

Este artículo puede ser usado únicamente para uso personal o académico. Cualquier otro uso requiere permiso del autor o editor.

El siguiente artículo fue publicado en *Botanical Sciences*, 94(3), 575-584 (2016); y lo puede consultar en <http://dx.doi.org/10.17129/botsci.512>

Germinación de semillas de *Magnolia pugana* (Magnoliaceae), especie endémica y en peligro de extinción del occidente de México

CÉSAR JACOBO-PEREIRA¹, ROSA ROMO-CAMPOS^{1,3} Y JOEL FLORES²

Botanical Sciences
94 (3): 575-584, 2016

DOI: 10.17129/botsci.512

Resumen

Magnolia pugana es una especie endémica y en peligro de extinción localizada en el occidente de México, que se distribuye en bosques de galería en las barrancas del sur de Zacatecas y centro-norte de Jalisco. El objetivo de este trabajo fue conocer la viabilidad de las semillas e identificar los tratamientos para romper la latencia de semillas de esta especie. Se colectaron semillas de cuatro localidades, tres en Jalisco (Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, San Lorenzo y San Nicolás) y una en Zacatecas (Palo Verde). Se aplicaron los siguientes tratamientos germinativos: (1) remoción manual del arilo, (2) remoción de arilo por lixiviación, (3) inmersión en ácido giberélico con 100 mg L⁻¹, (4) inmersión en ácido giberélico con 200 mg L⁻¹, (5) inmersión en ácido giberélico con 300 mg L⁻¹ y (6) control. Se utilizaron 100 semillas por tratamiento con cinco repeticiones cada una. El tratamiento que presentó el mayor porcentaje de germinación para las cuatro localidades fue la remoción manual del arilo con 52 %, mientras que el tratamiento con menor germinación fue el control con 3.5 %. Por localidad, San Lorenzo obtuvo el mayor porcentaje de germinación con 16.5% en promedio, mientras que San Nicolás registró el menor con 5.33 %. Los tratamientos germinativos no lograron romper la latencia (porcentajes de germinación < 70 %). Las semillas de las cuatro localidades se embebieron de agua por lo que no se presenta la latencia física. Las semillas con mayor biomasa absorbieron menos agua.

Palabras clave: latencia de semillas, Magnoliaceae, tratamientos germinativos, viabilidad de semillas.

Seed germination of *Magnolia pugana* (Magnoliaceae), an endemic and endangered species from Western Mexico

Abstract

Magnolia pugana is an endemic and endangered species located in western Mexico, which is distributed in gallery forests in the canyons of southern Zacatecas and north-central Jalisco. The aim of this study was to determine the seed viability and to identify the treatments to break seed dormancy in *M. pugana*. Seeds were collected from four locations, three of them located in Jalisco (Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, San Lorenzo and San Nicolas) and one in Zacatecas (Palo Verde). The following germinative treatments were applied: (1) manual aril removal, (2) aril removal by leaching, soaking in gibberellic acid at different concentrations: (3) 100 mg L⁻¹, (4) 200 mg L⁻¹, (5) 300 mg L⁻¹, and (6) control. One hundred seeds were used per treatment with five replicates each. The treatment with the highest germination percentage for all four sites was the manual aril removal with 52 %, whereas the treatment with the lowest germination was the control with 3.5 %. By location San Lorenzo had the highest germination percentage at 16.5 %, while San Nicolas had the lowest percentage (5.33 %). Germination treatments failed to break dormancy (germination rates < 70 %). The seeds of the four locations imbibed water so no physical seed dormancy occurs. Seeds with higher biomass did absorb less water.

Key words: germinative treatments, Magnoliaceae, seed dormancy, seed viability.

¹ Departamento de Ciencias Ambientales, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México

² Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, San Luis Potosí, San Luis Potosí, México

³ Autor por correspondencia: rllrc.cucba@gmail.com



El género *Magnolia* L. registra cerca de 245 especies, distribuidas en Asia Meridional y oriental, México, Venezuela y el este de Estados Unidos (BGCI, 2008), 131 especies están reportadas como en peligro de extinción. Muchas de éstas son apreciadas como ornamentales por la belleza de sus follajes, flores y frutos. En México, existen cerca de 27 especies de magnolias (Vázquez-García *et al.*, 2012a) que representan el 11 % de las especies a nivel mundial. En Jalisco actualmente se conocen seis especies, una de ellas es *M. pugana* (Iltis & A. Vázquez) A. Vázquez & Carvajal. Esta especie estaba considerada como una subespecie del complejo *M. pacifica* A. Vázquez (Vázquez-García, 1994). Sin embargo, estudios más recientes de Vázquez-García *et al.* (2002), integraron suficientes elementos en la descripción de la especie para considerarla como independiente de *M. pacifica*. *Magnolia pugana* está clasificada en peligro crítico de extinción por varios autores (Walter y Gillett, 1997; Oldfield *et al.*, 1998; Cicuzza *et al.*, 2007). *Magnolia pugana* es endémica del occidente de México y está actualmente restringida a pequeñas poblaciones locales donde se distribuye en bosques de galería en las barrancas del sur de Zacatecas y del centro-norte de Jalisco (Vázquez-García 1994, 2002, 2012b); donde es utilizada principalmente para la elaboración de muebles y como combustible.

