

## Evaluación experimental de germinación y emergencia en semillas de piñón mexicano del Totonacapan\*

### Experimental evaluation of seed germination and emergence in purging nut from Totonacapan

Vicente Nolasco-Guzmán<sup>1</sup>, Humberta Gloria Calyecac-Cortero<sup>1</sup>, Abel Muñoz-Orozco<sup>2</sup>, Andrés Miranda-Rangel<sup>1</sup> y Jesús Axayacatl Cuevas-Sánchez<sup>1§</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo- Departamento de Fitotecnia y Preparatoria Agrícola, km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, México. Tel. 595 952 16 14.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados- Campus Montecillos, km 36.5. Carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. <sup>§</sup>Autor de correspondencia. jaxayacatl@gmail.com.

#### Resumen

El piñón mexicano, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae), es utilizada para diferentes propósitos: alimento, medicina, tutor, sombra y biocombustibles. No obstante la creciente importancia de la especie a nivel mundial, aún se carece de información precisa pertinente a su propagación. Teniendo como objetivo evaluar experimentalmente: 1) la germinación; 2) emergencia -tiempo y porcentaje-; 3) liberación de hojas cotiledonares; y 4) el porte de plántulas a diez días después de siembra (DDS). Se utilizaron semillas de seis accesiones, provenientes de seis estratos de elevación (191, 347, 542, 545, 610 y 630 msnm), en tres niveles de temperatura (25, 30 y 35 °C) y dos condiciones de testa (con y sin). A 30 °C la germinación se presentó en 3.8 días, en la accesión A-630 msnm la germinación, emergencia y liberación de hojas fue rápida (3.6, 4.6 y 7.4 días), mientras que el mayor porcentaje en las variables indicadas se presentó en A-347 (97.7, 96.3, 95.5%) y las plántulas de mayor porte (16.7 cm), también de A-630, comparado con los otros niveles de temperatura y accesiones colectadas en otras elevaciones. En relación con la testa, la germinación, emergencia y liberación de las hojas ocurrió más rápido cuando se eliminó ésta (3.8, 5.5 y 7.8 días); sin embargo, el mayor porcentaje de germinación se observó en las semillas con testa (88.5%). Los resultados aportan

#### Abstract

Purging nut, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) has different purposes: food, medicine, stake, shade and biofuels; despite the growing importance of the species worldwide, there is no accurate information relevant to its propagation. Aiming to evaluate: 1) germination; 2) emergence-time and percentage; 3) release of cotyledon leaves; and 4) seedlings type ten days after sowing (DAS); seeds from six accessions belonging to six elevation layers (191, 347, 542, 545, 610 and 630 masl), at three temperature (25, 30 and 35 °C) and two testa conditions (with and without) were used. At 30 °C germination occurred in 3.8 days, in accession A-630 masl germination, emergence and leave release was rapid (3.6, 4.6 and 7.4 days), while the highest percentage in the indicated variables was in A-347 (97.7, 96.3, 95.5%) and larger seedlings (16.7 cm) also to A-630, compared with other temperature and accessions collected in other elevations. Regarding to testa, germination, emergence and leave release occurred faster (3.8, 5.5 and 7.8 days) when removed; however, the highest germination percentage was in seeds with testa (88.5%). The results provide useful information to define technology leading to improve agronomic criteria for efficient cultivation.

\* Recibido: septiembre de 2016  
Aceptado: noviembre de 2016

información útil en la definición de la tecnología conducente al perfeccionamiento de los criterios agronómicos para su cultivo eficiente.

**Palabras clave:** *Jatropha curcas*, biocombustible, crecimiento inicial, emergencia, germinación.

## Introducción

En la actualidad, varios son los problemas principales asociados a los combustibles fósiles, tales como la contaminación en su proceso de extracción y su uso (Adams *et al.*, 1999; Di Toro *et al.*, 2007), además de su próximo agotamiento en los yacimientos naturales. Con base en lo anterior, la necesidad de contar con fuentes de energía renovables es una prioridad, en la que evidencian importancia especies vegetales como *Jatropha curcas* L. que, por la cantidad y calidad de los aceite contenidos en sus semillas, presenta excelentes posibilidades de uso como energético doméstico e industrial (Foidl *et al.*, 1996; Francis *et al.*, 2005; Toral *et al.*, 2008; Verma y Gaur, 2009).

*J. curcas*, conocida comúnmente como piñón mexicano, *naxtli* (Nahuatl), *Chu'ta* (Totonaco) o *tempate*, pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, de crecimiento rápido y puede alcanzar de 4 a 8 m (Heller, 1996) o más, en suelos fértiles y húmedos. Es originaria de México y Centroamérica, y se desarrolla en la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales (Heller, 1996), zonas con precipitaciones medias anuales de 250 a 1 200 mm (Openshaw, 2000; Achten *et al.*, 2008). En México, se le encuentra en diez estados, entre los que destacan: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Morelos, Puebla, Yucatán e Hidalgo (CONAFOR, 2010), ya que las condiciones climáticas que existen algunas regiones de éstos son adecuadas para su desarrollo (SEMARNAT, 2010).

Dependiendo del proceso de análisis, las semillas pueden contener de 35 a 40% de aceite (Kaushik *et al.*, 2006), 27 a 32% de proteína (Makkar *et al.*, 1998b), pudiendo obtenerse hasta 63% de harina seca (Makkar *et al.*, 1997). Por estas y otras características, se está propagando con propósitos comerciales para uso industrial, incluyendo harina para alimento de animales (Aderibigbe *et al.*, 1997). Además, posee propiedades medicinales (Duke, 1985; Kumar y Sharma, 2008). En algunas regiones de México, como en el Totonacapan, los genotipos allí distribuidos evidencian domesticación por su nula o baja toxicidad y las semillas

**Keywords:** *Jatropha curcas*, biofuel, emergence, germination, initial growth.

## Introduction

Currently there are several major problems associated with fossil fuels such as pollution in the extraction process and its use (Adams *et al.*, 1999; Di Toro *et al.*, 2007), besides its exhaustion from natural deposits. Based on the above, the need to count with renewable energy sources is a priority. Plant species such as *Jatropha curcas* L., can prove to be important for the quantity and quality of oil content in its seeds, has excellent possibilities of use as domestic and industrial fuels (Foidl *et al.*, 1996; Francis *et al.*, 2005; Toral *et al.*, 2008; Verma and Gaur, 2009).

*J. curcas*, commonly known as Mexican pinion, purging nut, *naxtli* (Nahuatl), *Chu'ta* (Totonaco) or *tempate*, belongs to the *Euphorbiaceae* family, fast growing and can reach 4 to 8 m (Heller, 1996) or more in fertile and moist soils. It is native to Mexico and Central America, and grows in most tropical and subtropical regions (Heller, 1996), areas with average annual rainfall of 250 - 1200 mm (Openshaw, 2000; Achten *et al.*, 2008). In Mexico, it is found in ten states, among which are: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Morelos, Puebla, Yucatán and Hidalgo (CONAFOR, 2010), since climatic conditions in some of these regions are suitable for their development (SEMARNAT, 2010).

