



Caracterización y escarificación de semillas de *Bursera glabrifolia* Kunth colectadas de diferentes árboles semilleros

Rodríguez-Vásquez, Marcos Emilio; Rodríguez-Ortiz, Gerardo; Enríquez-del Valle, José Raymundo; Velasco-Velasco, Vicente Arturo; Ramírez-Sánchez, Susana Elizabeth

Caracterización y escarificación de semillas de *Bursera glabrifolia* Kunth colectadas de diferentes árboles semilleros *CIENCIA ergo-sum*, vol. 25, núm. 2, julio-octubre 2018 | e16

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Rodríguez-Vásquez, M. E., Rodríguez-Ortiz, G., Enríquez-del Valle, J. R., Velasco-Velasco, V. A., Ramírez-Sánchez, S. E. (2018). Caracterización y escarificación de semillas de *Bursera glabrifolia* Kunth colectadas de diferentes árboles semilleros. *CIENCIA ergo-sum*, 25(2). <https://doi.org/10.30878/ces.v25n2a6>



Caracterización y escarificación de semillas de *Bursera glabrifolia* Kunth colectadas de diferentes árboles semilleros

Characterization and scarification of *Bursera glabrifolia* Kunth seeds collected from seed trees

Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México
erodriguez-v@hotmail.com

Recepción: 04 de abril de 2017
Aprobación: 05 de septiembre de 2017

Gerardo Rodríguez-Ortiz
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México
grodriguez.itvo@yahoo.com

José Raymundo Enríquez-del Valle
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México
jenriquezdelvalle@yahoo.com

Vicente Arturo Velasco-Velasco
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México
vicvel5@hotmail.com

Susana Elizabeth Ramírez-Sánchez
Universidad Autónoma Metropolitana, México
elyras@hotmail.com

RESUMEN:

Bursera glabrifolia Kunth es una especie de difícil reproducción debido a la latencia exógena en semillas y a las condiciones de suelo y clima. Con esta premisa, se evalúa la escarificación mediante la eficiencia germinativa de semillas de árboles selectos de copal blanco. Durante 2014 se colectaron y caracterizaron grupos de 75 semillas, que se sometieron a inmersión en acetona 99.5%, Coca-Cola® y excremento de cacomixtle (*Bassariscus sumichrasti*), posteriormente enjuague y lijado. Se encontró variabilidad para tamaño y número de semillas kg⁻¹: la inmersión en Coca-Cola® obtuvo 66% de periodo de energía (PE) a los nueve días (mayor vigor), contrario al de acetona con 11.33% y 34 días. Los resultados muestran la conveniencia de seleccionar árboles semilleros y escarificación química para acelerar la germinación, una alternativa para propagar la especie.

PALABRAS CLAVE: energía germinativa, escarificación, selva baja caducifolia, tamaño de semilla.

ABSTRACT:

Bursera glabrifolia Kunth, a species of difficult reproduction due to exogenous dormancy in seeds and soil and climate conditions. The objective was to evaluate the germinative efficiency of seeds of select white copal trees. During 2014, groups of 75 seeds were collected and characterized; submerged in 99.5% acetone, Coca-Cola® gaseous drink and cacomixtle (*Bassariscus sumichrasti*) excrement, then rinsed and sanded. Variability was found for size and number of seeds kg⁻¹; the immersion in Coca-Cola® obtained 66% of energy period (EP) at nine days (greater vigor); contrary to acetone with 34 days and 11.33% EP. Results show the convenience of selecting tree seeds and chemical scarification to accelerate germination, an alternative to propagate the specie.

KEYWORDS: germination energy, scarification, tropical deciduous forest, seed size.

INTRODUCCIÓN

La selva baja caducifolia (SBC) es el tipo de vegetación que predomina en la región tropical estacionalmente seca de Oaxaca (Gallardo-Cruz *et al.*, 2005; Meave *et al.*, 2012). La estructura vegetal, la composición

florística y los procesos dinámicos de la SBC varían local y regionalmente de acuerdo con la disponibilidad de agua (Trejo y Dirzo, 2002; Segura *et al.*, 2003; Gallardo-Cruz *et al.*, 2009).

Las amplias variaciones edáficas permiten la coexistencia de diversas formaciones vegetales en el mismo paisaje (Sarukhán *et al.*, 2009; Gallardo-Cruz *et al.*, 2010; Hernández-Pérez *et al.*, 2011). En condiciones de poca disponibilidad de agua y nutrientes escasos, se presentan suelos más someros, es decir, la vegetación es más baja y caducifolia (Pérez-García *et al.*, 2010). Estas condiciones dificultan la reproducción natural de *Bursera glabrifolia* Kunth, que forma parte de un tipo de vegetación cuya resiliencia ha sido rebasada por el impacto de actividades humanas no planificadas, tales como el cambio de uso de suelo para actividades agrícolas, ganadería extensiva y la extracción y saqueo intensivo de madera de dicha especie para la elaboración de artesanías conocidas comoalebrijes (Purata *et al.*, 2004; Hernández-Apolinar *et al.*, 2006; Peters, 2011; Balvanera, 2012). La explotación de su resina y aceite esencial ha ocasionado una sobreexplotación, la cual la posiciona en extinción local (Trejo y Dirzo, 2000; Peters *et al.*, 2003; Linares y Bye, 2008). Ante la magnitud de la deforestación de esta selva baja, es urgente la propagación de sus especies nativas (Bonfil-Sanders *et al.*, 2008).

Se considera que una semilla ha germinado cuando se observa la radícula (Rodríguez *et al.*, 2008), o cuando alcanza una longitud mayor a 3 mm (ISTA, 2006). Sin embargo, algunas características intrínsecas de las semillas también pueden influir en su respuesta germinativa (Enríquez-Peña *et al.*, 2004; Coa-Urbaz *et al.*, 2014). El tamaño de las semillas en una especie puede variar entre poblaciones o entre individuos, ya sea por diferencias genéticas, o porque tienen mayor reserva de nutrientes (Flores y Jurado, 2011) o por diferencias en la historia de vida de cada planta (Barbour *et al.*, 1999), por ejemplo que las semillas grandes tienen una capacidad superior a las pequeñas para germinar y que la plántula emerja del suelo cuando están enterradas (Brown *et al.*, 2003).

