

GERMINATION AND SEEDLING GROWTH OF *Enterolobium Contortisiliquum* AS A FUNCTION OF SEED WEIGHT AND TEMPERATURE AND LIGHT CONDITIONS

GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE *Enterolobium Contortisiliquum* EN FUNCIÓN DEL PESO DE LA SEMILLA Y LAS CONDICIONES DE TEMPERATURA Y LUZ

B. França da **Trindade-Lessa***, J. Paulo **Nobre-de Almeida**,
Charles **Lobo-Pinheiro**, Fernanda **Melo-Gomes**, Sebastião **Medeiros-Filho**

¹ Universidade Federal do Ceará. Av. Mister Hull, Campus do Pici-Universidade Federal do Ceará, Bloco 815; CEP 60021-970; Fortaleza, Ceará, Brasil. (brunoftl@yahoo.com.br).

ABSTRACT

Studies of germination behavior and seedling establishment contribute to the development of appropriate methods of forest species management. The aim of this study was to investigate germination and seedling growth of tamboril (*Enterolobium contorsiliquum* (Vell.) Morong), taking into account environmental factors and seed weight. Seeds were separated into three weight classes (light, medium and heavy), to determine the moisture content percentage and thousand-seed weight per class. Seeds from each class were then tested for germination. The experimental design was completely randomized with a 2x3x4 factorial arrangement of treatments: two light conditions (presence and absence), three weight classes (Light < 0.7 g; Medium 0.7 to 0.8 g; Heavy > 0.8 g) and four temperatures (20, 30, 40 and 20-30 °C), with four replications each. Percentage of germination and germination speed index for seed vigor were determined. For the evaluation of seedling growth, the length and dry mass of both the shoot and root were determined. When the data proved normal, ANOVA and Tukey tests ($p \leq 0.05$) were conducted to compare treatment means. Non-normal data were analyzed using nonparametric Mann-Whitney test ($p \leq 0.05$). Germination speed index, shoot dry mass and root dry mass data presented a normal distribution, allowing for ANOVA testing. Germination occurred regardless of light conditions, with a higher speed at 40 °C, although this temperature was detrimental to seedling growth. The temperature of 30 °C promoted better germination (>80 %) and seedling growth. Heavy seeds displayed improved germination and produced more vigorous seedlings.

RESUMEN

Los estudios del comportamiento de la germinación y el establecimiento de las plántulas contribuyen al desarrollo de métodos adecuados del manejo de especies forestales. El objetivo de este estudio fue investigar la germinación y crecimiento de plántulas de tamboril (*Enterolobium contorsiliquum* (Vell.) Morong), tomando en cuenta factores ambientales y el peso de las semillas. Las semillas se separaron en tres categorías de peso (ligeras, intermedias y pesadas) para determinar el porcentaje de contenido de humedad y peso de mil semillas por clase. La germinación de cada clase de semillas se evaluó. El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial de tratamientos 2x3x4: dos condiciones de luz (presencia y ausencia), tres clases de peso (ligeras < 0.7 g, medianas 0.7 a 0.8 g y pesadas > 0.8 g) y cuatro temperaturas (20, 30, 40 y 20 a 30 °C), con cuatro repeticiones cada uno. El porcentaje de germinación e índice de velocidad de germinación fueron evaluados. Para crecimiento de las plántulas se midió la longitud y masa seca del vástago y de la raíz. Con los datos probados normales, se realizó ANDEVA y pruebas de Tukey ($p \leq 0.05$) para comparar las medias de los tratamientos. Los datos no normales se analizaron con la prueba no paramétrica Mann-Whitney ($p \leq 0.05$). El índice de velocidad de germinación, la masa seca del vástago y de la raíz presentó una distribución normal, lo que permitió realizar el ANDEVA. La germinación se produjo independientemente de la condición de luz, con velocidad mayor a 40 °C, aunque esta temperatura fue perjudicial para el crecimiento de las plántulas. La temperatura de 30 °C promovieron la germinación (>80%) y el crecimiento de las plántulas. Las semillas con peso mayor mostraron mayor germinación y produjeron plántulas más vigorosas.