La producción de semillas, su dispersión y germinación podrían ser un factor clave para limitar los procesos de la dinámica de las poblaciones y comunidades (Harper, 1977). En particular, la reproducción sexual podría actuar como un cuello de botella, si las semillas son inviábiles o presentan algún tipo de latencia (Venable y Brown, 1988). La germinación es la fase más importante del desarrollo de las plantas, ya que de ésta depende la distribución y abundancia de las especies (Scifres y Brock, 1971). El éxito en el establecimiento de las plántulas depende de si las semillas presentan o no mecanismos de latencia, además del tipo y grado con que se presenta, y también de su viabilidad y del tiempo necesario para que inicie la germinación (González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1996).

Las magnolias pueden ser propagadas por semillas, esquejes enraizados y acodos (Gardiner, 1991). Las semillas del género *Magnolia* presentan diferentes tipos de latencia, las más comúnmente registradas son la latencia fisiológica y la morfo-fisiológica; sin embargo, también han sido reportadas la química y la mecánica (Tabla 1).

En México han sido poco los estudios sobre la viabilidad, latencia y germinación en especies de este género, entre estos, se encuentran los realizados por Saldaña-Acosta *et al.* (2001)

Tabla 1. Tipos de latencia reportadas en diferentes especies de *Magnolia*.

Especie	Tipo de latencia	Referencia
<i>M. acuminata</i> L.	mecánica y física	Smith (1990)
<i>M. biloba</i> (Rehder & E.H.Wilson) Cheng	morfo-fisiológica y química	Hu <i>et al.</i> (2011).
<i>M. champaca</i> (L.) Baill. ex Pierre	morfo-fisiológica	Fernando <i>et al.</i> (2013)
<i>M. dealbata</i> Zucc.	fisiológica	Gutiérrez y Vovides (1997)
	Química	Vovides e Iglesias (1996)
<i>M. fraseri</i> Walter	Fisiológica	Merkle y Wiecko (1990)
<i>M. globosa</i> Hook. f. & Thomson.	morfo-fisiológica	Baskin y Baskin (1998)
<i>M. grandiflora</i> L.	física, fisiológica	Le Page-Degivry (1970)
<i>M. iltisiana</i> A.Vázquez.	física, química y mecánica	Saldaña-Acosta <i>et al.</i> (2001)
<i>M. ingrata</i> (B. L.Chen & S. C.Yang) Figlar.	morfo-fisiológica	Han y Long (2010a)
<i>M. officinalis</i> Rehder & E. H. Wilson.	morfo-fisiológica	Shu <i>et al.</i> (2012)
<i>M. obovata</i> Thunb.	química	Kim <i>et al.</i> (2007)
<i>M. ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng.	fisiológica	Anderson <i>et al.</i> (2009)
<i>M. portoricensis</i> Bello	física	Alemañy-Merly (1999)
<i>M. schiedeana</i> Schtdl.	fisiológica	Vásquez-Morales <i>et al.</i> (2011)
<i>M. sieboldii</i> K.Koch.	fisiológica	Wang y Tian (1996)
<i>M. soulangeana</i> Soul.-Bod.	fisiológica	Le Page-Degivry (1970)
<i>M. virginiana</i> L.	fisiológica y química	Del Tredici (1981)
<i>M. wilsonii</i> (Finet & Gagnep.) Rehder	morfo-fisiológica	Hang y Long (2010b)

que encontraron que las semillas de *Magnolia iltisiana* presentan latencia mecánica, física y química. Además, encontraron que el 78 % de las semillas fueron viables y registraron 60 % de germinación con el tratamiento de maceración del arilo. Corral-Aguirre y Sánchez-Velásquez (2006) en semillas de *M. dealbata* sin arilo, registraron 100 % de viabilidad y 100 % de germinación con tratamientos de estratificación en agua durante 24 horas, a temperatura ambiente. Por otro lado, Vásquez-Morales y Sánchez-Velásquez (2011), en *M. schiedeana* encontraron 80 % de viabilidad y 84 % de germinación con remoción manual del arilo e inmersión en agua durante 48 horas. En especies mexicanas de este género no se han utilizado hormonas promotoras del rompimiento de latencia de las semillas, pero Han y Long (2010a) encontraron que semillas de *M. ingrata* del sur y sureste de China germinaron 80-96 % bajo diferentes concentraciones de GA₃. Para *Magnolia pugana* no se han realizado estudios de la ecofisiología de sus semillas. De esta manera, el objetivo de esta investigación fue conocer la viabilidad de las semillas e identificar los tratamientos germinativos para romper la latencia en semillas de *M. pugana* de cuatro localidades.

Materiales y métodos

Localidades de estudio. La colecta se realizó en cuatro localidades, tres en el estado de Jalisco y una en Zacatecas. Los tres sitios de colecta de Jalisco están dentro del municipio de Zapopan. El primer sitio se localiza dentro del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), es una población que data de los años 80's, las semillas fueron colectadas en San Lorenzo, pero las plántulas crecieron en condiciones de invernadero y fueron trasplantadas e integradas a los jardines de este centro universitario. Esta zona se consideró como una población aparte porque los individuos no están creciendo en condiciones semejantes al bosque ripario, el cual es su hábitat natural. Este sitio tiene clima semi-cálido templado con verano cálido y lluvias en verano (SPP, 1981). El segundo sitio está en San Lorenzo (SL) aquí los árboles de *Magnolia pugana* se distribuyen en la rivera del arroyo San Lorenzo que es un tributario del Río Santiago. En San Lorenzo el clima es semi-cálido templado con verano cálido y lluvias en verano (SPP, 1981). La tercera localidad se encuentra en San Nicolás (SN) que está ubicado a tres kilómetros de San Lorenzo y los individuos se distribuyen a lo largo del margen del arroyo La Virgen, ambas localidades (SL y SN) tienen clima cálido subhúmedo con verano cálido y lluvias en verano (SPP, 1981). En los tres sitios anteriores la geología data del Terciario con rocas sedimentarias e ígneas intrusivas (SPP, 1981). Los suelos predominantes son de tipo Regosol eútrico y Feozem háplico poco profundos con textura arenosa y pobres en materia orgánica (Ibarra-Castillo *et al.*, 2007). La cuarta localidad es Palo Verde (PV), ubicada en el municipio de Mezquital del Oro, Zacatecas, sobre el río Los Cardos y el Arroyo Grande. La geología está caracterizada por rocas ígneas extrusivas con basalto y tobas, que datan de la era Cenozoica del periodo Terciario con múltiples fracturas. Los suelos dominantes son Leptosol y Luvisol háplico, crómico con fase lítica. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (SPP, 1981) (Tabla 2).