Muchas semillas viables son incapaces de germinar inmediatamente después de madurar, aunque se les coloque en condiciones favorables para la germinación (Doria, 2010; Martínez *et al.*, 2013; Coa-Urbaz *et al.*, 2014;). Es decir, los porcentajes de germinación siempre serán bajos (menores a 50%) (Andrés y Espinoza, 2002). Esta característica es denominada latencia o germinación diferida, y una de sus causas es la impermeabilidad del tegumento (Sanabria *et al.*, 2004), o bien latencia exógena o de cubierta (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006; Moreno *et al.*, 2013). Este letargo termina en el momento en que esta cubierta se agrieta o debilita por acciones mecánicas o químicas o por efecto del ambiente (Madueño *et al.*, 2006).

Para coleccionar semillas con fines de propagación para el establecimiento de plantaciones forestales, es conveniente seleccionar progenitores fenotípicamente sobresalientes en rodales naturales de la especie de interés. Luego, para determinar la calidad genética de los árboles seleccionados, como base para iniciar programas de mejoramiento genético en la especie, se requiere evaluar el método de germinación y crecimiento de plantas en vivero, campo experimental y evaluaciones dasométricas en estado adulto de la progenie en función de las procedencias (Viveros-Viveros *et al.*, 2005, 2006; Muñoz-Flores *et al.*, 2011).

De acuerdo con lo expuesto, el objetivo fue caracterizar semillas provenientes de nueve ejemplares fenotípicamente seleccionados de copal blanco (*Bursera glabrifolia* Kunth); asimismo, evaluar tres diferentes tratamientos de escarificación mediante la eficiencia germinativa de semillas en condiciones de laboratorio. Se plantea como hipótesis que la eficiencia germinativa de *Bursera glabrifolia* Kunth se mejora al escarificar sus semillas con la bebida gaseosa Coca-Cola®.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1. 1. Colecta y manejo de semillas

De octubre a noviembre de 2014 se realizaron recorridos de campo para la colecta de semillas en la comunidad de Santo Tomás Jalieza, Distrito de Ocotlán, en Oaxaca, México. El área se ubica entre 16° 50' y 16° 55' LN, 96° 40' y 96° 35' LO a una altitud de 1 500 m (Hernández-Sánchez, 2010), donde predominan suelos someros con grado elevado de erosión, característicos de la selva baja caducifolia, con precipitación pluvial de 688 mm en verano y temperatura media anual de 20 °C (Hernández-Sánchez, 2010). Se ubicaron con GPS nueve árboles en etapa reproductiva, ya que fueron los únicos que cumplieron las características de mejor fenotipo, visiblemente sanos y vigorosos, de los que se colectaron semillas.

Las semillas se llevaron al laboratorio del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca para su procesamiento, las cuales se conservaron separadas en bolsas de papel de acuerdo con sus progenitores. En promedio se incluyeron 75 semillas por progenitor para evaluar sus características morfológicas: diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP), coeficiente de forma (DE/DP), peso por semilla, peso de una muestra (12 semillas) y número de semillas por kilogramo; también, se midió la tonalidad del color (visualmente con la tabla de colores Munsell) y el tamaño (utilizando categorías para el diámetro ecuatorial). Las semillas se midieron con un Vernier Pretul y se pesaron con una balanza analítica marca Shimadzu, modelo ATY224, con precisión de ± 0.1 mg.

1. 2. Ensayo de germinación de semillas sometidas a escarificación

Del total de semillas colectadas en cada uno de los nueve árboles progenitores se separaron en submuestras para someterlas a tres condiciones de escarificación, que consistieron en inmersiones durante 24 h en *a*) acetona a 99.5%, *b*) bebida gaseosa de nombre comercial Coca-Cola® clásica y *c*) excremento de cacomixtle (*Bassariscus sumichrasti*) inmerso por 24h (el cacomixtle es un mamífero de la familia de los prociónidos, se alimenta de los frutos del copal blanco y dispersa sus semillas a través de su excremento). No fue necesaria la inclusión de un testigo, ya que la latencia existente en semillas de copal blanco se comprobó mediante experimentos previos.

Posterior a la inmersión en la correspondiente condición pregerminativa, las semillas se enjuagaron durante un minuto en agua circulante y se lijaron (el lijado se realizó para retirar la capa impermeable; sin embargo, esta práctica por sí sola muestra porcentajes bajos de germinación con 14%, al igual que sin tratar con 17.8%, establecido por Bonfil-Sanders *et al.*, 2008). Después se colocaron ocho semillas en cada caja Petri de plástico de 60 x 15 mm con una capa de 2 mm de espesor de algodón húmedo como base. Los recipientes con semillas se colocaron durante 34 días en una cámara de incubación marca Beschickung/Loading-modell 100-800 Memmert Experts in Thermostatics, en la que se programó una temperatura constante de 25 °C en completa oscuridad, ya que estas especies necesitan de temperaturas elevadas (25-35 °C) para germinar (Andrés y Espinoza, 2002). Los resultados muestran 27 tratamientos (nueve árboles, tres condiciones de escarificación).

Durante el periodo de incubación se realizaron diariamente tres observaciones cada 4 h a las semillas. Se monitoreó la aparición de radículas a través de las cubiertas seminales como primer indicio visible de la germinación (Nonogaki, 2006), por lo que se consideró a una semilla germinada cuando la radícula emergió de la testa (Rossini-Oliva *et al.*, 2006). Se evaluaron los siguientes indicadores de vigor (Pece *et al.*, 2010b): *a*) energía germinativa (EG), la cual corresponde al porcentaje de germinación diario obtenido al momento en que la tasa de germinación alcanza su máximo valor, *b*) el periodo de energía (PE) se refiere a la cantidad

de días requeridos para alcanzar su máximo valor germinativo (González *et al.*, 2008) y *c*) la velocidad de germinación (VG) representada en número de días y semillas germinadas acumulados (ecuación 1).

$$VG = \frac{N_1 \times G_1 + N_2 \times G_2 + \dots + N_n \times G_n}{G_1 + G_2 + \dots + G_n} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (1)$$

Donde: VG = velocidad de germinación (días), N_i = número de días desde el inicio del ensayo de germinación, G_i = número de semillas germinadas en el día i -ésimo.