* Author for correspondence ♦ Autor responsable.

Received: July, 2014. Approved: February, 2015.

Published as ARTICLE in Agrobiencia 49: 315-327. 2015.

Keywords: Environmental factors, tree species, tamboril, seedling vigor.

INTRODUCTION

Many of the *Caatinga* arboreal species in the Brazilian biome are plants with great importance to various sectors of the economy (Brasil, 2008) and *Enterolobium contortsiliquum* (Vell.) Morong, known as tamboril, is amongst them. This species, found in different forest formations in Brazil, but especially in the *Caatinga* biome, is important for apiculture, timber, medicine and landscaping, as well as for recovery projects of degraded lands (Lorenzi, 2002). Therefore, studies of seed germination and seedling establishment of forest species become fundamental for the improvement of techniques that enable appropriate management, whether performed in a natural or modified environment.

Substances from reserves found in the endosperm or in the cotyledons are decomposed, and the soluble products of this process are translocated to the embryonic axis, allowing for growth resumption. Therefore, any accumulation of substances within the storage tissue, as well as physical damages that may result in loss of this tissue, will impair seed quality, resulting in negative consequences for the germination (Ferreira and Borghetti, 2004; Marcos Filho, 2005; Taiz and Zeiger, 2009). Thus, the amount of nutritional reserves in seeds significantly affects germination.

Seed weight at the time of maturity is an important feature that reflects seed quality and it is directly related to the deposition of reserves (Carvalho and Nakagawa, 2012). In cultivated species there is direct, positive correlation between weight and germination or seedling growth (Cicero and de Lima-Orsi, 1977; Frazão *et al.*, 1984; Neves-Martins *et al.*, 2005). For forestry such information is scarce, but the same positive correlation was found for *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Stand. and *Moringa oleifera* Lam. (Bezerra *et al.*, 2004; Damsceno-Ribeiro *et al.*, 2012).

Environmental factors, such as light and temperature, are the primary regulators affecting the germination process. Temperature directly affects the speed of biochemical reactions, since each group of reactions has its own thermal requirements; this

Palabras clave: Factores ambientales, especies arbóreas, tamboril, vigor de plántula.

INTRODUCCIÓN

Muchas de las especies arbóreas *Caatinga* en el bioma brasileño son plantas con gran importancia economía para varios sectores (Brasil, 2008) y *Enterolobium contortsiliquum* (Vell.) Morong, conocido como tamboril, está entre ellas. Esta especie se encuentra en formaciones forestales diferentes en Brasil, pero especialmente en el bioma *Caatinga*, es importante en la apicultura, en la producción de madera, la medicina y la jardinería, así como en proyectos de recuperación de tierras degradadas (Lorenzi, 2002). Por tanto, estudios de germinación de las semillas y establecimiento de las plántulas de especies forestales son fundamentales para mejorar las técnicas que permiten el manejo adecuado, ya sea en un ambiente natural o modificado.

Los compuestos de reserva en el endospermo o en los cotiledones se descomponen, y los productos solubles de este proceso son translocados al eje embrionario, permitiendo reanudar el crecimiento. Por tanto, la acumulación de sustancias dentro del tejido de almacenamiento, así como daños físicos que puedan causar la pérdida de este tejido, deterioran la calidad de la semilla, y afectan negativamente la germinación (Ferreira y Borghetti, 2004; Marcos Filho, 2005; Taiz y Zeiger, 2009). Así, la cantidad de reservas nutritivas de las semillas afecta significativamente la germinación.

El peso de la semilla en la madurez es una característica importante que refleja la calidad de la semilla y se relaciona directamente con el depósito de reservas (Carvalho y Nakagawa, 2012). En las especies cultivadas hay correlación directa y positiva entre el peso y la germinación o crecimiento de la plántula (Cicero y de Lima-Orsi, 1977; Frazão *et al.*, 1984; Neves-Martins *et al.*, 2005). Para la silvicultura tal información es escasa, pero la misma correlación positiva se encontró en *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Stand. y *Moringa oleifera* Lam. (Bezerra *et al.*, 2004; Damsceno-Ribeiro *et al.*, 2012).