El hábitat natural de *Magnolia pugana* es el bosque ripario y se acompaña de especies como: *Aphananthe monoica*, *Ficus insipida*, *Litsea glaucescens*, *Lysiloma acapulcensis*, *Oreopanax jaliscana*, *Piper hispidum*, *P. jaliscanum*, *Prunus ferruginea*, *Salix humboldtiana*, *Taxodium mucronatum* y *Xanthosoma robustum* (Acevedo-Rosas *et al.*, 2008).

Tabla 2. Coordenadas geográficas y características climáticas de las localidades de estudio. Datos obtenidos de estaciones climáticas cercanas a los sitios de estudio (CONAGUA, 2014).

Localidad	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (m)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
CUCBA	20°44'53.6"	103°30'52.2"	1,569	900	20.6
SL	20°49'18.2"	103°33'08.3"	1,467	920	26
SN	20°48'53.4"	103°34'49.8"	1,445	909	26.2
PV	21°15'38.4"	103°18'22.3"	1,530	903	26.2

Colecta de semillas. Durante los meses de febrero y marzo del 2014 se colectaron más de 2,400 semillas provenientes de polifolículos maduros de por lo menos diez individuos adultos por localidad (CUCBA, SL, SN, PV). Las semillas se extrajeron manualmente y se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 3 % por 30 minutos para eliminar la contaminación por hongos (García-Ramírez *et al.*, 2007), posteriormente fueron secadas con papel absorbente e inmediatamente después se conservaron en un medio bien ventilado y húmedo dentro de un refrigerador (MABE-RMT 1951xmx) a 4-5 °C, para evitar la deshidratación (Saldaña-Acosta *et al.*, 2001; Barbour, 2008).

Prueba de viabilidad de las semillas. Para realizar las pruebas de viabilidad se utilizaron 30 semillas por localidad, éstas fueron cortadas transversalmente y sumergidas en una solución de tetrazolium al 1 % por un periodo de 24 a 48 horas a 30 °C en un horno (JISICO Co., Ltd. J-DECO). Los embriones que se tiñeron de color rojo profundo se consideraron como viables, los de color rosa tenue como viables con bajo vigor y los que no adquirieron ninguna coloración como no viables (Yaklich y Kulick 1979; Romo-Campos *et al.*, 2010).

Pruebas de imbibición. Por localidad, se midieron el largo, ancho y grosor (mm) de 30 semillas con un vernier digital (Mitutoyo, serie 500). Después se sumergieron en agua destilada a temperatura ambiente por dos horas con el objetivo de eliminar el arilo de la semilla. Enseguida cada semilla fue secada y pesada (peso inicial) en una báscula analítica (Ohaus Pioneer PA214). Posteriormente, las semillas se pusieron en cajas de Petri (con agua destilada hasta la mitad) a temperatura ambiente (24 °C) y fueron pesadas por intervalos de 24 horas o hasta obtener peso constante. Después fueron secadas a 72 °C, por periodos de 24 horas o hasta obtener peso constante (Hampton *et al.*, 1995) en un horno (Jisico Co., Ltd. J-DECO). El porcentaje de agua tomado por semilla se calculó con base en la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de imbibición} = \frac{(P_f - P_i)}{P_i} \times 100$$

Dónde: P_i = peso biomasa inicial, P_f = peso seco final.

Tratamientos germinativos. Para las pruebas de germinación se utilizaron 600 semillas por sitio (2,400 en total) y se sometieron a los siguientes tratamientos: (1) remoción manual del arilo (RMA) (Saldaña-Acosta *et al.*, 2001; Baskin y Baskin, 2004), (2) remoción de arilo por lixiviación (RLA), en el que las semillas fueron sumergidas en agua a 30 °C en una estufa de incubación por dos horas y posteriormente se colocaron en agua corriente a temperatura ambiente por 48 horas (Callaway, 1994; Vovides e Iglesia, 1996; Saldaña-Acosta *et al.*, 2001), (3) inmersión por 24 horas en ácido giberélico (AG₃) a tres diferentes concentraciones: (a) AG₃ con 100 mg L⁻¹, (b) AG₃ con 200 mg L⁻¹ y (c) AG₃ con 300 mg L⁻¹ (Wang y Tian, 1996; Baskin y Baskin, 1998) y (d) semillas con arilo, como control (C). El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial de 4 × 6, cuatro localidades (CUCBA, SL, SN y PV) y seis tratamientos (C, RMA, RLA, y ácido giberélico a diferentes concentraciones (AG₃ 100 mg L⁻¹, AG₃ 200 mg L⁻¹ y AG₃ 300 mg L⁻¹).