Depending on the analysis process, seeds may contain 35 to 40% oil (Kaushik *et al.*, 2006), 27 to 32% protein (Makkar *et al.*, 1998b), can be obtained up to 63% dry flour (Makkar *et al.*, 1997). For these and other features, it is spreading for commercial and industrial purposes, including flour for animal feed (Aderibigbe *et al.*, 1997). It also has medicinal properties (Duke, 1985; Kumar and Sharma, 2008). In some regions from Mexico, as in Totonacapan, the genotypes distributed there show domestication by its lack or low toxicity and used as human food (Makkar *et al.*, 1998a). Previously toasted, the seeds are eaten alone, incorporated in the preparation of regional dishes, such as pipián, or accompanied with pot beans.

For their adaptive and easy growth characteristics, this species is used in soil remediation, to prevent erosion, reforestation of degraded areas (Ratree, 2004), as well as hedge row, stake for vanilla plant and shade for the same

se utilizan como alimento humano (Makkar *et al.*, 1998a). Previamente tostadas, las semillas se comen solas o bien incorporándolas en la preparación de platillos regionales, como pipián o acompañado con frijoles de olla.

Por sus características adaptativas y de fácil crecimiento, esta especie es utilizada en la recuperación de suelos, para evitar la erosión, para reforestación de áreas deterioradas (Ratree, 2004), así como para cerca viva, tutor de la planta de vainilla y sombra dicha especie o bien en plantíos de café (Kumar y Sharma, 2008), entre otros usos. A pesar de que *J. curcas* evidencia un amplio potencial para incrementar su cultivo mediante su multiplicación somática, la cual es relativamente rápida, aún no se cuenta con protocolos precisos relativos a las condiciones ideales para la germinación de sus semillas, situación que -entre otros aspectos- ha limitado su mejoramiento genético, ya que, como es sabido, para lograr este propósito es indispensable disponer de la diversidad genética derivada de la reproducción sexual (por semilla botánica).

Además de lo mencionado, la semilla de *J. curcas* es procesada para la obtención de biodiesel, razón por la cual se está propagando masivamente tanto en forma vegetativa como por semilla. Sin embargo, según varios investigadores y productores, el uso de semillas para la obtención de plántulas es la más utilizada, sobre todo en plantaciones extensas, ya que las plántulas obtenidas por este proceso son más robustas, longevas y resistentes a enfermedades y sequía, debido a que el sistema radical generado por estas estructuras es más eficiente que el generado por varetas Saturnino *et al.* (2005).

**Germinación.** Las propiedades de las semillas de *J. curcas* son altamente influenciadas por las condiciones ambientales (Ginwal *et al.*, 2005), además de poseer sustancias inhibitorias, por lo que deben ser secadas hasta 5% de humedad para incrementar el porcentaje de la germinación en corto tiempo. El porcentaje de germinación de *J. curcas* es muy variado, de 0 a 65% (Moncaleano-Escandon *et al.*, 2013). Algunos autores, mencionan que esta heterogeneidad es causada por dormancia exógena inducida por la testa, al ser restringida la imbibición de las semillas. Además, la germinación y emergencia puede variar desde días hasta meses, evidenciando el proceso fisiológico referido, en el que, al parecer también influye la presencia de la carúncula. Otra característica que necesita de un manejo adecuado, es el almacenamiento, ya que las semillas pierden su viabilidad y potencial de germinación, en periodos tan cortos como 6 meses, sin control ambiental, pudiendo restringirse el periodo de viabilidad si la temperatura y humedad se incrementan (Moncaleano-Escandon *et al.*, 2013).

species or in coffee plantations (Kumar and Sharma, 2008), among other uses. Although *J. curcas* shows wide potential to increase its culture through somatic multiplication, which is relatively quick; still there are no accurate protocols covering the ideal conditions for seed germination, situation which among other aspects has limited their breeding, since, as is known, to achieve this purpose is essential to have genetic diversity arising from sexual reproduction (by botanical seed).

In addition to the above, *J. curcas* seed is processed to produce biodiesel, reason why is spreading massively, both vegetatively and by seed. However, according to several researchers and producers, the use of seeds to obtain seedling is the most common, especially on large plantations, as seedlings obtained by this process are more robust, long-lived and resistant to disease and drought, due to the root system generated by these structures are more efficient than generated by twigs Saturnino *et al.* (2005).

**Germination.** The properties of *J. curcas* seeds are highly influenced by environmental conditions (Ginwal *et al.*, 2005), besides having inhibitory substances, reason why must be dried to 5% moisture to increase the germination rate in short time. The germination rate of *J. curcas* ranges from 0 to 65% (Moncaleano-Escandon *et al.*, 2013). Some authors mention that this heterogeneity is caused by exogenous dormancy induced by testa, being restricted to seed imbibition. In addition, germination and emergence can vary from days to months, demonstrating the physiological process mentioned before, which apparently also influences the presence of caruncle. Another characteristic that needs proper management is storing, since the seeds lose their viability and germination potential, in periods as short as 6 months without environmental control, being able to restrict the viability period if temperature and humidity are increased (Moncaleano-Escandon *et al.*, 2013).

Due to the above background, in this paper was raised as a general objective, to evaluate the responses of six different materials (genotypes), adapted to six different elevations, to pre-germination treatments indicated.

## Materials and methods

The experiment was established in the laboratory "Banco Nacional de Germoplasma Vegetal" (BANGEV), located in the Department of Plant Science at the Autonomous

Debido a los antecedentes mencionados, en el presente trabajo se planteó como objetivo general, evaluar experimentalmente las respuestas de seis diferentes materiales (genotipos), adaptados seis diferentes elevaciones, a los tratamientos pregerminativos indicados.

## Materiales y métodos

El experimento se estableció en el laboratorio del “Banco Nacional de Germoplasma Vegetal” (BANGEV), ubicado en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. El material vegetal evaluado correspondió a seis accesiones provenientes de la Sierra Norte del Estado de Puebla y del estado de Veracruz (Cuadro 1), cultivados en la región denominada Totonacapan. Las semillas empleadas fueron previamente deshidratadas hasta 5% en sus tejidos, para lo cual se utilizó sílica gel con indicador de humedad, cotejando dicho nivel de deshidratación mediante el método conocido comúnmente de la estufa. La reducción de la humedad en las semillas se realizó previo al almacenamiento por un periodo de seis meses en el cuarto frío del BANGEV, a -18 °C y 15% de HR.

**Preparación de las semillas.** La escarificación se realizó manera manual retirando la testa parcialmente. Una vez que se retiró la testa, las semillas se trataron con una solución fungicida (3 g L<sup>-1</sup> de Captan), durante diez minutos, con el fin de inhibir el desarrollo de hongos presentes en la estructura retirada.

**Establecimiento del experimento.** El experimento se llevó a cabo en una cámara de germinación, marca Seedburo, modelo MPG-3000, en donde se introdujeron las charolas con Peat moss® al 80% de humedad, a temperaturas de: 25°, 30° y 35 °C. Una vez colocadas las semillas en cada cavidad, se cubrió con una capa de sustrato de 1 cm, para mantener la humedad.

**Toma de datos.** Las variables evaluadas fueron: 1) días a germinación; 2) porcentaje de germinación; 3) días a emergencia; 4) porcentaje de emergencia; 5) días a liberación de las hojas cotiledonares; y 6) porte de plántula a diez días de siembra.