Los factores ambientales, como la luz y temperatura, son los reguladores primarios que afectan el proceso de germinación. La temperatura afecta directamente la velocidad de las reacciones bioquímicas, porque cada grupo de reacciones tiene sus propios

affects both the germination rate and capacity, promoting the onset of primary or secondary dormancy when temperature is unfavorable (Bewley and Black, 1994). Environmental light condition is also critical for the regulation of seed germination, especially for forest species (Marcos Filho, 2005), and light can either promote or inhibit seed germination, depending on its intensity and quality. Such variation is also determined by the features of phytochromes in the embryonic axis of the seed, since they are responsible for perception of light (Kendrick and Frankland, 1981; Takaki, 2001).

Therefore, the purpose of this research was to study germination and growth of *E. contortisiliquum* seedlings, as a function of seed weight and temperature and light conditions.

MATERIALS AND METHODS

Mature fruits of 10 *E. contortisiliquum* trees were collected randomly in July 2012, in a fragment of *Caatinga* forest, the Daniel de Queiroz district, in the city of Quixadá-CE (4° 49' 0" S and 38° 58' 9" W) and sent to the Laboratory of Seed Analysis at the Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, where the seeds were extracted and processed for the experiment.

A sample of 300 seeds was separated from the lot, and each seed was weighed on an analytical balance (0.0001 g) in order to divide the sample into three weight classes, with a similar amount of seeds in each class: Light (<0.7 g), Medium (0.7 to 0.8 g) and Heavy (>0.8 g). For each class, the seeds of the lot were individually weighed and separated into their respective classes. In Figure 1 there is a box plot and the frequency histogram of the sample for a better understanding of the weight distribution of seeds.

After the weighing process, seeds in each class were analyzed to determine the thousand-seed weight and moisture content. Since seeds were large and hard, they were cut in half to facilitate dehydration; afterwards, seeds were left for 24 h in an oven, as described by Brasil (2009). Before the experiment, integumentary dormancy of all seeds was broken by submersion in H₂SO₄ 98 % for 15 min and then washed with water for complete removal of the acid (Eira *et al.*, 1993; Contro-Malavasi and de Matos-Malavasi, 2004; Anderson Gomez de Aquino *et al.*, 2009).

After overcoming dormancy, the experiment was conducted with seeds sown on Germitest® paper moistened with distilled water (2.5 times the weight of the paper). Once the rolls were formed, they were wrapped in transparent plastic bags to reduce water loss and sent for storage in BOD (Biochemical Oxygen

requisitos térmicos; esto afecta la tasa y la capacidad de germinación, y cuando la temperatura es desfavorable promueve la latencia primaria o secundaria (Bewley y Black, 1994). La condición ambiental de iluminación también es crítica para regular la germinación de la semilla, en especial para las especies forestales (Marcos Filho, 2005), y la luz puede promover o inhibir la germinación de las semillas, según su intensidad y calidad. Esa variación también está determinada por las características de los fitocromos en el eje embrionario de la semilla, los cuales son responsables de la sensibilidad a la luz (Kendrick y Frankland, 1981; Takaki, 2001).

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue estudiar la germinación y el crecimiento de las plántulas de *E. contortisiliquum*, en función del peso de la semilla, la temperatura y las condiciones de luz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos maduros de 10 árboles de *E. contortisiliquum* fueron recolectados al azar en julio de 2012, en una sección del bosque de *Caatinga*, distrito Daniel de Queiroz, en la ciudad de Quixadá-CE (4° 49' 0" S y 38° 58' 9" O) y se enviaron al Laboratorio de Análisis de Semillas en la Universidad Federal do Ceará, Fortaleza-CE, donde las semillas se extrajeron de los frutos y prepararon para el estudio.