Pruebas de germinación. Las pruebas de germinación se realizaron en un invernadero ubicado en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, durante el tiempo de estudio se registraron la temperatura y humedad relativa del ambiente con un dispositivo electrónico HOBO H08-004-02 (Onset Computer Corporation, Massachusetts, EEUU). El 20 de marzo de 2014 se sembraron 100 semillas por tratamiento con 20 semillas por contenedor, con cinco repeticiones para cada localidad por separado. Las semillas fueron enterradas a 1.5 cm de profundidad en contenedores de plástico de 25 ml. El sustrato que se utilizó para la siembra fue “peat-moss” (Sharma *et al.*, 2006). Los contenedores se regaron diariamente con 100 mm de agua para mantener la humedad. En el invernadero la temperatura durante el experimento varió entre 7 y 39.22 °C, la densidad de flujo de fotones fotosintéticos (DFFF) varió de 338.2 hasta 1236.7 μmol m⁻²s⁻¹ y la humedad relativa osciló entre 10.2 y 79.6 %. Se registró diariamente el número de semillas germinadas durante 60 días, período de tiempo sugerido por Barbour (2008) para la germinación de las especies de *Magnolia*. Se consideró que las semillas habían germinado al emerger la radícula (Ogawa *et al.*, 2003) o al observar el hipocótilo (Bewley y Black, 1994).

Análisis estadístico. Para las pruebas de germinación se realizó un análisis de varianza de dos vías, con localidad y tratamiento como factores. Previo al análisis, los datos se normalizaron por medio de la transformación utilizando la función arcoseno de la raíz cuadrada (Sokal y Rohlf, 1995) y los resultados fueron expresados en porcentaje. Para analizar las variables de largo, ancho, grosor, imbibición y biomasa de las semillas se realizaron análisis de varianza de una vía con la localidad como factor. Las diferencias entre tratamientos fueron determinadas con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$). Todos los análisis fueron realizados con el paquete estadístico SAS (SAS, 2002). Adicionalmente, se consideró la posible correlación entre la biomasa y el porcentaje de imbibición por localidad con la prueba de correlación de Pearson.

Resultados

Pruebas de Viabilidad. El 67 % de las semillas fueron viables. Por localidad, se encontró que SL presentó la mayor cantidad de semillas viables con vigor alto, mientras que CUCBA registró el porcentaje más bajo. En PV se observó el mayor porcentaje de semillas no viables, mientras que SL fue el que tuvo el menor porcentaje. Con respecto a las semillas viables pero con bajo vigor, SL presentó el número más alto, mientras que en PV fue en el que se registró el más bajo (Tabla 3).

Tabla 3. Prueba de viabilidad en semillas de *M. pugana* provenientes de cuatro localidades: Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Palo Verde (PV), San Lorenzo (SL) y San Nicolás (SN).

Localidad	Viables		No Viables	Total
	Alto Vigor	Bajo vigor		
CUCBA	7(23 %)	12(40 %)	11(37 %)	30
PV	8(27 %)	7(23 %)	15(50 %)	30
SL	11(37%)	14(47 %)	5(16 %)	30
SN	8(27 %)	13(43 %)	9(30 %)	30
Total	34(28 %)	46(39 %)	40(33 %)	120

Pruebas de imbibición. Las semillas comenzaron a embeberse en las primeras 24 horas. Entre localidades hubo diferencias significativas ($F = 18.27$, $P < 0.01$), las semillas de SN embebieron 52 % más agua en comparación con las de PV que embebieron 21 %.

El peso seco (mg) de las semillas reveló diferencias por localidad ($F = 10.3$, $P < 0.01$). Las semillas de PV registraron 54.38 % mayor peso seco, en comparación con las de SN que registraron el menor peso, las demás localidades no mostraron diferencias. Además, la biomasa y la imbibición presentaron correlación negativa ($r^2 = 0.17$, $P < 0.01$), las semillas con mayor biomasa embebieron menos agua (Figura 1). Las semillas más largas y anchas fueron encontradas en SN ($F = 3.3$, $P < 0.05$; $F = 4.5$, $P < 0.01$; respectivamente) (largo de semillas: CUCBA = 8.3 ± 0.15 , PV = 8.58 ± 0.15 , SN = 8.63 ± 0.11 , SL = 8.04 ± 0.18), (ancho de semillas: CUCBA = 5.8 ± 0.16 , PV = 6.2 ± 0.16 , SN = 6.8 ± 0.23 , SL = 6.1 ± 0.17), el grosor no varió entre localidades.

Pruebas de germinación. La germinación *Magnolia pugana* fue de tipo epigea, el embrión desarrolló un par de cotiledones foliáceos, un endospermo flácido grasoso, un hipocótilo y una radícula, confinados en el área del micrópilo. Entre los diferentes tratamientos aplicados se encontraron diferencias significativas ($F = 34.28$, $P < 0.01$). En el tratamiento de remoción manual del arilo (RMA) se obtuvo la mayor cantidad de semillas germinadas (52 %), mientras que el control (C) presentó el menor porcentaje (3 %). Entre localidades también se mostraron diferencias significativas ($F = 9.57$, $P < 0.01$), en SL se registró el porcentaje más alto de germinación con 25 %, mientras que SN obtuvo el más bajo con 7%. También la interacción localidad \times tratamiento mostró diferencias significativas ($F = 1.92$, $P < 0.05$). El tratamiento con RMA presentó el mayor porcentaje de germinación para el sitio SL con 52 %, mientras que SN fue el que obtuvo el porcentaje más bajo con 14 %. El tratamiento C presentó el menor porcentaje de germinación en todas las localidades (Tabla 4).