**Días a germinación:** días transcurridos desde la siembra hasta la germinación de la semilla, se consideró semilla germinada, cuando ésta presentaba un crecimiento de la raíz principal, con una longitud aproximada de 1 cm. **Porcentaje de germinación:** se calculó contando las semillas

University Chapingo. The tested plant material corresponded to six accessions from the Sierra Norte of Puebla and Veracruz state (Table 1), grown in the region called Totonacapan. The seeds used were previously dried to 5% in their tissues, for which silica gel with humidity indicator was used, comparing this level of dehydration through the method commonly known stove. The reduction of moisture in seed was conducted prior to storage for a period of six months in the cold room from BANGEV, at -18 °C and 15% RH.

### Cuadro 1. Accesiones evaluadas y resguardadas en el Banco Nacional de Germoplasma Vegetal.

**Table 1. Accessions evaluated and stored in the National Plant Germplasm Bank.**

Accesiones	Paraje y municipio	Altitud (m)	Ubicación geográfica
A-191	Martínez de la Torre, Ver.	191	20°02'12" N, 97°05'44" O
A-347	Tlapacoyan, Ver.	347	19°58'36" N, 97°12'30" O
A-542	San Rafael, Huehuetla, Pue.	542	20°04'38" N, 97°38'12" O
A-545	Tuzamapan, Pue.	545	20°03'54" N, 97°34'39" O
A-610	Ecatlán, Jonotla, Pue.	610	20°03'30" N, 97°33'51" O
A-630	Zozocolco de Hidalgo, Ver.	630	20°05'40" N, 97°40'37" O

**Seed preparation.** Scarification was performed manually partially removing testa. Once testa was removed, the seeds were treated with a fungicidal solution (3 g L<sup>-1</sup> Captan), for ten minutes, in order to inhibit the development of fungi in the structure.

**Experiment establishment.** The experiment was carried out in a germination chamber, Seedburo, model MPG-3000, where trays with Peat moss® at 80% humidity at temperatures: 25°, 30° and 35 °C were introduced. Once the seeds are placed in each well, were covered with a substrate layer of 1 cm, to keep moisture.

**Toma de datos.** Las variables evaluadas fueron: 1) días a germinación; 2) porcentaje de germinación; 3) días a emergencia; 4) porcentaje de emergencia; 5) días a liberación de las hojas cotiledonares; y 6) porte de plántula a diez días de siembra.

germinadas en relación a las semillas puestas inicialmente en el experimento. Días a emergencia: días transcurridos desde la siembra a la emergencia de la plántula con las hojas cotiledonares. Se consideró como planta emergida, aquella cuyas hojas cotiledonares podían apreciarse en la superficie del sustrato. Porcentaje de emergencia: se determinó contabilizando el número de plántulas que emergieron en relación al total de semillas puestas en el experimento. Días a liberación de las hojas cotiledonares: esta etapa se determinó en aquellas plántulas en las que se observó las hojas cotiledonares plenamente desarrolladas. Porcentaje de plántulas que desarrollaron las hojas verdaderas (nomófilos): es la relación de plántulas que llegaron a liberar las hojas verdaderas, tomando en cuenta que las hojas fueran completas y con posibilidad de fotosintetizar, entre el total de semillas colocadas. Porte de plántula a diez días de emergencia: esta variable se determinó midiendo las plantas a partir del cuello de las mismas hasta el ápice.

Diseño experimental. Se aplicó el diseño en bloques completos al azar, con tres repeticiones. Los factores evaluados fueron: temperatura, con tres niveles, 25, 30 y 35 °C, tratamiento de testa con dos niveles: sin testa "ST", con testa "CT", y seis accesiones: A-191, A-347, A-542, A-545, A-610 y A-630.

Análisis de los datos. Los resultados fueron analizados usando el paquete estadístico SAS, con el procedimiento GLM, y comparación de medias con base en el procedimiento de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

## Resultados y discusión

De acuerdo al análisis de varianza realizado de los datos del experimento, se observó diferencias estadísticas significativas ( $\alpha=0.05$ ), en diferentes variables, por efecto de tratamiento de pregerminación, temperatura y accesiones (Cuadro 2 y 3). Por tratamiento de pregerminación, se tuvo efecto en las variables: días a germinación (Cuadro 2), días a liberación de hojas y porte de plántula a los 10 días (Cuadro 3). Por efecto de temperatura se registró diferencias en variables: días a germinación, días a emergencia (Cuadro 2), días a liberación de hojas cotiledonares, y en porte de plántula a los 10 días después de germinación (Cuadro 3). Entre accesiones, se observó diferencias en todas las variables evaluadas. En la interacción de factores, sólo hubo diferencia estadística en el porte de plántulas en la interacción de TEMP x TES (Cuadro 3).

Data collection. The variables evaluated were: 1) days to germination; 2) germination rate; 3) days to emergence; 4) emergence rate; 5) days to release of cotyledon leaves; and 6) seedling size ten days after planting.

Days to germination: days from sowing to seed germination, it was considered germinated seed when it showed a growth of the taproot, with an approximate length of 1 cm. *Germination rate*: was calculated by counting the germinated seeds compared to seeds placed initially in the experiment. *Days to emergence*: days from sowing to seedling emergence with cotyledon leaves. It was considered emerged plant that whose cotyledon leaves could be seen on the substrate surface. Emergence rate: was determined counting the number of seedlings that emerged in relation to total amount of seed placed in the experiment. Days to release of cotyledon leaves: this stage was determined in those seedlings in which were observed fully developed cotyledon leaves. Percentage of seedlings that developed true leaves: is the seedling ratio achieving to release true leaves, taking into account that the leaves were complete and able to photosynthesize, from the total seeds placed in the experiment. Seedling size to ten days from emergence: this variable was determined by measuring the plants from the neck to the apex thereof.

Experimental design. The design was randomized complete blocks with three replications. The evaluated factors were: temperature, with three levels, 25, 30 and 35 °C, testa treatment with two levels: without testa "ST", with testa "CT" and six accessions: A-191, A-347, A-542, A-545, A-610 and A-630.

Data analysis. The results were analyzed using the SAS statistical package, with the GLM procedure and means comparison Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

## Results and discussion

According to the analysis of variance performed to the experiment data, statistically significant differences ( $\alpha=0.05$ ) were observed in different variables, by effect of pre-germination, temperature and accessions (Table 2 and 3). By pre-germination treatment there was an effect on variables days to germination (Table 2), days to leave release and seedling size at 10 days (Table 3). By temperature, there were differences in: days to germination, days to

**Cuadro 2. Análisis de varianza de días a germinación y emergencia y porcentaje de germinación y emergencia.**  
**Table 2. Analysis of variance of days to germination and emergence and germination and emergence rate.**

FV	GL	DGER	P	PGER	P	DEMER	P	PEMER	P
ACC	5	10.2	<.0001*	8.25	<.0001*	11.07	<.0001*	4.89	0.0007*
TES	1	11.41	0.0012*	0.18	0.6703	0.07	0.7939	2.03	0.1587
TEMP	2	24.16	<.0001*	0.1	0.9045	43.7	<.0001*	0.94	0.394
TEMP*ACC	10	0.45	0.9145	1.09	0.384	1.65	0.111	1.55	0.139
ACC*TES	5	0.88	0.4972	1.65	0.1589	1.13	0.3532	0.78	0.5692
TEMP*TES	2	0.11	0.8917	0.95	0.3923	0.68	0.5101	0.04	0.9587
TEMP*ACC*TES	10	0.66	0.76	0.76	0.6649	1.11	0.3652	0.72	0.7046
Error	72	0.384		214.12		0.538		262.962	
CV		13.85		16.87		11.4		19.5	

Significativa ( $p \leq 0.05$ ). FV= fuente de variación; GL= grados de libertad; DGER= días a germinación; PGER= porcentaje de germinación; DEMER: días a emergencia; PEMER= porcentaje de emergencia; ACC= accesión; TES= condición de testa; TEMP= nivel de temperatura; CV= coeficiente de variación.