Una muestra de 300 semillas fue separada del lote y cada semilla se pesó en una balanza analítica (0.0001 g), para dividir la muestra en tres clases de peso, con una cantidad de semillas similar de cada clase: ligeras (<0.7 g), medianas (0.7 a 0.8 g) y pesadas (>0.8 g). Para cada clase, las semillas del lote se pesaron individualmente y separaron en sus clases respectivas. En la Figura 1 hay un diagrama de cajas y el histograma de frecuencias de la muestra para conocer la distribución del peso de las semillas.

Después del pesaje, las semillas de cada clase se analizaron para determinar el peso de mil semillas y contenido de humedad. Puesto que las semillas eran grandes y duras, fueron cortadas por la mitad para facilitar la deshidratación; después, se dejaron 24 h en una estufa, según lo descrito por Brasil (2009). Antes del estudio, la latencia tegumentaria de todas las semillas se rompió mediante inmersión por 15 min en H₂SO₄ al 98 % y se lavaron con agua para eliminar todo el ácido (Eira *et al.*, 1993; Contro-Malavasi y de Matos-Malavasi, 2004; Anderson Gomez de Aquino *et al.*, 2009).

Después de eliminar la latencia, el estudio se realizó con las semillas sembradas en papel Germitest® humedecido con agua destilada (2.5 veces el peso del papel). Una vez formados los rollos, fueron envueltos en bolsas de plástico transparente para

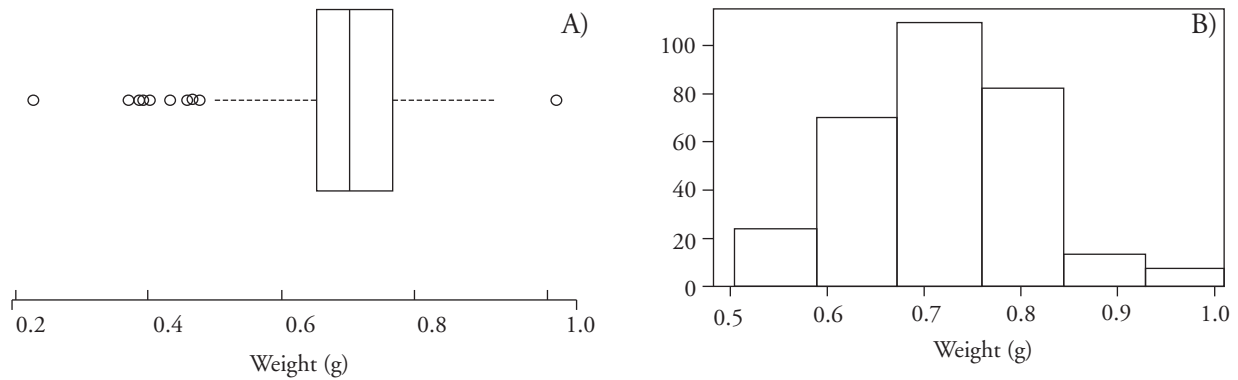


Figure 1. Box plot (A) and frequency histogram (B) for the weight distribution of a sample of 300 *Enterolobium contortisiliquum* seeds, collected in July 2012 in a fragment of Caatinga forest in the municipality of Quixadá-CE.

Figura 1. Gráfica de cajas (A) e histograma de frecuencia (B) de la distribución del peso de una muestra de 300 semillas de *Enterolobium contortisiliquum*, recolectadas en julio de 2012 en una sección del bosque de Caatinga en el municipio de Quixadá-CE.

Demand)-type germination chambers regulated at constant temperatures of 20, 30 or 40 °C, or at alternating temperatures between 20-30 °C, all with a photoperiod of 12 h. This same procedure was used to conduct experiments in the dark, with the rolls of seeds wrapped in aluminum foil and black polyethylene bags.

A daily germination count was performed, with re-moistening of the substrate (paper rolls) when needed, considering as germinated those seeds which presented radicle size greater than or equal to 2 mm. Thus, germination percentages and germination speed index (GSI) were determined (first and final counts, respectively, on days 7 and 21). During evaluation in the dark, count was conducted under green safelight.