1. 3. Análisis estadístico

El experimento se estableció de acuerdo con un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial 3x9 para evaluar dos factores: *a*) tipo de escarificación (inmersión en acetona, Coca-Cola® y excremento de cacomixtle-*Bassariscus sumichrasti*), en tres niveles, y *b*) árbol selecto del que se colectaron semillas, en nueve niveles. De la unidad experimental fueron ocho semillas en cada frasco y se tuvieron tres repeticiones por tratamiento.

En las variables y errores experimentales se probaron los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas con la prueba de Bartlett con el programa computacional SAS (Statistical Analysis System) (SAS Institute Inc., 2004). Los diámetros ecuatorial y polar, así como el coeficiente de forma, no cumplieron los supuestos, por lo que se realizó la transformación, los dos primeros a $\text{Log}_{10}(x)$, mientras que el tercero a $\text{tang}(x)$, de igual manera los porcentajes de germinación. Los datos se sometieron a análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Tukey, 0.05) (Pece *et al.*, 2010a, 2010b). También se realizaron correlaciones entre diversas características de las semillas y análisis de componentes principales con el procedimiento PRINCOMP para la variabilidad en la cantidad de semillas.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2. 1. Caracterización de semillas

La ubicación de los árboles, las variables sobre los árboles y algunas de las características de las semillas se organizaron en el cuadro 1, que fue analizado mediante un cluster de similaridad (gráfica 1).

| Árbol | Coordenadas | | Atributos analizados | | | | | | |
|-------|-------------|---------|----------------------|-------------------------------|---------------|---------|-----------------|--------|-------|
| | x | y | DiamCopa (m) | AreaCopa (m ²) | Altura (m) | Num Sem | Tono Naranja | Tamaño | Forma |
| 1 | 0749021 | 1865419 | 4.82 | 18.25 | 3.39 | 95 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 0748965 | 1865455 | 5.4 | 22.90 | 3.66 | 62 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 0748931 | 1865499 | 7.2 | 40.72 | 5.8 | 48 | 0 | 0 | 1 |
| 4 | 0748926 | 1865521 | 2.78 | 6.07 | 1.33 | 97 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 0748877 | 1865596 | 6.5 | 33.18 | 5.3 | 63 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0748884 | 1865616 | 4.8 | 18.10 | 5.1 | 73 | 1 | 0 | 1 |
| 7 | 0748931 | 1865676 | 6.7 | 35.26 | 3.22 | 79 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | 0749163 | 1865963 | 6.45 | 32.67 | 6.12 | 81 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0749057 | 1865372 | 5.1 | 20.43 | 3.25 | 76 | 0 | 0 | 1 |

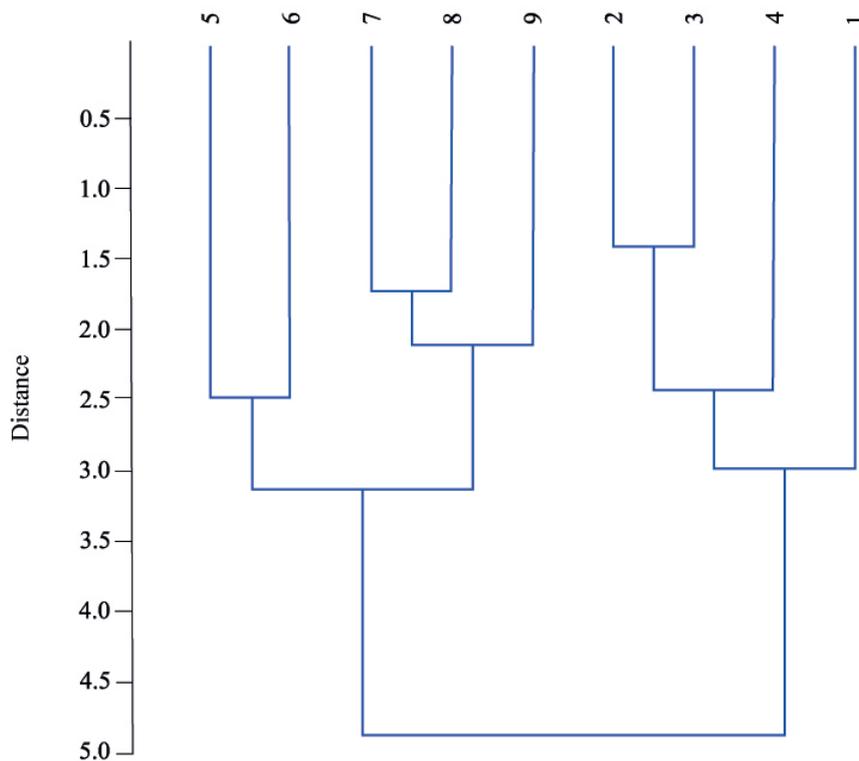
CUADRO 1

Variables registradas de los árboles seleccionados y de las semillas colectadas

Nota: DiamCopa= diámetro de la copa del árbol, AreaCopa= área de la copa, Altura = altura del árbol, NumSem = número de semillas colectadas de ese árbol, TonoNaranja: tono naranja de las semillas (medio = 0 y fuerte = 1), Tamaño: tamaño de las semillas (0.30 a 0.50 mm = 0 y ≥ 0.50 mm = 1, Forma = forma de las semillas (elíptica = 0 (≤ 0.75) y alargadas = 1 (≤ 0.75)).

Fuente: elaboración propia.