Figura 1. Correlación entre tasa de imbibición y peso de semillas de *M. pugnana* (n = 30).

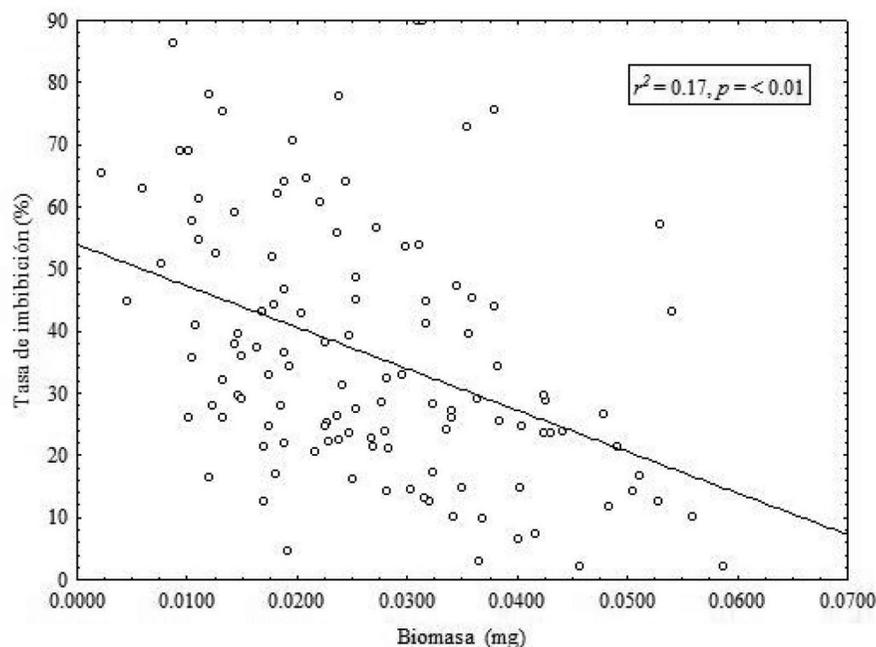


Tabla 4. Promedio (\pm EE) del porcentaje de germinación de seis tratamientos germinativos para *M. pugnana* en cuatro localidades: Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Palo Verde (PV), San Lorenzo (SL) y San Nicolás (SN) (n = 100). Letras negritas indican diferencias entre promedios ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba de Tukey HSD. * RMA (remoción manual del arilo), (RLA) remoción de arilo por lixiviación, AG₃ (ácido giberelico con 100 mg L⁻¹), AG₃ (ácido giberelico con 200 mg L⁻¹), AG₃ (ácido giberelico con 300 mg L⁻¹) y C (control).

Localidad	Tratamiento*	Germinación (%)
CUCBA	RMA	28 \pm 2 ab
	RLA	16 \pm 2.5 bcde
	AG ₃ 300 mg L ⁻¹	15 \pm 3.54 bcdef
	AG ₃ 200 mg L ⁻¹	7 \pm 2.55 cdef
	AG ₃ 100 mg L ⁻¹	6 \pm 2.92 def
	C	4 \pm 1 def
PV	RMA	25 \pm 2.74 abc
	RLA	22 \pm 2.55 bcd
	AG ₃ 300 mg L ⁻¹	7 \pm 2 cdef
	AG ₃ 200 mg L ⁻¹	4 \pm 1.87 ef
	AG ₃ 100 mg L ⁻¹	3 \pm 2 ef
	C	3 \pm 1.22 ef
SL	RMA	52 \pm 8.6 a
	RLA	25 \pm 1.58 abc
	AG ₃ 300 mg L ⁻¹	7 \pm 2.55 cdef
	AG ₃ 200 mg L ⁻¹	5 \pm 1.58 def
	AG ₃ 100 mg L ⁻¹	5 \pm 3.16 ef
	C	5 \pm 2.74 ef
SN	RMA	14 \pm 3.67 bcdef
	RLA	7 \pm 2 bcdef
	AG ₃ 300 mg L ⁻¹	5 \pm 2.24 def
	AG ₃ 200 mg L ⁻¹	2 \pm 1.22 f
	AG ₃ 100 mg L ⁻¹	2 \pm 1.22 f
	C	2 \pm 1.22 f

Discusión

La viabilidad de las semillas para las cuatro localidades fue del 67 % en promedio (28 % de alto vigor y 39 % de bajo vigor), este porcentaje es menor que el registrado en otras especies de *Magnolia*. Por ejemplo, Saldaña-Acosta *et al.* (2001) reportaron 78 % de semillas viables para *M. iltisiana*. Corral-Aguirre y Sánchez-Velásquez (2006) encontraron el 100 % de viabilidad en semillas de *M. dealbata*. Vásquez-Morales y Sánchez-Velásquez (2011) obtuvieron 80 % de viabilidad en semillas de *M. schiedeana*. De las semillas con bajo vigor, emergieron plántulas anormales con malformaciones en la elongación del hipocótilo y en los cotiledones foliáceos, las cuales solamente sobrevivieron pocos días después de la germinación. Esto mismo ha sido observado en especies de cultivo como el trigo (Helm *et al.*, 1989). Se conoce que las semillas con bajo porcentaje de proteínas y alto contenido de almidón o aceites absorben menos volumen de agua (Azcón-Bieto y Talon, 2008). Las semillas de SN registraron el mayor peso y tamaño, éstas también embebieron menor cantidad de agua. Es probable que en la composición de sustancias como aceites o almidones en las semillas de *M. pugana* varíe entre las distintas localidades como consecuencia de las variaciones ambientales.