Shoot and root lengths of each seedling were determined using a graduated scale (mm), and then the mean of each plot was calculated. All shoots and roots from each plot were placed separately in bags of Kraft paper and dried at 80 °C for 24 h, with further weighing on an analytical balance (0.0001 g) to determine the dry mass of the parts. Afterwards, the result was divided by the number of seedlings that were initially in the bag to determine the mass per seedling. The parts (shoot + root) were then summed to compose the total length and total dry mass per seedling.

The experimental design was completely randomized with a 2x3x4 factorial arrangement: two light conditions (presence and absence), three weight classes (Light (<0.7 g), Medium (0.7 to 0.8 g) and Heavy (>0.8 g)) and four temperatures (20, 30, 40 and 20-30 °C), with four replications each, with the portion represented by the paper roll containing 25 seeds. Data were submitted to Komolgorov-Smirnov and Watson tests to analyze the normality of distribution. When the data proved

reducir la pérdida de agua y enviados para su almacenarlos en cámaras de germinación tipo BOD (demanda bioquímica de oxígeno), mantenidas con temperaturas constantes de 20, 30 o 40 °C, o con temperaturas alternantes entre 20 y 30 °C, con fotoperiodo de 12 h. El mismo procedimiento se usó para los experimentos en la oscuridad, con los rollos de semillas envueltas en papel de aluminio y bolsas de polietileno negro.

El recuento de la germinación se realizó diariamente, humedeciendo sustrato (rollos de papel) cuando era necesario; las semillas se consideraron germinadas cuando su raíz medía 2 mm o más. Así, los porcentajes de germinación e índice de velocidad de germinación (GSI) se determinaron (primero y último recuento, respectivamente, a los 7 y 21 días). Durante la evaluación en la oscuridad, el conteo se realizó con luz verde de seguridad.

Las longitudes del vástago y la raíz de cada plántula se determinaron con una escala graduada (mm), y se calculó el promedio de cada parcela. Todos los vástagos y las raíces de cada parcela se colocaron por separado en bolsas de papel Kraft, secados a 80 °C por 24 h, y se pesaron en una balanza analítica (0.0001 g) para determinar la masa seca de las secciones. El resultado fue dividido entre el número inicial de plántulas en la bolsa, para determinar la masa por plántula. Las secciones (sesión + raíz) fueron sumadas para obtener la longitud total y masa seca total por plántula.

El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial 2x3x4: dos condiciones de luz (presencia y ausencia), tres clases del peso de la semilla (ligeras (< 0.7 g), medianas (0.7 a 0.8 g) y pesadas (> 0.8 g) y cuatro temperaturas (20, 30, 40 y entre 20 y 30 °C), con cuatro repeticiones cada uno, con la fracción representada por el rollo de papel con 25 semillas. Con los datos se realizaron pruebas a Komolgorov-Smirnov y Watson para analizar la normalidad de la distribución. Con los

normal in one or both tests, ANOVA and Tukey tests ($p \leq 0.05$) were conducted to compare treatment means. Non-normal data were submitted to nonparametric Mann-Whitney testing ($p \leq 0.05$) in order to compare the treatments, both in pairs and independently. GSI, shoot dry mass and root dry mass data presented a normal distribution, allowing for ANOVA testing. For statistical analyses, Action 2.4 software (Estatcamp, 2013) was used for normality and Mann-Whitney tests. To perform ANOVA and Tukey testing, the Assisat 7.6 beta program was used (Silva and Azevedo, 2009).

RESULTS AND DISCUSSION

Enterolobium contortisiliquum seeds presented water content of approximately 11 %, regardless of weight (Table 1), which did not affect the hygroscopic equilibrium between seeds and environment. Seed weight showed a variation greater than 300 g in a sample of 1000 seeds (Table 1). Thus, the great variability in seed weight makes it a decisive factor for its establishment in the ecosystems it inhabits.