El diagrama de la gráfica 1 muestra tres grupos de árboles con similitudes (2 y 3, 7 y 8, 5 y 6) al comparar las características físicas observadas en campo. Con lo obtenido en esta gráfica y los datos registrados se puede observar que los árboles con características deseables son el 7 y el 8; sin embargo, las características que se obtienen en los otros dos grupos pueden ser tomadas en cuenta para reproducir la especie, y éstos grupos podrían ser los elegidos en lo sucesivo. Cabe mencionar que los muestreos se realizaron a diferentes altitudes, desde 1 577 m para el árbol 9 hasta 1 704 m para el árbol 7, por lo que se puede apreciar que existen las variaciones que se muestran en el diagrama (gráfica 1), que son factibles de ser aprovechadas para seleccionar árboles con características apreciadas.



GRÁFICA 1

Diagrama de distancias con base en las variables registradas de árboles y algunas características de las semillas mostradas en el cuadro 1

Fuente: elaboración propia.

Las similitudes y diferencias encontradas en el diagrama de la gráfica 1 concuerdan con las mediciones de las semillas. En el caso del árbol 1, que se encuentra separado del resto, es porque tiene valores completamente distintos de los otros árboles, cuyas características son aceptables para ser considerado un buen ejemplar. En cuanto a las semillas de los árboles 7 y 8 no hay diferencia significativa en las variables registradas de las semillas, lo que explica la agrupación en el diagrama mostrado en la gráfica 1, y además presentaron mejores características visibles que el árbol 1, lo que los hace candidatos para futuras colectas. Respecto a los diámetros ecuatoriales registrados en las semillas de los árboles 2 y 3, son muy similares (4.2 a 4.0 mm), a pesar de mostrar diferencias estadísticamente. En lo que se tiene similitud, sin mostrar diferencia significativa, es en el peso de la semilla y el número de semillas kg^{-1} . En lo que respecta a los árboles 5 y 6 sólo presentan diferencias en el peso de las semillas; sin embargo, sus características físicas fueron menos apreciadas que las de los árboles 7 y 8.

Por otro lado, las semillas de *Bursera glabrifolia* Kunth colectadas de los diversos árboles presentaron diferencias ($p = 0.0001$) en su diámetro ecuatorial, pues las semillas colectadas del árbol 1 y las del árbol 3 midieron 5.9 ± 0.5 y 4.0 ± 0.3 mm, respectivamente, magnitudes diferentes de modo significativo (Tukey, 0.05). Las semillas colectadas de los árboles 5 y 6 tuvieron 7.5 mm de diámetro polar, magnitud significativamente (Tukey, 0.05) superior a los 5.5 mm de diámetro que tuvieron las semillas colectadas del árbol 3 (cuadro 2). Estas características presentan la misma tendencia con las reportadas por Castelán-Lorenzo y Arteaga-Martínez (2009) y Quinto *et al.* (2009).

También las semillas colectadas de los diversos progenitores se caracterizaron por tener variación en su coeficiente de forma (CF), valores alejados de la unidad representan formas alargadas y valores de CF cercanos a 1, formas esféricas, aunque también se pueden encontrar formas irregulares. Estas características fueron descritas por Reyes-Bautista y Rodríguez-Trejo (2005), Martínez *et al.* (2008) y Lovey *et al.* (2010).

Las semillas colectadas del árbol 1 tuvieron forma más cercana a la esfericidad (0.88 ± 0.05) y las semillas colectadas del árbol 7 fueron de forma más alargada ($CF = 0.60 \pm 0.07$), las cuales fueron estadísticamente diferentes ($p = 0.0001$) (cuadro 2) y que concuerda con Vadillo *et al.* (2004) de que las semillas adoptan formas variables; dado estos resultados, podrían referirse a la perturbación climática e incluso humana del sitio.

El tamaño de la semilla tiene efecto en su capacidad germinativa (Huerta-Paniagua y Rodríguez-Trejo, 2011), la sobrevivencia de la plántula (Franco-Mora *et al.*, 2010) y el desarrollo posterior del árbol joven (Bonfil y Trejo, 2010). Las semillas colectadas del árbol 6 pesaron en promedio 0.10 g, cantidad significativamente superior (Tukey, 0.05) a los 0.06 g que pesaron las semillas colectadas de los árboles 2, 3 y 9.

Debido a que las semillas colectadas de los árboles 2 y 3 fueron pequeñas, se tuvo mayor cantidad de semillas kg^{-1} (a correspondencia $15\,671 \pm 1\,141$ y $16\,011 \pm 920$), cantidades significativamente (Tukey, 0.05) mayores a las $9\,865 \pm 470$ semillas kg^{-1} de las que se colectaron del árbol 6. En promedio esta especie tiene $12\,622 \pm 633$ semillas kg^{-1} , por lo que al hacer la selección de los árboles se debe escoger y priorizar entre número de semilla y tamaño de éstas (Huerta-Paniagua y Rodríguez-Trejo, 2011).

La cantidad de semillas kg^{-1} se asocia con su peso, y a su vez tiene relación con el diámetro ecuatorial y polar que puede separarse en dos componentes principales definidos con claridad en la gráfica 2; es decir, estas variables explican hasta 57.2% de la variabilidad existente (Lovey *et al.*, 2010; Ortega-David *et al.*, 2010) (cuadro 2).

Los análisis de correlación entre las diversas variables mostraron valores por debajo de 0.5, pero estadísticamente significativos ($p \leq 0.05$). Estos valores se deben a la gran variabilidad que presentan estas semillas y corresponde a lo reportado en la similitud de variables por Cerón-Rojas y Sahagún-Castellanos (2005); sin embargo, se encontraron correlaciones altas entre diámetro ecuatorial y tamaño de las semillas ($r = 0.83$), una tendencia muy similar a lo reportado por Ortega-David *et al.* (2010), seguido de la tonalidad naranja ($r = 0.59$) (la tonalidad se tomó en cuenta debido a que en el muestreo se observaron diferencias en ella entre árboles colectados) y el CF ($r = 0.57$), siendo éstas las más relacionadas entre sí. Por otro lado, el número de semillas y el diámetro ecuatorial mostraron el valor más bajo ($r = 0.1$).