**Cuadro 3. Análisis de varianza de días a liberación de hojas cotiledonares, porcentaje de plántulas que liberaron hojas verdaderas y porte de panta.**

**Table 3. Analysis of variance of days to release of cotyledon leaves, seedlings rate of plants that released true leaves and plant size.**

FUENTE	GL	DLH	P	PLH	P	ALTP	P
ACC	5	7.64	<.0001*	4.03	0.0028*	9.8	<.0001*
TES	1	6.23	0.0148*	1.43	0.2359	99.7	<.0001*
TEMP	2	35.33	<.0001*	1.13	0.3291	10.29	0.000*
TEMP*ACC	10	1.55	0.4405	1.63	0.1166	1.46	0.1727
ACC*TES	5	0.19	0.9649	0.81	0.5454	1.95	0.0959
TEMP*TES	2	1.09	0.3432	0.7	0.4999	3.41	0.0383*
TEMP*ACC*TES	10	1.48	0.1635	1.16	0.3299	1.41	0.1949
Error	72	0.542		259.259		5.171	
CV		8.36		19.13		15.48	

Significativa ( $p \leq 0.05$ ). FV= fuente de variación; GL= grados de libertad; DLH= días a liberación de hojas cotiledonares; PLH= porcentaje de plántulas que liberaron hojas cotiledonares; ALTP= porte media de las plántulas. ACC= accesión; TES= condición de testa; TEMP= nivel de temperatura; CV= coeficiente de variación.

A 30 °C se obtuvo la mejor respuesta a la germinación, con menor tiempo (3.8 días), mientras que a 25 °C y 35 °C, la respuesta de germinación fue hasta los 4.6 días (Figura 1A). En porcentaje de germinación, la mejor respuesta se registró a los 25 °C (88.7%), seguida por las temperaturas de 30 y 35 °C, con 87.7 y 87.2%, respectivamente (Figura 2A).

En la evaluación de la germinación de las semillas se observó que, la mejor respuesta se registró a los 25 y 30 °C, resultados que concuerdan con lo reportado por Windauer *et al.* (2012),

emergence (Table 2), days to release of cotyledon leaves, and seedling size at 10 days after germination (Table 3). Among accessions, differences were observed in all variables. In factors interaction, there were only statistical difference in seedlings size in interaction TEMP x TES (Table 3).

At 30 °C obtained the best response to germination, with lower time (3.8 days), while at 25 °C and 35 °C, germination response was up to 4.6 days (Figure 1A). As for germination

al estudiar las respuestas de germinación de semilla de *J. curcas* en diferentes temperaturas relacionadas con diferente potencial hídrico, en donde observó que, a 25 °C las semillas presentan el mayor porcentaje de germinación (82%) y plántula con buen desarrollo inicial, en comparación con el tratamiento de 30°C, aunque para este último la germinación y emergencia ocurrieron más rápido, las plántulas sufrieron elongación. Trindade-Lessa *et al.* (2015), en estudios sobre semillas de *Enterolobium contortisliquum* (Vell.) Morong, encontró que la germinación fue mayor a temperatura de 25 a 30 °C (>80%), mientras que a temperatura de 40 °C fue perjudicial para el crecimiento inicial de las plántulas, lo cual evidencia que el control de la temperatura es importante durante la germinación, principalmente porque estimula la actividad metabólica y disponibilidad de algunas sustancias para el inicio de crecimiento del hipocótilo, además con una temperatura estable ayuda favorece la imbibición uniforme de las semillas, propiciando una germinación uniforme (Murcia *et al.*, 2006). Sin embargo, es importante considerar que en otros géneros, el mayor porcentaje de germinación se obtiene en condiciones de temperatura fluctuante, como es el caso de algunas especies de *Bursera* sp. (Bonfil-Sanders *et al.*, 2008).

Por efecto de tratamiento pregerminativo, las diferencias fueron significativas ( $p \leq 0.05$ ), en semillas con testa, la germinación se registró a los 4.2 días, mientras que en semillas con el sin testa, la germinación fue a los 3.8 días (Figura 1C). Sin embargo, el mayor porcentaje germinación mayor se obtuvo en las semillas con testa (88.5%) (Figura 2C), no obstante, en las semillas sin testa, no hubo diferencias estadísticamente significativas en la emergencia, presentándose a los 5.5 días en ambas condiciones (Figura 1C); mientras que el porcentaje de plántulas emergidas a partir de semillas con testa fue mayor (87.2%) y 83.8% en aquellas sin testa (Figura 2C).

La separación de la testa de las semillas o escarificación, es un tratamiento frecuentemente utilizado en frutales o especies con semillas de testa dura que impide la absorción libre de agua, ya que en semillas con estas características se retarda la germinación o ésta se presenta pero muy poco uniforme. Pavón *et al.* (2011), al estudiar la germinación y establecimiento de *Mimosa aculeaticarpa* (Willd.), registraron que las semillas que fueron escarificadas presentaron mayor porcentaje de germinación, y aún mejores resultados cuando se combina este tratamiento con temperaturas de 25 a 30 °C. Sin embargo, en ocasiones los tratamientos pregerminativos tienen poco efecto en la velocidad o porcentaje de este proceso, pero puede propiciar una germinación homogénea (Brevis, 2003).

rate, the best response was recorded at 25 °C (88.7%), followed by temperatures of 30 and 35 °C, with 87.7 and 87.2%, respectively (Figure 2A).

The best response for seed germination was recorded at 25 and 30 °C. This results are consistent with those reported by Windauer *et al.* (2012) who studied the responses of seed germination of *J. curcas* at different temperatures associated with different water potential, noting that at 25 °C seeds have the highest germination rate (82%) and seedlings with good initial development, compared with treatment at 30 °C. Although for the latter, germination and emergence occurred faster and seedlings suffered elongation. Trindade-Lessa *et al.* (2015), in studies on seeds of *Enterolobium contortisliquum* (Vell.) Morong, found that germination was higher at temperatures from 25 to 30 °C (> 80%), while at 40 °C it was detrimental to seedling initial growth, showing that temperature control is important during germination, because stimulates metabolic activity and availability of some substances for hypocotyl to start growing, also a stable temperature aids to promote uniform imbibition of seeds, favoring uniform germination (Murcia *et al.*, 2006). However, it is important to consider that in other genres, the highest germination rate is obtained under fluctuating temperature conditions, as in the case of some species of *Bursera* sp. (Bonfil-Sanders *et al.*, 2008).

The effect of the pre-germinative treatment showed significant differences ( $p \leq 0.05$ ) in seed with testa, germination was at 4.2 days, while seed without testa germination was at 3.8 days (Figure 1C). However, the highest germination rate obtained was in seeds with testa (88.5%) (Figure 2C), nevertheless, in seed without testa, there were no statistically significant differences in emergence, appearing at 5.5 days in both conditions (Figure 1C); while seedling rate emerged from seeds with testa was higher (87.2%) and 83.8% in those without testa (Figure 2C).