En general el porcentaje de germinación obtenido para *Magnolia pugana* fue bajo, la mayor germinación se observó para la localidad de SL que obtuvo 52 % con el tratamiento de remoción del arilo. El porcentaje de germinación obtenido fue menor que el de viabilidad, pero el porcentaje de germinación es aún más bajo si se consideran solamente las de semillas de alto vigor. Baja germinación puede indicar que las semillas tienen latencia; se considera que el fenómeno de latencia de semillas es un mecanismo selectivo para que la germinación ocurra bajo condiciones ambientales adecuadas (Flores *et al.*, 2005). Así, el establecimiento exitoso de las especies depende del tiempo en que tardan en germinar después de haber embebido agua en las primeras lluvias (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1996; De la Barrera y Nobel, 2003).

En esta investigación, los tratamientos germinativos aplicados a *Magnolia pugana* no lograron romper la latencia (porcentajes de germinación < 70 %; Flores *et al.*, 2005). Los tratamientos que lograron el mayor porcentaje de germinación fueron la remoción manual del arilo y la lixiviación, ambos indicadores de latencia química (Baskin y Baskin, 1998). Este tipo de latencia se ha reportado para *M. virginiana* (Del Tredici, 1981), *M. dealbata* (Vovides e Iglesias, 1996), *M. iltisiana* (Saldaña-Acosta *et al.*, 2001), *M. obovata* (Kim *et al.*, 2007) y *M. biloba* (Hu *et al.*, 2011). Los resultados también coinciden con Dirr y Heuser (1987) quienes reportaron que los arilos de Magnoliaceae contienen inhibidores que retrasan la germinación.

Por otra parte, se ha comprobado que el ácido giberélico es un promotor de la germinación de semillas con latencia fisiológica (Baskin y Baskin, 1998). Wang y Tian (1996) observaron que el ácido giberélico aumentó los porcentajes de germinación en semillas de *Magnolia sieboldii*, de manera contraria, los tratamientos con AG₃ utilizados en nuestro experimento no aumentaron el porcentaje de germinación en *M. pugana*, por lo que se sugiere que las semillas de esta especie no poseen latencia fisiológica, sino solamente química. La latencia fisiológica se ha reportado para *M. dealbata* (Gutiérrez y Vovides, 1997), *M. fraseri* (Merkle y Wiecko, 1990), *M. grandiflora* (Le Page-Degivry, 1970), *M. ovata* (Anderson *et al.*, 2009), *M. schiedeana* (Vásquez-Morales *et al.*, 2011), *M. sieboldii* (Wang y Tian, 1996), *M. soulangeana* (Le Page-Degivry, 1970) y *M. virginiana* (Del Tredici, 1981).

Diversos autores han reportado la existencia de latencia física para especies del género, como *Magnolia grandiflora* (Le Page-Degivry, 1970), *M. acuminata* (Smith, 1990), *M. portoricensis* (Alemañy-Merly, 1999) y *M. iltisiana* (Saldaña-Acosta *et al.*, 2001). Sin embargo, en estos estudios no se realizaron pruebas de imbibición para corroborar la existencia de este tipo de latencia. En este estudio se encontró que las semillas de *M. pugana* no tienen latencia física debido a que tienen la capacidad de absorber agua. En otras investigaciones se ha sugerido la existencia de latencia mecánica, como en *M. acuminata* (Smith, 1990) y *M. iltisiana* (Saldaña-Acosta *et al.*, 2001); o bien, morfo-fisiológica, como en *M. globosa* (Baskin y Baskin, 1998), *M. ingrata* (Han y Long, 2010a), *M. biloba* (Hu *et al.*, 2011), *M. officinalis* (Shu *et al.*, 2012) y *M. champaca* (Fernando *et al.*, 2013), pero para *M. pugana* no se encontraron estos tipos de latencia.

Conclusiones

El 67 % de las semillas de *Magnolia pugana* fueron viables, pero su germinación es baja debido a que poseen latencia química. La biomasa de las semillas mostró una correlación negativa con la imbibición. Las semillas más largas y anchas se registraron en PV. El tratamiento con el que se alcanzó el mayor porcentaje de germinación fue el de remoción manual del arilo con el 52%. Los tratamientos con ácido giberélico y el control, obtuvieron los porcentajes de germinación más bajos. Considerando que el mayor porcentaje de germinación se alcanzó con la remoción manual del arilo, la siembra de semillas de *M. pugana* con arilo removido, bajo condiciones controladas de invernadero, puede ser una práctica exitosa para la propagación de plántulas de esta especie, que ayuden a la reforestación y restauración de sus poblaciones en su ambiente natural.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de Alejandro Muñoz-Urías, Adriana Avendaño, Miguel Muñoz-Castro, Edgar López-Borja y Karla García.

