2010. Conagua. http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=164:veracruz&catid=14&Itemid=2 (14 de febrero de 2014).

Servicio Meteorológico Nacional. Estación Meteorológica. 2014b. Estado de Veracruz. Estación Meteorológica Naalincó de Victoria, Veracruz periodo 1981-2010. Conagua. http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=164:veracruz&catid=14&Itemid=2 (14 de febrero de 2014).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010. Segunda edición. México, D.F., México. 78 p.

Vahdati, K. and S. H. Hoseini. 2005. Introducing an innovative procedure for large commercial seed lots stratification in persian walnut. *Acta Horticulturae* 705: 355-357.