The separation of testa from seed or scarification, is a treatment often used in fruit or species with seeds of hard testa that prevents free water absorption, since in seeds with these features germination is delayed or it is presented but very uneven. Pavón *et al.* (2011), by studying germination and establishment of *Mimosa aculeaticarpa* (Willd.) recorded that seeds which were scarified showed higher germination rate, and even better results when this treatment is combined with temperatures of 25 to 30 °C. However, sometimes pre-germinative treatments have little effect on speed or percentage of this process, but can lead to homogeneous germination (Brevis, 2003).

Las semillas provenientes de localidades de baja elevación (191 msnm) germinaron a los 1.1 días y las de mayor elevación (630 msnm) germinaron en 3.6 días, en promedio; mientras que las accesiones provenientes de elevaciones intermedias (350- 600 msnm), la germinación se presentó entre los 4 a 4.8 días (Figura 1B).

En porcentaje de germinación entre las accesiones, también se evidenciaron diferencias, teniendo que: para A-630 fue de 75.5%, A-347 y A-610 presentaron germinación 97.7%, A-545 y A-542 los porcentajes fueron de 85.5 y 93.3%, respectivamente (Figura 2B). Sin embargo, estos datos también involucraron sitios diferentes de colecta.

Las accesiones evidenciaron diferencias estadísticamente significativas tanto en los días a germinación (4 a 5 días), como en porcentaje (75 a 100%). Lo anterior puede deberse a que las condiciones de donde se colectaron las semillas, es decir, las condiciones en que se encuentran las plantas madre son contrastantes (Baskin y Baskin, 2001; Windauer *et al.*, 2012). Los resultados aquí obtenidos coinciden, con lo reportado por Hernández-Verdugo *et al.* (2010), al evaluar semillas de chile silvestre colectados en diferentes ambientes, en el que detectaron diferencias en los patrones de germinación debido en gran parte a las condiciones del ambiente de crecimiento de la planta madre.

La emergencia de las plántulas también evidenció efecto significativo ( $p \leq 0.05$ ), primordialmente en los factores de accesiones y temperatura. Para esta variable, los mejores niveles de temperatura fueron de 25 °C y 30 °C, pues las plántulas emergieron a los 5 y 5.1 días después de siembra, respectivamente, mientras que a 35 °C, se presentó a los 6.4 días (Figura 1A). Los porcentajes de germinación fueron de 88.1 y 82.1%, a 30 °C y 35 °C, respectivamente (Figura 2A), esto concuerda con lo reportado por Herrera y Elizaga (1995), al estudiar la germinación de semillas de china (*Impatiens balsamica*), donde el índice de velocidad de germinación aumenta hasta la temperatura optima donde se estabiliza para luego empezar a descender. En relación a la emergencia entre las accesiones, hubo diferencias estadísticamente significativas, teniendo que: la accesión A-630 emergió a los 4.6 días, seguido de A-347 y A-191 a los 5.4 y 5.2 días, respectivamente; mientras que A-545, presentó emergencia hasta los 6.2 días (Figura 1B).

En relación con el porcentaje de emergencia, las accesiones A-347 y A-610 registraron 96.3 y 92.2%, respectivamente, siendo éstas las accesiones con el más altos valores para

Seeds from low elevation sites (191 masl) germinated at 1.1 days and those from higher elevation (630 masl) germinated at 3.6 days on average; while accessions from intermediate elevations (350- 600 masl), germination occurred between 4 to 4.8 days (Figure 1B).

Germination rate between accessions, showed significant differences, having: A-630 was 75.5%, A-347 and A-610 had germination 97.7%, A-545 and A-542, percentages of 85.5 and 93.3%, respectively (Figure 2B). However, these data also involved different collection sites.

Accessions showed statistically significant differences in both days to germination (4 to 5 days), and rate (75 to 100%). This may be because the conditions where seeds were collected, i.e., the conditions under which are the mother plants are contrasting (Baskin and Baskin, 2001; Windauer *et al.*, 2012). The results obtained here coincide with those reported by Hernández-Verdugo *et al.* (2010), assessing wild pepper seeds collected in different environments in which detected differences in germination patterns due largely to environmental conditions of growth of the mother plant.

Seedling emergence also showed significant effect ( $p \leq 0.05$ ), primarily on accessions and temperature. For this variable, the best levels of temperature were 25 °C and 30 °C, as seedlings emerged at 5 and 5.1 days after sowing, respectively, whereas at 35 °C, was at 6.4 days (Figure 1A). Germination rate were 88.1 and 82.1% at 30 °C and 35 °C, respectively (Figure 2A), this is consistent with that reported by Herrera and Elizaga (1995), studying the germination of seed from China (*Impatiens balsamica*), where the germination rate index increases to the optimum temperature where it stabilizes and then begins to decline. In relation to the emergence among accessions, there were statistically significant differences, showing: accession A-630 emerged at 4.6 days, followed by A-347 and A-191 at 5.4 and 5.2 days, respectively; while A-545, emerged at 6.2 days (Figure 1B).

Regarding emergence rate, accessions A-347 and A-610 recorded 96.3 and 92.2%, respectively, being these accessions with the highest values for this variable; where A-630 and A-191 are the accessions with the lowest rate, 75.5 and 76.4%, respectively (Figure 2B).

Seed germination is an important process in the propagation of a plant that should lead to the establishment of a seedling and to achieve it, should end with emergence. Emergence in many cases is related to seed vigor; i.e. the amount of



esta variable; siendo A-630 y A-191 las accesiones con el menor porcentaje, con 75.5 y 76.4%, respectivamente (Figura 2B).

La germinación de las semillas, es un proceso importante en la propagación de una planta que debe llevar al establecimiento de la plántula, y para ello ésta debe finalizar con la emergencia. La emergencia, en muchas ocasiones está relacionada con el vigor de la semillas; es decir, la cantidad de reservas contenida (Windauer *et al.*, 2012), la respuesta al ambiente o condiciones que se le provea (Baskin y Baskin, 2001; Pavón *et al.*, 2011) y la sanidad de las mismas. Gally *et al.* (2004), realizando pruebas con semillas de soya determinaron que la emergencia de plántulas se incrementa al tratar a éstas con fungicidas, debido a que una gran cantidad de dichas estructuras germinan aun cuando éstas tengan poco vigor, pero si están infectadas por algún patógeno, la plántula no emerge. Al respecto Vázquez *et al.* (2011), reportaron diferencias en la emergencia y desarrollo temprano de plántulas en tres variantes de maguey. Godínez-Ibarra *et al.* (2007), en estudios de semilleros de *Fagus grandifolia* Ehrh., observaron que la germinación y emergencia de las semillas, no garantiza la supervivencia de las plántulas, ya que éstas pueden ser invadidas por enfermedades, consumidas por herbívoros o afectados por un ambiente adverso.

La liberación de hojas cotiledonares se observó en la primera semana después de la siembra, con diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos. Por efecto de temperatura, los días a liberación de hojas cotiledonares se registraron a los 7.5, 7.7 y 8.9 días después de la siembra, a temperaturas de 30°, 25° y 35 °C, respectivamente (Figura 1A).