3. INDICADORES DE VIGOR

Las semillas colectadas de todos los árboles evaluados mostraron similitud estadística en sus porcentajes de germinación. En las dos primeras semanas (6 a 13 días después de la siembra), se obtuvieron los mayores valores de germinación ($p \leq 0.05$) (cuadro 3). Pece *et al.* (2010b) y Vásquez *et al.* (2015) obtuvieron resultados similares. Las semillas colectadas de todos los árboles presentaron un descenso en la cantidad diaria de semillas que germinaban a partir del día 17 (González *et al.*, 2008); sin embargo, al finalizar el periodo de medición se obtuvo un importante porcentaje de germinación para la especie, mostrado en su energía germinativa.

Se observa que las semillas colectadas en los árboles 3, 5, 6, 7, 8 y 9 presentan una similitud en su porcentaje de germinación inicial en relación con el transcurso de los días después de la siembra, mientras que las semillas colectadas de los árboles 1 y 2 sólo presentaron un porcentaje alto de germinación a los seis primeros días después de la siembra, el comportamiento de la germinación de las semillas presenta la misma tendencia con lo reportado por González *et al.* (2008) en *Sophora toromiro*.

| DS | Árbol | | | | | | | | |
|-----|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 6* | 0.58 ± 0.26 a | 0.91 ± 0.41 b | 1.16 ± 0.52 ab | 0.67 ± 0.26 b | 1.15 ± 0.34 ab | 1.24 ± 0.26 ab | 1.37 ± 0.25 ab | 1.50 ± 0.28 ab | 2.11 ± 0.27 a |
| 9* | 0.10 ± 0.04 b | 0.15 ± 0.06 ab | 0.19 ± 0.09 ab | 0.14 ± 0.06 ab | 0.22 ± 0.10 ab | 0.25 ± 0.07 ab | 0.28 ± 0.08 ab | 0.31 ± 0.06 ab | 0.36 ± 0.05 a |
| 13* | 0.20 ± 0.09 b | 0.43 ± 0.20 ab | 0.64 ± 0.29 ab | 0.37 ± 0.15 ab | 0.63 ± 0.23 ab | 0.66 ± 0.22 ab | 0.65 ± 0.22 ab | 0.81 ± 0.21 ab | 1.05 ± 0.25 a |
| 17* | 0.09 ± 0.04 b | 0.20 ± 0.09 ab | 0.32 ± 0.09 a | 0.18 ± 0.03 ab | 0.34 ± 0.02 a | 0.32 ± 0.04 a | 0.30 ± 0.03 a | 0.30 ± 0.03 a | 0.32 ± 0.03 a |
| 23* | 0.06 ± 0.02 a | 0.10 ± 0.04 a | 0.12 ± 0.05 a | 0.06 ± 0.02 a | 0.08 ± 0.04 a | 0.08 ± 0.03 a | 0.07 ± 0.03 a | 0.11 ± 0.01 a | 0.16 ± 0.002 a |
| 34* | 0 ± 0 b | 0 ± 0 b | 0 ± 0 b | 0.01 ± 0.01 ab | 0.04 ± 0.02 a | 0.04 ± 0.01 ab | 0.03 ± 0.01 ab | 0.04 ± 0.01 ab | 0.03 ± 0.01 ab |

CUADRO 3

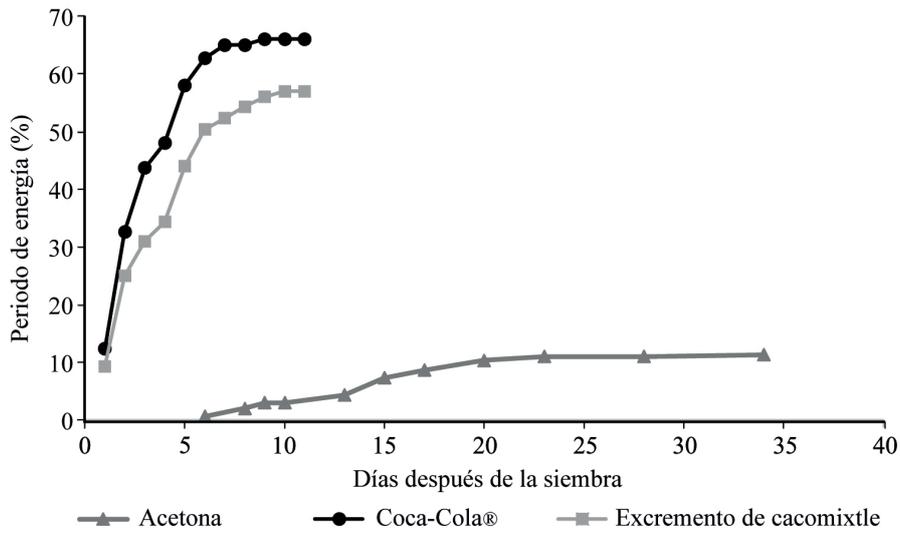
Energía germinativa de semillas colectadas de diversos árboles de *Bursera glabrifolia* Kunth a diferentes días después de la siembra

Nota: letras distintas en la misma columna representan diferencias significativas (Tukey, 0.05). * = porcentaje germinativo acumulado. DS = día de siembra. La media se incluye ± la desviación estándar.

Fuente: elaboración propia.