Data analysis showed a significant influence of all the tested factors (light, temperature and seed weight) on both germinative and seedling growth variables (Table 2). Significance was also observed for two of the four possible interactions: light influenced the perception of each temperature or vice versa; and seeds with different weights behaved differently under the temperature regimes.

The presence or absence of light did not affect the germinative process of *E. contortisiliquum* seeds (Figure 2), which exhibited an optimal germination percentage regardless of light conditions. This result suggests that the predominant role of phytochrome A (a photoreceptor pigment in the cells of the embryonic axis of the seeds) is to confer neutral photoblastism

datos normales en una o ambas pruebas, se realizó ANDEVA y prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para comparar las medias de los tratamientos. Con los datos no normalizados se realizó a la prueba no paramétrica Mann-Whitney ($p \leq 0.05$) para comparar los tratamientos, en pares e independientes. Los datos GSI, masa seca del vástago y de la raíz tuvieron distribución normal y se realizó un ANDEVA. Para el análisis estadístico, la opción 2.4 del software (Estatcamp, 2013) y la prueba de Mann-Whitney fueron usadas para la normalidad. Para el ANDEVA y la prueba de Tukey se usó el programa beta de Assisat 7.6 (Silva y Azevedo, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las semillas de *Enterolobium contortisiliquum* tuvieron un contenido aproximado de agua del 11 %, independiente de su peso (Cuadro 1), lo cual no afectó el equilibrio higroscópico entre las semillas y el ambiente. El peso de las semillas mostró una variación superior a 300 g en una muestra de 1000 semillas (Cuadro 1). Por tanto, la gran variabilidad en el peso de la semilla es un factor decisivo para su establecimiento en los ecosistemas que habita.

El análisis de los datos mostró una influencia significativa de todos los factores probados (luz, temperatura y peso de semilla) en las variables germinativas y en el crecimiento de las plántulas (Cuadro 2). También se observó significancia en dos de las cuatro interacciones posibles: influencia de la luz en la percepción de cada temperatura o viceversa; y las semillas con diferentes pesos se comportaron diferente en los regímenes de temperatura.

La presencia o ausencia de la luz no afectó el proceso germinativo de las semillas *E. contortisiliquum* (Figura 2), que mostró un porcentaje de germinación óptimo e independiente de las condiciones de luz. Este resultado sugiere que la función predominante del fitocromo A (un pigmento fotorreceptor en las células del eje embrionario de las semillas) le confiere fotoblastismo neutro (Takaki, 2001). Este comportamiento se esperaba, dado el gran tamaño de las semillas de *E. contortisiliquum*. Según Carvalho y Peres (2013), las semillas grandes deben contener suficientes reservas para germinar en la oscuridad y crecer sin obstáculos hasta la emergencia en la luz, que les permite llevar a cabo fotosíntesis.

La insensibilidad de la germinación a la luz también se observa en otras especies de árboles nativos de Brasil: *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var.

Table 1. Thousand-seed weight (TSW) and seed water content (SWC) for seeds of *Enterolobium contortisiliquum* in three separate weight classes.

Cuadro 1. Peso de mil semillas (TSW) y contenido de agua de la semilla (SWC) de *Enterolobium contortisiliquum* de tres categorías de peso.

Weight classes	TSW g	SWC %
Light	589.67	11.3
Medium	759.29	11.1
Heavy	893.93	11.8

Table 2. Summary of the ANOVA for germination speed index (GSI), shoot dry mass (SDM) and root dry mass (RDM) variables. Cuadro 2. Resumen del ANDEVA para las variables índice de velocidad de germinación (GSI), masa seca del vástago (SDM) y masa seca de la raíz (RDM).