Literatura citada

- Acevedo-Rosas R., Hernández-Galaviz M. y Cházaro-Basáñez M. 2008. Especies de plantas vasculares descritas de las barrancas aledañas a la ciudad de Guadalajara y de Río Blanco, Jalisco, México. *Polibotánica* **26**:1-38.
- Alemañ-Merly S.E. 1999. *Magnolia portoricensis* Bello Jaguilla. SO-ITF-SM-88. United States Department of Agriculture, Forest Service. Southern Forest Experiment Station, New Orleans.
- Anderson C.J., Ligterink W., Davide A.C., Amaral Da Silva E.A. y Hilhorst H.W.M. 2009. Changes in gene expression during drying and imbibitions of desiccation sensitive *Magnolia ovate* (A. St.-Hil.) Spreng. seeds. *Revista Brasileira de Sementes* **31**:270-280.
- Azcón-Bieto J. y Talon M. 2008. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. McGraw-Hill Interamericana de España, Madrid.
- Barbour J.R. 2008. *Magnolia* L. En: Bonner F.T. y Karrfalt R.P. Eds. *The Woody Plant Seed Manual*, pp. 700-705, United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington D.C.
- Baskin C.C. y Baskin J.M. 1998. *Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press/Elsevier, San Diego.
- Baskin J.M. y Baskin C.C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* **14**:1-16.
- Bewley J.D. y Black M. 1994. *Seeds. Physiology of Development and Germination*. Plenum Press, Nueva York.
- BGCI [Botanic Gardens Conservation International]. 2008. Global survey of *ex situ* Magnoliaceae collections. Disponible en: <http://www.bgci.org/files/worldwide/global_survey_of_ex_situ_magnoliaceae_collections.pdf> (consultado 03 de marzo de 2015).
- Callaway D.J. 1994. *The World of Magnolias*. Timber Press, Hong Kong.
- Cicuzza D., Newton A.C. y Oldfield S. 2007. *Red List of Magnoliaceae*. Fauna & Flora International, Cambridge.
- CONAGUA [Comisión Nacional del Agua]. 2014. Normales climatológicas por estación para los estados de Jalisco y Zacatecas, México. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75> (consultado 10 octubre 2014).
- Corral-Aguirre J. y Sánchez-Velásquez L.R. 2006. Seed ecology and germination treatments in *Magnolia dealbata*: An endangered species. *Flora* **201**:227-232.
- de la Barrera E. y Nobel P.S. 2003. Physiological ecology of seed germination for the columnar cactus *Stenocereus queretaroensis*. *Journal of Arid Environments* **53**:297-306.
- del Tredici P. 1981. *Magnolia virginiana* in Massachusetts. *Arnoldia* **41**:36-49.
- Dirr M.A. y Heuser C.W. 1987. *The Reference Manual of Woody Plant Propagation: From Seed to Tissue Culture, a Practical Working Guide to the Propagation of Over 1100 Species, Varieties and Cultivars*. Varsity Press, Athens.
- Fernando M.T.R., Gehan-Jayasuriya K.M.G., Walck J.L. y Wijetunga A.S.T.B. 2013. Identifying dormancy class and storage behaviour of champak (*Magnolia champaca*) seeds, an important tropical timber tree. *Journal Natural Science Foundation Sri Lanka* **41**:141-146
- Flores, J., Arredondo A. y Jurado E. 2005. Comparative seed germination in species of *Turbinicarpus*: an endangered cacti genus. *Natural Areas Journal* **25**:183-187.

- García-Ramírez Y., Freire-Seijo M., Tejada M. y Reyes M. 2007. Germinación *in vitro* de semillas de *Dendrocalamus strictus* (Rosb.) Nees. *Biotecnología Vegetal* **7**:41-44.
- Gardiner J.M. 1991. *Magnolias: their care and cultivation*. Illustrated Monographs, Cassell, Londres.
- González-Zertuche L. y Orozco-Segovia A. 1996. Métodos de análisis de datos de la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **58**:15-30.
- Gutiérrez L. y Vovides A.P. 1997. An in situ study of *Magnolia dealbata* Zucc. in Veracruz State: an endangered endemic tree of Mexico. *Biodiversity and Conservation* **6**:89-97.
- Hampton J.G., TeKrony D.M. y el ISTA Vigour Test Committee. 1995. *Handbook of Vigour Test Methods*. International Seed Testing Association, Zurich.
- Han C.-Y. y Long C.-L. 2010a. Dormancy, germination and storage of *Magnolia ingrata* seeds. *Seed Science and Technology* **38**:252-256.
- Han C.-Y., y Long C.-L. 2010b. Seed dormancy, germination and storage behavior of *Magnolia wilsonii* (Magnoliaceae), an endangered plant in China. *Acta Botanica Yunnanica* **32**:47-52.
- Harper J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, Londres.
- Helm K.W., Petersen N.S. y Abernethy R.H. 1989. Heat shock response of germinating embryos of wheat. *Plant Physiology* **90**:598-605.
- Hu J.-Q., Feng X.-E., Shen M.-X. y Wang Y. 2011. Study on the characteristics of seed dormancy and germination of *Magnolia biloba*. *Journal of Hangzhou Normal University (Natural Science Edition)* **10**:329-332.
- Ibarra-Castillo D., Ruiz-Corral J.A., Flores-Garnica J.G. y González-Eguiarte D.R. 2007. Distribución espacial del contenido de materia orgánica de los suelos de Zapopan, Jalisco. *Terra Latinoamericana* **25**:187-194.
- SPP [Secretaría de Planeación y Presupuesto]. 1981. *Síntesis Geográfica del Estado de Jalisco*. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, Secretaría de Planeación y Presupuesto. México D.F.
- Kim Y.W., Park S.Y., Park I.S. y Moon H.K. 2007 Somatic embryogenesis and plant regeneration from immature seeds of *Magnolia obovata* Thurberg. *Plant Biotechnology Reports* **1**:237-242.
- Le Page-Degivry M.T. 1970. Dormance de graine associée à une immaturité de l'embryon: Etude en culture *in vitro* chez *Magnolia soulangeana* Soul. Bod. et *Magnolia grandiflora* L. *Planta* **90**:267-271.
- Merkle S.A. y Wiecko A.T. 1990. Somatic embryogenesis in three *Magnolia* species. *Journal American Society Horticultural Science* **115**:858-860.
- Ogawa M., Hanada A., Yamauchi Y., Kuwahara A., Kamiya Y. y Yamaguchi S. 2003. Gibberellin biosynthesis and response during *Arabidopsis* seed germination. *The Plant Cell* **15**:1591-1604.
- Oldfield S., Lusty C. y MacKinven A. 1998. *The World List of Threatened Trees*. World conservation Press, Cambridge.
- Romo-Campos L., Flores-Flores J.L., Flores J. y Álvarez-Fuentes G. 2010. Seed germination of *Opuntia* from an aridity gradient in Central Mexico. *Journal of Professional Association for Cactus Development* **12**:181-198.
- Saldaña-Acosta A., Zuloaga-Aguilar M.S. y Jardel-Peláez E.J. 2001. Germinación de *Acer skutchii* Rehder y *Magnolia iltisiana* Vázquez en la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Foresta Veracruzana* **3**:1-8.
- SAS Institute Inc. 2002. SAS/STAT software, version 9. SAS Institute, Inc., Cary.
- Scifres C.J. y Brock J.H. 1971. Thermal regulation of water uptake by germinating honey mesquite seeds. *Journal of Range Management* **24**:157-158.
- Sharma J., Knox G.W. y Ishida M.L. 2006. Adventitious rooting of stem cuttings of yellow-flowered *Magnolia* cultivars is influenced by time after budbreak and indole-3-butyric acid. *HortScience* **41**:202-206.
- Shu X., Yang X. y Yang Z. 2012. Variation in seed and seedling traits among fifteen Chinese provenances of *Magnolia officinalis*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* **40**:274-283.
- Smith H.C. 1990. *Magnolia acuminata* L. Cucumbertree. In: Burns R.M. y Honkala B.H. (Technical coordinators) *Silvics of North America Volume 2: Hardwoods* pp. 857-867, Agriculture Handbook 654, Forest Service, United States Department of Agriculture, Washington D.C. Disponible en: <https://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/volume_2/silvics_v2.pdf>
- Sokal R.R. y Rohlf F.J. 1995. *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. W.H. Freeman and Company, Nueva York.
- Vásquez-Morales S.G. y Sánchez-Velásquez L.R. 2011. Seed ecology and pre-germinative treatments in *Magnolia schiedeana* Schlecht, an endangered species from Mexico. *Journal of Food, Agriculture and Environment* **9**:604-608.
- Vázquez-G. J.A. 1994. *Magnolia* (Magnoliaceae) in México y central America: A sinopsis. *Brittonia* **46**:1-23.
- Vázquez-G. J.A., Carbajal S. y Hernández L.L. 2002. *Magnolia pugana* (Magnoliaceae): una nueva combinación en el complejo *Magnolia pacifica*. *Novon* **12**:137-141.