4. PERIODO DE ENERGÍA

Las semillas sometidas a inmersión en bebida gaseosa Coca-Cola® tuvieron una tasa máxima de germinación de 66.00%, es decir, un menor número de días (nueve) para alcanzar el máximo porcentaje de germinación, contrario a los demás tratamientos. Estos resultados tienen una tendencia similar con Pece *et al.* (2010a, 2010b), ya que mostró un periodo de energía de 66.00% en nueve días alcanzando así su máxima tasa de germinación parecido a lo reportado por Toral *et al.* (2013). Por otro lado, el tratamiento con acetona alcanzó el menor periodo de energía (11.33%) en 34 días, es decir, su tasa máxima de germinación se alcanza el día número 34 (gráfica 3). Los resultados muestran que la inmersión en acetona pudo tener efecto no sólo en debilitar las cubiertas seminales, sino también tejidos vitales internos que afectan negativamente la viabilidad. La inmersión en bebida gaseosa Coca-Cola® pudo tener efecto debido a su contenido de ácido fosfórico, dióxido de carbono, cafeína, acidez (pH de 2), debido a los resultados, la escarificación, con la sinergia que se forma en la solución de Coca-Cola® comercial, mostró efectos positivos en la germinación, pues al debilitar la cubierta seminal se propicia que entre el agua y se produzca la activación del embrión. En cuanto a las semillas sometidas al excremento del cacomixtle se obtuvo un periodo de energía para la germinación apenas por debajo de las tratadas con Coca-Cola®, posiblemente por efecto del tiempo al que las semillas estuvieron sumergidas en el excremento (gráfica 3).



GRÁFICA 3
 Vigor de las semillas de *Bursera glabrifolia* Kunth respecto al porcentaje de germinación entre los días transcurridos
 Fuente: elaboración propia.

El análisis de varianza entre tratamientos para la velocidad de germinación mostró diferencia significativa ($p = 0.0001$). Se observa una clara tendencia al aumento constante de la germinación durante los días evaluados (Narbona *et al.*, 2003; Pece *et al.*, 2010a) y muestra una germinación mayor que abarca un periodo largo.

Se observa para todos los tratamientos mayor vigor hasta el día 9, a partir del día 10 se diferencia la velocidad para cada tratamiento. La inmersión de las semillas en bebida gaseosa Coca-Cola® presentó una clara tendencia al aumento del índice con el tiempo; sin embargo, y a pesar de poseer mayor vigor, en este tratamiento no llega a germinar 50% de las semillas (Pece *et al.*, 2010a). Se obtiene la menor velocidad de germinación (18.66) a los 34 días después de la siembra e indirectamente mayor vigor en las semillas, al contrario de las semillas sometidas a los tratamientos de inmersión en acetona y en excremento de cacomixtle que obtuvieron la mayor velocidad con 21.26 y 19.13 respectivamente (cuadro 4).

CUADRO 4
Velocidad de germinación entre tratamientos pregerminativos en semillas de *Bursera glabrifolia* Kunth y días después de la siembra

| Días de incubación | Tratamientos | | |
|--------------------|-----------------|----------------|--------------------------|
| | Acetona | Coca-Cola® | Excremento de cacomixtle |
| 6 | 4 ± 2 i | 6 ± 0 k | 6 ± 0 k |
| 8 | 7.61 ± 0.20 h | 7.47 ± 0.06 j | 7.48 ± 0.10 j |
| 9 | 8.35 ± 0.19 gh | 8.23 ± 0.09 i | 8.20 ± 0.10 i |
| 10 | 8.92 ± 0.18 gh | 8.85 ± 0.08 h | 8.82 ± 0.08 h |
| 13 | 10.26 ± 0.09 fg | 10.09 ± 0.11 g | 10.10 ± 0.08 g |
| 15 | 11.98 ± 0.15 ef | 11.29 ± 0.13 f | 11.37 ± 0.11 f |
| 17 | 13.48 ± 0.15 de | 12.44 ± 0.14 e | 12.57 ± 0.13 e |
| 20 | 15.20 ± 0.18 cd | 13.71 ± 0.16 d | 13.91 ± 0.14 d |
| 23 | 16.91 ± 0.22 c | 15.06 ± 0.17 c | 15.34 ± 0.16 c |
| 28 | 18.91 ± 0.27 b | 16.71 ± 0.19 b | 17.08 ± 0.18 b |
| 34 | 21.26 ± 0.27 a | 18.66 ± 0.21 a | 19.13 ± 0.20 a |

Fuente: elaboración propia.

Nota: letras distintas en la misma columna representan diferencias significativas (Tukey, 0.05). La media se incluye ± la desviación estándar.

CONCLUSIONES

De los nueve árboles colectados de *Bursera glabrifolia* Kunth, se lograron identificar los mejores para la colecta de semilla en cuanto a su tamaño el 1, 7, 8, y en número de semilla, el 5 y 6, no sólo por los datos en semillas, sino también por las características físicas que presentaron. Las semillas presentan gran variabilidad en tamaño y peso, número de semillas kg^{-1} dependiendo del árbol del que se colectaron. En condiciones de laboratorio, las semillas que se sometieron a escarificación con bebida gaseosa Coca-Cola® y posterior lijado presentaron la mayor germinación (66%) en la primera semana y una mayor eficiencia germinativa (49%) respecto a la velocidad en días de germinación. La utilización de semillas de los árboles 8 y 9 y la inmersión en Coca-Cola® generaron mejores resultados en cuanto a la eficiencia germinativa, por lo que se proponen como fuente de germoplasma y método de escarificación.

PROSPECTIVA

Los resultados obtenidos muestran que la utilización de la bebida gaseosa comercial Coca-Cola® como agente escarificante incrementa la eficiencia germinativa. Para *Bursera glabrifolia* Kunth este incremento es muy necesario, pues podría tener repercusiones económicas, ya que al incrementar esta eficiencia abre las puertas para la implementación de programas de reproducción, reforestación y aprovechamiento de esta especie en las selvas bajas caducifolias.

Existen diversos programas para aprovechamiento y reforestación de estas selvas, debido a que esta especie presenta muchos usos. Por ello se recomienda la utilización de esta bebida gaseosa para escarificar las semillas antes de su siembra. Utilizando una buena estrategia de reproducción, abre el camino para trabajar con estos programas en estas condiciones naturales principalmente.