En cuanto al porcentaje de liberación de hojas cotiledonares, a 30 °C se registró el valor más alto con 87.2%, seguido de 25 °C y el más bajo 35 °C (Figura 2A). Entre las accesiones, hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ), en el que la accesión A-630 liberó sus hojas en menor tiempo (7.4 días), mientras que A-545 lo hizo en 8.7 días (Figura 1B).

En relación a la variable anterior, el efecto de la escarificación en ésta evidenció diferencias estadísticamente (Cuadro 3), teniendo que las semillas sin testa liberaron las hojas antes (7.8 días) que las semillas con testa (8.2 días) (Figura 1C). Sin embargo, después de varios días a la liberación de las hojas cotiledonares y el tamaño de la plántula ya no está

reservas contained (Windauer *et al.*, 2012), the response to the environment or conditions that are provided (Baskin and Baskin, 2001; Pavón *et al.*, 2011) and health thereof. Gally *et al.* (2004), performing test with soybean seeds determined that seedling emergence increases by treating them with fungicides, because many of these structures germinate even if this have little vigor, but if infected by any pathogen, the seedling does not emerge. In this regard Vázquez *et al.* (2011) reported differences in emergence and early seedling development in three maguey species. Godínez-Ibarra *et al.* (2007), in studies on nurseries of *Fagus grandifolia* Ehrh., observed that germination and seed emergence does not guarantee the survival of seedlings, since these can be invaded by diseases, consumed by herbivores or affected by adverse environment.

The release of cotyledon leaves was in the first week after planting, with statistically significant differences ( $p \leq 0.05$ ) between treatments. By effect of temperature, days to release of cotyledon leaves were recorded at 7.5, 7.7 and 8.9 days after sowing, at temperatures of 30°, 25° and 35 °C, respectively (Figure 1A).

As for release rate of cotyledon leaves, at 30 °C recorded the highest value 87.2%, followed by 25 °C and the lowest 35 °C (Figure 2A). Among the accessions, there were statistically significant differences ( $p \leq 0.05$ ), in which accession A-630 released their leaves in less time (7.4 days), while A-545 did it in 8.7 days (Figure 1B).

In relation to the previous variable, the effect of scarification in this showed statistical differences (Table 3), having that seeds without testa released the leaves before (7.8 days) than seeds with testa (8.2 days) (Figure 1C). However, after several days to release of the cotyledon leaves and seedlings size is no longer related at all with the characteristics of the seed (Vázquez *et al.*, 2011) and seedling survival will depend on other factors mainly environmental. On the other hand, when a young plant emerges and establishes it increases the probability of survival. Whereas, if seed is less vigorous germination and emergence takes longer, seedling competition for light and space is stronger and possible presence of diseases, which hinder further development (Godínez-Ibarra *et al.*, 2007); although sometimes seedlings size in the first days is also influenced by factors such as temperature, which can change the relationship between root and aerial parts (Murcia *et al.*, 2006). Zitacuaro and Aparicio (2004) found striking differences in seedling size and diameter of *Pinus oaxacana* Mirov from three localities

relacionado del todo con las características de la semilla (Vázquez *et al.*, 2011) y la sobrevivencia de las plántulas dependerá de otros factores, principalmente ambientales. Por otra parte, cuando una plántula emerge y se establece rápidamente aumenta la posibilidad de sobrevivencia, mientras que si la semilla es menos vigorosa, la germinación y emergencia se lleva a cabo más lento, la competencia es más fuerte para las plántulas por luz y espacio y posible presencia de enfermedades, lo que dificultará el desarrollo posterior (Godínez-Ibarra *et al.*, 2007), aunque en ocasiones el porte de las plántulas en los primeros días también es influido por factores como la temperatura, que puede modificar la relación entre la parte radicular y aérea (Murcia *et al.*, 2006). Zitacuaro y Aparicio (2004), encontraron diferencias contrastantes en porte y diámetro de plántulas de *Pinus oaxacana* Mirov. provenientes de tres poblaciones de México. Las diferencias genéticas, constituyen uno de los factores que promueven heterogeneidad en el porte de las plántulas en su desarrollo inicial. Alba *et al.* (2003), reportan diferencias en crecimiento de *P. oaxacana*, provenientes de diferentes ambientes, lo que concuerda con lo observado en este estudio.

En la variable porte de plántula a los 10 días después de la siembra, se registraron medias de 11 a 16 cm, por efecto de temperatura, separación de la testa y accesiones, se detectó diferencias estadísticamente significativas; tanto en los factores simples como en la interacción TEMP x TES. Considerando la temperatura, a 30 °C se obtuvo un promedio de 15.5 cm de porte a diez días después de la siembra, mientras que a 35 °C fue de 13.1 cm, estos resultados concuerdan con lo reportado por Murcia *et al.* (2006), quienes al realizar pruebas de germinación en girasol a diferentes temperaturas, registraron plántulas con mayor tamaño y peso seco a temperaturas bajas, mientras que a mayor temperatura tuvieron menor peso.

En la interacción de 35 °C y semillas sin testa, la altura media de las plantas fue de 19.6 cm, única interacción sobresaliente. Cuando se consideró las accesiones, el porte promedio más alto fue de 16.7 cm, correspondiente a A-630, y la más baja fue 11.7 cm para A-610. En semillas con testa las plántulas que registraron un mayor crecimiento, con un promedio de 16.3 cm., y de 12 cm fueron aquellas derivadas de semillas sin testa, esto puede deberse a que, en ocasiones, la disponibilidad de reservas de los cotiledones se transfiere a la formación de estructuras o destinarse a la respiración (Simon and Meany, 1965).

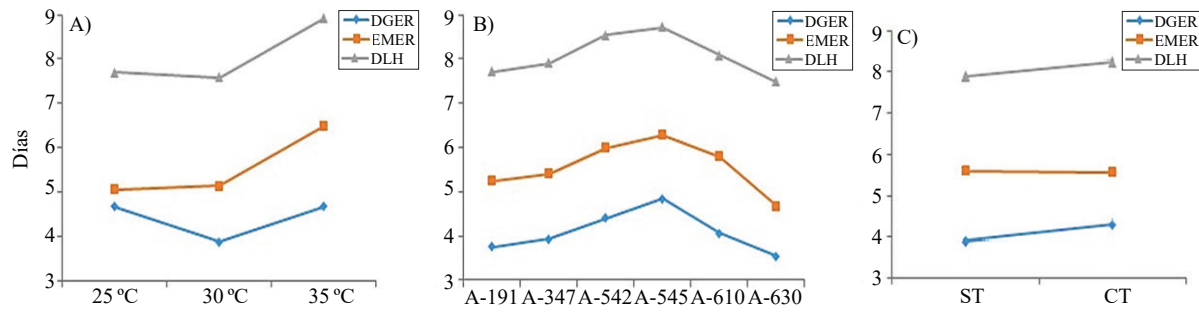
in Mexico. Genetic differences are one of the factors that promote diversity in seedling size at its initial development. Alba *et al.* (2003) report differences in growth of *P. oaxacana* from different environments, consistent with that observed in this study.

In variable seedling size at 10 days after sowing, recorded means from 11 to 16 cm, by effect of temperature, testa removal and accessions, finding statistically significant differences; both in simple factors and interaction TEMP x TES. Considering temperature, at 30 °C obtained an average size of 15.5 cm at ten days after planting, whereas at 35 °C was 13.1 cm. These results are consistent with those reported by Murcia *et al.* (2006), when testing sunflower germination at different temperatures recorded seedlings with larger size and dry weight at low temperatures, whereas at higher temperatures had lower weight.