Recibido:
27 de diciembre de 2014

Aceptado:
22 de marzo de 2015

- Vázquez-García J.A., Muñiz-Castro M.A., Cuevas-Guzmán R., Vargas-Rodríguez Y.L., Sahagún-Godínez E., Luquín-Sánchez H., Cisneros-Lepe E.A., Reynoso-Dueñas J. y Nieves-Hernández G. 2012a. Diversidad alfa de especies leñosas en relación con gradientes ambientales: Panorámica preliminar en el Occidente de México y en Mesoamérica a la escala de 0,1 ha. En: Eduardo Salcedo-Pérez, E. Hernández-Álvarez E., Vázquez-García J.A., Escoto-García T., Díaz-Echavarría N. Eds. *Recursos Forestales del Occidente de México: Diversidad, Manejo, Producción, Aprovechamiento y Conservación*, pp. 5-22. Serie Fronteras de Biodiversidad 4 Tomo 1, Universidad de Guadalajara, Guadalajara.
- Vázquez-García J.A., Muñiz-Castro M.A., De Castro-Arce E., Murguía-Araiza R., Nuño-Rubio A. y Cházaro-B.M.J. 2012b. Twenty new neotropical tree species of *Magnolia* (Magnoliaceae). En: Eduardo Salcedo-Pérez, E. Hernández-Álvarez E., Vázquez-García J.A., Escoto-García T., Díaz-Echavarría N. Eds. *Recursos Forestales en el Occidente de México*, pp. 91-131. Vol. 4, Tomo I. Universidad de Guadalajara, Guadalajara.
- Vázquez-Yanes C. y Orozco-Segovia A. 1996. Physiological ecology of seed dormancy and longevity in the tropical rain forest. En: Mulkey S., Chazdon R.L. y Smith A.P. Eds. *Tropical Forest Plant Ecology*, pp. 535-554, Chapman & Hall, Nueva York.
- Venable D.L. y Brown J.S. 1988. The selective interactions of dispersal, dormancy, and seed size as adaptations for reducing risk in variable environments. *The American Naturalist* **131**:360-384.
- Vovides P.A. e Iglesias C.G. 1996. Seed germination of *Magnolia dealbata* Zucc. (Magnoliaceae), an endangered species from Mexico. *HortScience* **31**:877.
- Walter K.S. y Gillett H.J. 1997. *IUCN. Red List of Threatened Plants*. Gland and Cambridge.
- Wang Z.J. y Tian B.N. 1996. Preliminary experiment on pregermination method of *Magnolia sieboldii* seeds. **3-4**:195-199.
- Yaklich R.W. y Kulik M.M. 1979. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: relationship of the standard germination test, seedling vigor classification, seedling length, and tetrazolium staining to field performance. *Crop Science* **19**:247-252.