REFERENCIAS

- Andrés, H. A. R. y Espinoza, O. D. (2002). Morfología de plántulas de *Bursera Jacq. ex L.* (Burseraceae) y sus implicaciones filogenéticas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 70, 5-12.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21(1), 136-147.
- Barbour, M. G., Burk, J. H., Pitts, W. D., Gillian, F. S. y Schwartz, M. W. (1999). Allocation and life history patterns, en *Terrestrial Plant Ecology* (third edition) (pp. 88-116). Benjamin Cummings. An Imprint of Adison Wesley Longman.
- Bonfil-Sanders, C., Cajero-Lázaro, I. y Evans, R. Y. (2008). Germinación de semillas de seis especies de *Bursera* del centro de México. *Agrociencia*, 42(7), 827-834.
- Bonfil, C. y Trejo, I. (2010). Plant propagation and the ecological restoration of mexican tropical deciduos forest. *Ecological Restoration*, 28(3), 369-376.
- Brown, J., Enright, N. J. y Miller, B. P. (2003). Seed production and germination in two rare and three common co-occurring *Acacia* species from southeast *Australia*. *Austral Ecology*, 28, 271-280.
- Castelán-Lorenzo, M. y Arteaga-Martínez, B. (2009). Establecimiento de regeneración de *Pinus patula* Schl. et Cham., en cortas bajo el método de árboles padres. *Revista Chapingo*, 15(1), 49-57.
- Cerón-Rojas, J. J. y Sahagún-Castellanos, J. (2005). Un índice de selección basado en componentes principales. *Agrociencia*, 39, 667-677.
- Coa-Urbaz, M., Méndez, N. J. R., Silva, A. R. y Mundarain, P. S. (2014). Evaluación de métodos químicos y mecánicos para promover la germinación de semillas y producción de fosforitos en café (*Coffea arabica*) var. Catuai Rojo. *IDESIA* (Chile), 32(1), 43-53.
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74-85.
- Enríquez-Peña, E. G., Suzán-Azpiri, H. y Malda-Barrera, G. (2004). Viabilidad y germinación de semillas de *Taxodium mucronatum* (Ten.) en el estado de Querétaro, México. *Agrociencia*, 38(3), 375-381.
- Finch-Savage, W. E. y Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171, 501-523.
- Flores, J. y Jurado, E. (2011). Germinación de especies de cactáceas en categoría de riesgo del desierto chihuahuense. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(8), 59-70.
- Franco-Mora, O., Aguirre-Ortega, S., Morales-Rosales, E. J., González-Huerta, A. y Gutiérrez-Rodríguez, F. (2010). Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de tejocote (*Crataegus mexicana* DC.) de Lerma y Ocoyoacac, México. *CIENCIA ergo-sum*, 17(1), 61-66.
- Gallardo-Cruz, J. A., Meave, J. A. y Pérez-García, E. A. (2005). Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del cerro verde, Nizanda (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 76, 19-35.
- Gallardo-Cruz, J. A., Pérez-García, E. A. y Meave, J. A. (2009). β -diversity and vegetation structure as influenced by slope aspect and altitude in a seasonally dry tropical landscape. *Landscape Ecology*, 24, 473-482.
- Gallardo-Cruz, J. A., Meave, J. A., Pérez-García, E. A. y Hernández-Stefanoni, J. L. (2010). Spatial structure of plant communities in a complex tropical landscape: implications for β -diversity, Community. *Ecology*, 11, 202-210.
- González, M., Quiroz, I., García, E. y Gutiérrez, B. (2008). Escarificación química con ácido sulfúrico como tratamiento pregerminativo para semillas de *Toromiro* (*Sophora toromiro* Skotts.). *Ciencia e Investigación Forestal*, 14(1), 111-118.
- Hernández-Apolinar, M., Valverde, T. y Purata, S. (2006). Demography of *Bursera glabrifolia*, a tropical tree used for folk woodcrafting in southern Mexico: an evaluation of its management plan. *Forest Ecology and Management*, 223, 139-151.
- Hernández-Sánchez, R. (2010). *Plan municipal de desarrollo Santo Tomas Jalieza, Ocotlán, Oaxaca*.
- Hernández-Pérez, E., González-Espinosa, M., Trejo, I. y Bonfil, C. (2011). Distribución del género *Bursera* en el estado de Morelos, México y su relación con el clima. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(3), 964-976.