In the interaction 35 °C and seed without testa, average plant height was 19.6 cm, unique outstanding interaction. When considering accessions, the highest average size was 16.7 cm, corresponding to A-630, and the lowest 11.7 cm for A-610. In seeds with testa, seedlings recording higher growth, with an average of 16.3 cm and 12 cm were those derived from seed without testa, this may be because sometimes the availability of reserves from cotyledons is transferred to the formation of structures or used for respiration (Simon and Meany, 1965).

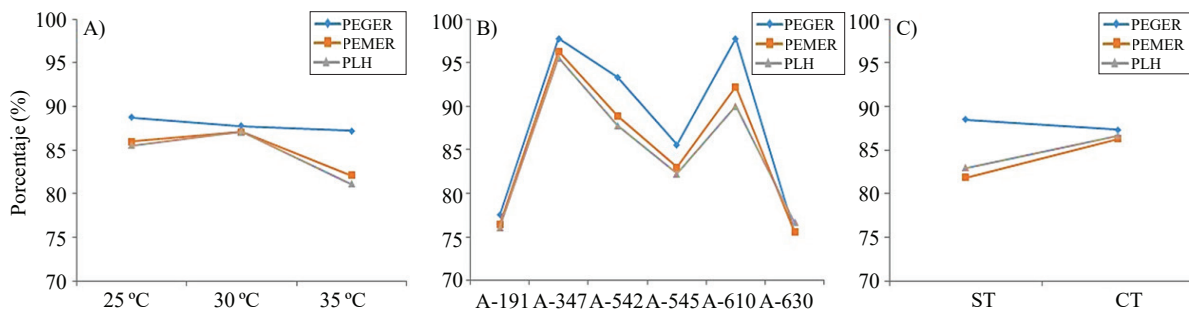
Conditions such as temperature, humidity, light, nutrients, growth period, defoliation, fruit location on the tree, among others interact with plant genome, resulting in different values, related to seed size, color, shape, vigor and germination potential. These variations on growth conditions of seed make them to have different responses in germination, emergence and early seedling growth and from this conditions depend its survival; since part of the conditions of its origin depend the reserves that such seed possesses (Baskin and Baskin, 2001; Ginwal *et al.*, 2005). Therefore affects germination rate, days to emergence, growth (Cordazzo, 2002) and initial size of the seedlings (Moegenburg *et al.*, 1996).

The environment in many cases determines seed behavior and this reflects in germination, emergence and early seedling development, thus in dormancy after harvest (Windauer *et al.*, 2012). The dynamic response of plants to variations in environmental conditions it is observed in adaptability,



**Figura 1. Días a germinación, emergencia y liberación de hojas cotiledonares por efecto de temperatura; (A) accesiones; (B); y separación de la testa (C).**

**Figure 1. Days to germination, emergence and release of cotyledon leaves by the effect of temperature (A), accessions (B), and testa removal (C).**



**Figura 2. Porcentaje de germinación, emergencia y liberación de hojas cotiledonares por efecto de temperatura (A; accesiones; (B); y testa (C).**

**Figure 2. Germination, emergence and release of cotyledon leaves rate by the effect of temperature (A), accessions, (B) and testa (C).**

Condiciones como la temperatura, humedad, luz, nutrientes, época del año de desarrollo, defoliación, ubicación del fruto en el árbol, entre otros, interactúan con la genoma de las plantas dando como resultado valores distintos, relativos a: el tamaño de semilla, color, forma, vigor y potencial germinativo, estas variaciones de condiciones de desarrollo de las semillas obligan a que éstas tengan diferentes respuestas en la germinación, emergencia y crecimiento inicial de la plántula, y de estas condiciones depende su sobrevivencia; ya que en parte de las condiciones de su origen depende las reservas que posee dicha semilla (Baskin y Baskin, 2001; Ginwal *et al.*, 2005), y por tanto afecta la velocidad de germinación, días a emergencia, el crecimiento (Cordazzo, 2002) y el tamaño inicial de las plántulas (Moegenburg *et al.*, 1996).

El ambiente en muchos casos también determina el comportamiento de las semillas, y éste se refleja tanto en la germinación, emergencia, y desarrollo inicial de las plántulas, así como en la dormancia después de la cosecha (Windauer *et al.*, 2012). La respuesta dinámica de las plantas a la variación de condiciones ambientales, se observa en la adaptabilidad, condición necesaria para desarrollarse en

necessary to develop under different environments, similarly to survive the changes in climatic conditions, thus express the genetic diversity of the species (Ginwal *et al.*, 2005).

## Conclusions

According to experiment results, it's deduced that *Jatropha curcas* seeds are highly influenced in the germination, emergence and growth process, by effect of temperature and pregerminative treatment, deducing following.

The right temperature to propagate *J. curcas* seed is from 25 to 30 °C, since germination and emergence is faster and occurs at a higher rate.

The pre-germinative treatment (testa removal) stimulates germination and emergence, as it allows water absorption without limitations. However, untreated seeds (seeds with testa) increase germination and emergence rate.

*End of the English version*



diferentes ambientes, de igual manera para sobrevivir a los cambios de las condiciones climáticas, así como manifestar la diversidad genética de la especie (Ginwal *et al.*, 2005).

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados del experimento, se deduce que las semillas de *Jatropha curcas* se ven altamente influenciadas en el proceso de germinación, emergencia y crecimiento, por efecto de la temperatura y tratamiento pregerminativo, de lo que se deduce lo siguiente.

La temperatura adecuada para propagar *J. curcas* desde semilla es de 25 a 30°C, ya que la germinación y emergencia es más rápida y ocurre en mayor porcentaje.

El tratamiento pregerminativo (separación de la testa) estimula la germinación y emergencia, ya que permite la absorción de agua sin limitaciones. Sin embargo, las semillas sin tratamiento (semillas con testa completa) incrementa el porcentaje de germinación y emergencia.

## Literatura citada

- Achten, W. M. J.; Verchot, L.; Franken, Y. J.; Mathijs, E.; Singh, V. P.; Aerts, R. and Muys, B. 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Bio. Bioen.* 32:1063-1084.
- Adams, R. H.; Domínguez, V. y García, L. 1999. Potencial de la biorremediación de suelo y agua impactados por petróleo en el trópico mexicano. *Terra.* 17:159-174.
- Aderibigbe, A. O.; Johnson, C. O. L. E.; Makkar, H. P. S.; Becker, K. and Foidl, N. 1997. Chemical composition and effect of heat on organic matter -and nitrogen-degradability and some antinutritional components of *Jatropha* meal. *Animal Feed Science Technology.* 67:223-243.
- Alba, L. J.; Mendizábal, H. L. y Aparicio, R. A. 2003. Estudio de germinación y plántulas de tres poblaciones de *Pinus oaxacana* Mirov de México. *Foresta Veracruzana.* 5(1):33-38.
- Baskin, C. C. and Baskin, J. M. 2001. *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination.* Academic Press. San Diego, CA, USA.
- Bonfil-Sanders, C.; Cajero-Lázaro, I. y Evans, R. Y. 2008. Germinación de semillas de seis especies de *Bursera* del Centro de México. *Agrociencia.* 7(42):827-834.
- Brevis, A. P. 2003. Efecto de tratamiento pregerminativo sobre la germinación de semillas de *Eucryphia glutinosa* (Poepp. et Endl.) Baillon. *Bosque.* 2(24):79-84.
- CONAFOR. 2010. A3. Plantaciones forestales comerciales.- municipios elegibles para las plantaciones de *Jatropha curcas*. In: convocatoria de reglas de operación 2010: Términos de Referencia. [http://www.conafor.gob.mx/portal2/index.php?option=com\\_content&task=view&id=454&Itemid=527](http://www.conafor.gob.mx/portal2/index.php?option=com_content&task=view&id=454&Itemid=527).
- Cordazzo, C. V. 2002. Effect of seed mass on germination and growth in three dominant species in southern Brazilian coastal dunes. *Braz. J. Bot.* 3(62):427-435.
- Di Toro, D. M.; McGrath, J. A. and Stubblefield, W. A. 2007. Predicting the toxicity of neat and weathered crude oil: toxic potential and the toxicity of saturated mixtures. *Environ. Toxicol. Chem.* 26:24-36.
- Duke, J. A. 1985. Medicinal plants. *Science.* 229:1036-1039.
- Foidl, N.; Foidl, G.; Sanchez, A.; Mittelbach, M. and Hackel, S. 1996. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. *Bio. Technol.* 58:77-82.
- Francis, G.; Edinger, R. and Becker, K. 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. *Natural Res. Forum.* 29:12-24
- Gally, T.; Pantuso, F. y González, B. 2004. Emergencia de plántulas de soya (*Glycine max* (L.) de semillas tratadas con fungicidas en tres periodos agrícolas. *Rev. Mex. Fitopatol.* 3(22):377-381.
- Ginwal, H. S.; Phartyal, S. S.; Rawat, P. S. and Srivastava, R. L. 2005. Seed source variation in morphology, germination and seedling growth of *Jatropha curcas* Linn. in Central India. *Silvae Genetica.* 2(54):76-80.
- Godínez-Ibarra, O.; Ángeles-Pérez, G.; López-Mata, L.; García-Moya, E.; Valdez-Hernández, J. I.; De Los Santos-Posadas, H. y Trinidad-Santos, A. 2007. Lluvia de semillas y emergencia de plántulas de *Fagus grandifolia* subesp. *mexicana* en la Mojoneira, Hidalgo, México. *Rev. Mex. Biod.* 1(78):117-128.
- Heller, J. 1996. Physic nut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Hernández-Verdugo, S.; López-España, R. G.; Porras, F.; Parra-Terraza, S.; Villarreal-Romero, M. y Osuna-Enciso, T. 2010. Variación en la germinación entre poblaciones y plantas de chile silvestre. *Agrociencia.* 6(44):667-677.
- Herrera, J. y Alizaga, R. 1995. Efecto de la temperatura sobre la germinación de la semilla de china (*Impatiens balsamina*). *Agron. Costarric.* 19:79-84.
- Kaushik, N.; Roy, S. y Biswas, G. C. 2006. Screening of Indian *Jatropha curcas* for selection of high oil yielding plants. *Indian J. Agrof.* 2(8):54-57.
- Kumar, A. and Sharma, A. 2008. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. *Industrial Crops and Products.* Elsevier. 28:1-10.
- Makkar, H. P. S.; Aderibigbe, A. O. and Becker, K. 1998b. Comparative evaluation of non-toxic and toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. *Food Chem.* 2(62):207-215.
- Makkar, H. P. S.; Becker, K. and Schmoock, B. 1998a. Edible provenances of *Jatropha curcas* from Quintana Roo state of Mexico and effect of roasting on antinutrient and toxic factors in seeds. *Plant Foods Human Nutrition.* 52:31-36.

- Makkar, H. P. S.; Becker, K.; Sporer, F. and Wink, M. 1997. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. *J. Agric. Food Chem.* 8(45):3152-3157.
- Moegenburg, S. M. 1996. Sabal palmetto seed size-causes of variation, choices of predators, and consequences for seedlings. *Oecologia*. 106: 539-543.
- Moncaleano-Escandon, J.; Silva, B. C. F.; Silva, S. R. S.; Granja, J. A. A.; Alves, M. C. J. L. and Pompelli, M. F. 2013. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. *Industrial Crops Products*. 44:084-090.
- Murcia, M.; Del Longo, O.; Argüello, J.; Pérez, M. A. y Peretti, A. 2006. Evaluación del crecimiento de plántulas de cultivares de girasol con diferentes proporciones de ácidos oleico/linoleico en respuesta a la baja temperatura. *Rev. Bras. Sementes*. (2)28:95-101.
- Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Bio. Bioen.* 19:1-15.
- Pavón, N. P.; Ballato-Santos, J. y Pérez-Pérez, C. 2011. Germinación y establecimiento de *Mimosa aculeaticarpa* var. *Biuncifera* (Fabaceae-Mimosoideae). *Rev. Mex. Biod.* 2(82):653-661.
- Ratree, S. 2004. A preliminary study on physic nut (*Jatropha curcas* L.) in Thailand. *Pak. J. Biol. Sci.* 9(7): 1620-1623.
- Saturnino, H. M.; Pacheco, D.; Kakida, J.; Tominaga, N. e Gonzales, N. P. 2005. Cultura do Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.). Informe Agropecuario. Belo Horizonte. 229(26):44-78.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Ficha técnica *Jatropha*. [http://www.semarnat.gob.mx/pfnm2/fichas/jatropha\\_curcas.htm](http://www.semarnat.gob.mx/pfnm2/fichas/jatropha_curcas.htm).
- Simon, E. W. and Meany, A. 1965. Utilization of reserves in germinating *Phaseolus* seeds. *Plant Physiology*, Washington. 40:1136-1139.
- Toral, O. C.; Iglesias, J. M.; Montes de Oca, S.; Sotolongo, J. A.; García, S. y Torsti, M. 2008. *Jatropha curcas* L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 3(31):191-207.
- Trindade-Lessa, D. F.; Nobre-de Almeida, J. P.; Lobo-Pinheiro, C.; Melo-Gomes, F. y Medeiros-Filho, S. 2015. Germinación y crecimiento de plántulas de *Entorolobium contortisiliquum* en función del peso de la semillas y las condiciones de temperatura y luz. *Agrociencia*. 3(49):315-327.
- Vázquez, D. E.; García, N. J. R.; Peña, V. C. B.; Ramírez, T. H. M. y Morales, R. V. 2011. Tamaño de la semilla, emergencia y desarrollo de la plántula de maguey (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck). *Rev. Fitotec. Mex.* 3(34):167-173.
- Verma, K. C. and Gaur, A. K. 2009. *Jatropha curcas* L.: Substitute for conventional energy. *World J. Agric. Sci.* 5(5):552-556.
- Windauer, L. B.; Martinez, J.; Rapoport, D. and Benech-Arnold, R. 2012. Germination responses to temperature and water potential in *Jatropha curcas* seeds: a hydrotime model explains the difference between dormancy expression and dormancy induction at different incubation temperatures. *Ann. Bot.* 109:265-273.
- Zitacuaro, C. F. H. and Aparicio, R. A. 2004. Variación de altura y diámetro de plántulas de *Pinus oaxacana* Mirov de tres poblaciones de México. *Foresta Veracruzana*. 6:21-26.