- Huerta-Paniagua, R. G. y Rodríguez-Trejo, D. (2011). Efecto del tamaño de semilla y la temperatura en la germinación de *Quercus rugosa* Née. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(2), 179-187.
- ISTA (2006). *International Rules for Seed Testing*. International Seed Testing Association, Basserdorf, Switzerland. Consultado el 13 de septiembre de 2015. Disponible en <https://www.seedtest.org/upload/cms/user/ISTAMethodValidationforSeedTesting-V1.01.pdf>.
- Linares, E. y Bye, R. (2008). El copal en México. *Biodiversitas*, 78, 8-11.
- Lovey, R. J., Perissé, P., Vieyra, C. y Coraglio, J. C. (2010). Caracterización de semilla, germinación y plántula de *Cologania broussonetii* (Balb.) DC. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 79, 5-10.
- Madueño, A., García, D., Hernández, J., Rubio, C., Navarrete, A. y Bojorquez, J. (2006). Germinación de semillas de frijolillo, *Rhynchosia minima* (L) DC., luego de someterla a tratamientos de pregerminación. *Bioagro*, 18(2), 101-105.
- Martínez, J. M., Rodríguez-Trejo, D. A., Guizar-Nolazco, E. y Bonilla-Beas, R. (2008). Escarificación artificial y natural de la semilla de *Lupinus bilineatus* Benth. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(2), 73-79.
- Martínez, S. J., Villegas, A. Y., Enríquez-del Valle, J. R., Carrillo, R. J. C. y Vásquez, D. M. A. (2013). Estrategias de escarificación para eliminar la latencia en semillas de *Cenchrus ciliaris* L. y *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 1263-1272.
- Meave, J. A., Romero-Romero, M. A., Salas-Morales, S. H., Pérez-García, E. A. y Gallardo-Cruz, J. A. (2012). Diversidad, amenazas y oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. *Ecosistemas*, 21(1-2), 85-100.
- Muñoz-Flores, H. J., Orozco-Gutiérrez, G., Coria-Avalos, V. M., Muñoz-Vega, Y. Y. y García-Magaña, J. (2011). Manejo de un área semillera de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Abies religiosa* (H.B.K.) Schltdl. et Cham. y selección de árboles superiores en Michoacán, México. *Foresta Veracruzana*, 13(2), 29-36.
- Moreno, B. N. E., Miranda, D. y Martínez, M. F. E. (2013). Germinación de semillas de anón (*Annona squamosa* L.) sometidas a estratificación. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 7(1), 20-30.
- Narbona, E., Arista, M. y Ortiz, P. L. (2003). Germinación de las semillas del madroño (*Arbutus unedo* L., *Ericaceae*). *Acta botánica malacitana*, 28, 73-78.
- Nonogaki, H. (2006). Seed germination The biochemical and molecular mechanisms. *Breeding Science*, 56, 93-105.
- Ortega-David, E., Rodríguez, A., David, A. y Zamora-Burbano, Á. (2010). Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Acta Agronómica*, 59(1), 111-118.
- Pece, M. G., Gaillard de Benítez, C., Acosta, M., Bruno, C., Saavedra, S. y Buenas, O. (2010a). Germinación de *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze (tipa blanca) en condiciones de laboratorio. *Quebracho*, 18(1, 2), 5-15.
- Pece, M., Gaillard, C., Acosta, M., Bruno, C. y Saavedra, S. (2010b). Tratamientos pregerminativos para tipa colorada (*Pterogyne nitens* Tul.). *Foresta veracruzana*, 12(1), 17-25.
- Pérez-García, E. A., Meave, J. A., Villaseñor, J. L., Gallardo-Cruz, J. A. y Lebrija-Trejos, E. E. (2010). Vegetation heterogeneity and life-strategy diversity in the flora of the heterogeneous landscape of Nizanda, Oaxaca, Mexico. *Folia Geobotanica*, 45, 143-161.
- Peters, C. M. (2011). Economic botany and management potential of Neotropicsl seasonally dry forests, en R. Dirzo, H. S. Young, H. A. Mooney y G. Ceballos (eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests. Ecology and Conservation* (pp. 239-257).
- Peters, C. M., Purata, S. E., Chibnik, M., Berry, J. B., López, A. M. y Ambrosio, M. (2003). The life and times of *Bursera glabrifolia* (H. B. K.) Engl. In México: A parable for ethnobotany. *Economic Botany*, 57(4), 431-441.
- Purata, S., Chibnik, M., Brossi, B. y López, A. (2004). Figuras de madera de *Bursera glabrifolia* H.B.K. (Engl.) en Oaxaca, México, en N. N. Alexiades, y P. Shanley (eds.), *Productos forestales, medios de subsistencia y conservación. Estudios de caso sobre sistemas de manejo de productor forestales no maderables* (pp. 415-437). CIFOR. América Latina, Indonesia.

- Quinto, L., Martínez-Hernández, P. A., Pimentel-Briebesca, L. y Rodríguez-Trejo, D. A. (2009). Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 15(1), 23-28.
- Reyes-Bautista, Z. y Rodríguez-Trejo, D. A. (2005). Efecto de la luz, temperatura y tamaño de semilla en la germinación *Nolina parviflora* (H. B. K.) Hemsl. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 11(2), 99-104.
- Rodríguez, I., Gilles, A. y Durán, J. M. (2008). Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, 78(912), 836-842.
- Rossini-Oliva, S., Valdés, B., Andrés, M. C., Márquez-Campón, F. y Bueso-López, M. (2006). Germinación de las semillas en algunas especies americanas de Fabaceae y Bignoniaceae cultivadas en Sevilla (SO España). *Lagascalía*, 26, 119-129.
- SAS Institute Inc. (2004). SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Institute, Cary, NC. USA.
- Sanabria, D., Silva-Acuna, R., Oliveros, M. y Manrique, U. (2004). Germinación de semillas de las leguminosas arbustivas forrajeras *Cratylia argentea* y *Cassia moschata* sometidas a inmersión en ácido sulfúrico. *Bioagro*, 16(3), 225-230.
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Anta, S. y de la Maza, J. (2009). *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de la sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. México.
- Segura, G., Balvanera, P., Durán, E. y Pérez, A. (2003). Tree community structure and stem mortality along a water availability gradient in a Mexican tropical dry forest. *Plant Ecology*, 169, 259-271.
- Toral, O., Cerezo, Y., Reino, J. y Santana, H. (2013). Caracterización morfológica de ocho procedencias de *Moringa oleífera* (Lam.) en condiciones de vivero. *Pastos y Forrajes*, 36(4), 409-416.
- Trejo, I. y Dirzo, R. (2002). Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation*, 11, 2063-2084.
- Trejo, R. I. y Dirzo, R. (2000). Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in México. *Biological Conservation*, 94, 133-142.
- Vadillo, G., Suni, M. y Cano, A. (2004). Viabilidad y germinación de semillas de *Puya raimondii* Harms (Bromeliaceae). *Revista Peruana de Biología*, 11(1), 71-78.
- Vásquez, J. C., Coello, C. M. M., Pliego, M. L., Zárate, A. G. y Córdova, G. G. (2015). Potencial germinativo de *Lysiloma acapulcense* (Kunth) bent, una especie de la selva baja caducifolia de la mixteca oaxaqueña. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2(2), 49-61.
- Viveros-Viveros, H., Sáenz-Romero, C., López-Upton, J. y Vargas-Hernández, J. J. (2005). Variación genética altitudinal en el crecimiento de plantas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en campo. *Agrociencia*, 39(5), 575-587.
- Viveros-Viveros, H., Sáenz-Romero, C., Vargas-Hernández, J. J. y López-Upton, J. (2006). Variación entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* establecidas en dos sitios en Michoacán, México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 29(2), 121-126.

CC BY-NC-ND