Source of variance	DF	Mean squares		
		GSI	SDM	RDM
Light (L)	1	1.64**	$6.4 \times 10^{-3**}$	$9.0 \times 10^{-5**}$
Weight (W)	2	16.5**	$5.9 \times 10^{-3**}$	$7.0 \times 10^{-5**}$
Temperature (T)	3	33.8**	$2.8 \times 10^{-2**}$	$7.3 \times 10^{-4**}$
L x W	2	0.08 ns	1.0×10^{-5} ns	5.0×10^{-6} ns
L x T	3	1.94**	$2.8 \times 10^{-3**}$	$4.0 \times 10^{-5**}$
W x T	6	0.63**	$4.0 \times 10^{-4**}$	$1.0 \times 10^{-5**}$
L x W x T	6	0.21 ns	8.0×10^{-5} ns	3.3×10^{-6} ns
Treatments	23	6.40**	$5.0 \times 10^{-3**}$	$1.0 \times 10^{-4**}$
Error	72	0.19	1.0×10^{-4}	1.9×10^{-6}
Coefficient of variability (%)	-	8.34	10.13	12.03

** $p \leq 0.01$; ns: non significant ($p > 0.05$); DF: degrees of freedom ♦ ** $p \leq 0.01$; ns: no significativo ($p > 0.05$); DF: grados de libertad.

properties (Takaki, 2001). This behavior was expected, given the large size of *E. contortisiliquum* seeds. According to Carvalho and Peres (2013), large seeds should contain sufficient reserves to germinate in the dark and grow unhindered until the emergence of light, thus becoming able to carry out photosynthesis.

Insensitivity to light upon germination is also observed in other tree species native to Brazil:

colubrina, *Guazuma ulmifolia* Lam. y *Dimorphandra mollis* Benth. (Figliolia *et al.*, 2009), *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl y *Tabebuia roseo-alba* (Ridl) Sand (Santos *et al.*, 2005).

Los valores más altos de crecimiento se observan para la mayoría de variables de las plántulas cultivadas en ausencia de luz (Cuadro 3). Este efecto sugiere la existencia de restos de fitocromo B en el control de la etiolación de las plántulas (Carvalho y Peres, 2013). Por tanto, la fase oscura puede promover la movilización rápida de las reservas de las semillas hacia el eje embrionario, asegurando un crecimiento ligeramente acentuado en comparación con las plántulas cultivadas en presencia de luz.

Ese comportamiento de percepción de la luz explica la clasificación de la sucesión ecológica en la literatura para la especie *E. contortisiliquum*. Algunos autores se refieren a esta especie como colonizadora, mientras que otros se refieren a ella como una sucesión secundaria temprana (Melo *et al.*, 2008; Anderson Gomez de Aquino *et al.*, 2009). Los resultados actuales muestran que ambos patrones de crecimiento son posibles para *E. contortisiliquum*, lo cual explica el asentamiento amplio del árbol en todo el territorio brasileño (Lorenzi, 2002). Los resultados también indican que la germinación y el establecimiento de las plántulas de esta especie pueden ocurrir en cualquier momento, en el día o en la noche. Es importante señalar que, incluso en la ausencia de luz, las plántulas permanecieron vivas hasta el último

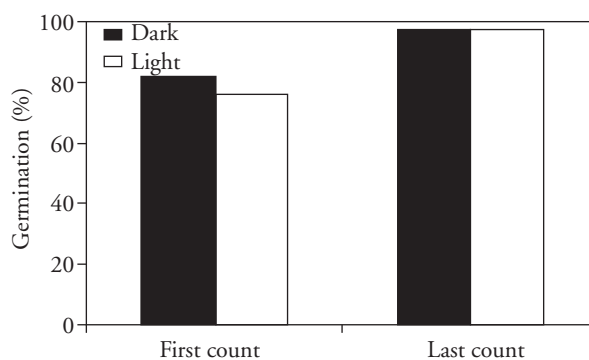


Figure 2. Germination percentage for first and last counts of *Enterolobium contortisiliquum* seeds subjected to presence and absence of light. There were no significant differences (Mann-Whitney test; $p > 0.05$).

Figura 2. Porcentaje de germinación en el primero y el último recuento de semillas de *Enterolobium contortisiliquum* mantenidas con y sin luz. No hubo diferencias significativas (prueba de Mann-Whitney; $p > 0.05$).

Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan var. *colubrina*, *Guazuma ulmifolia* Lam. and *Dimorphandra mollis* Benth. (Figliolia *et al.*, 2009) *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl, and *Tabebuia roseo-alba* (Ridl) Sand) (Santos *et al.*, 2005).

Higher growth values are observed for most variables of seedlings grown in the absence of light (Table 3). This effect suggests the existence of remnants of phytochrome B in control of seedling etiolation (Carvalho and Peres, 2013). Therefore, the dark phase may promote rapid mobilization of seed reserves for the embryonic axis, ensuring a slightly accentuated growth as compared to seedlings grown in the presence of light.

Such light perception behavior explains the ecological succession ranking seen in the literature for the *E. contortisiliquum* species. Some authors refer to this species as a pioneer, whereas others refer to it as an early secondary succession (Melo *et al.*, 2008; Anderson Gomez de Aquino *et al.*, 2009). The present findings show that both growth patterns are possible for *E. contortisiliquum*, which explains the large settlement of the tree throughout the Brazilian territory (Lorenzi, 2002). The results also indicate that germination and seedling establishment of this species can occur at any time, day or night. It is important to note that even in the absence of light the seedlings remained alive until the last day of the germination evaluation (three weeks) by using

día de la evaluación de la germinación (tres semanas), utilizando sus reservas cotiledonares. Esto muestra la capacidad de las plántulas para soportar ambientes altamente sombreadas hasta que se forme un claro, permitiendo el inicio de la fotosíntesis para el crecimiento vegetal.

Diferentes comportamientos se observaron para la germinación y el crecimiento de las plántulas según los regímenes de temperatura impuestos a las semillas. La Figura 3 muestra que el porcentaje de germinación una semana después de la siembra (primer recuento) fue mayor a 40 °C e inferior a 20 °C. Las temperaturas altas aceleran el metabolismo de la semilla, aumentan la velocidad de las reacciones enzimáticas y la germinación es rápida (Ferreira y Borguetti, 2004; Marcos Filho, 2005). Después de la evaluación final de la germinación (día 21) los porcentajes fueron similares ($p>0.05$). Estos resultados coinciden con los reportados por Madeiros de Rodrigues-Lima *et al.* (1997), quienes no encontraron diferencias en los porcentajes de germinación de *E. contortisiliquum* en temperaturas entre 18.2 y 38.8 °C. Los resultados también explican la existencia de especies *E. contortisiliquum* en los bosques, además de aquellos en las regiones semiáridas.

El régimen de temperatura alternante fue perjudicial para el proceso de germinación, generando el segundo peor desempeño para el primer conteo. Este resultado fue diferente a los de estudios sobre la germinación de otras especies de árboles nativos de Brasil, en los que las temperaturas alternadas fueron beneficiosas para el proceso: *Syngonanthus* sp. (Goncalves-Oliveira y Souza- Garcia, 2005), *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Garcia dos Santos y Bergemann-Aguiar, 2005) y *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Madeiros de Rodrigues-Lima *et al.*, 2011). De acuerdo con Borges y Rena (1993), las temperaturas alternadas beneficiarán el desarrollo de algunas especies debido a la simulación de las condiciones ambientales naturales, pero nuestro estudio muestra que el árbol de *E. contortisiliquum* no sigue ese patrón, así como *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms), *Caesalpinia leiostachya* (Benth) Duche), *Chorizia glaziovii* O. Kuntze y *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith (Barros *et al.*, 2005; Biruel *et al.*, 2007; Guedes *et al.*, 2010; Guedes y Alves, 2011).

La capacidad germinativa alta de *E. contortisiliquum* se observó con las plántulas a 40 °C, pero esta temperatura disminuyó aproximadamente 60 a 67 %

Table 3. Shoot length (SL), root length (RL), total length (TL) and total dry mass (TDM) of *Enterolobium contortisiliquum* seedlings based on the presence or absence of light.

Cuadro 3. Longitud del vástago (SL), longitud de la raíz (RL), longitud total (TL) y masa seca total (TDM) de plántulas de *Enterolobium contortisiliquum* en la presencia o ausencia de luz.

Light	SL	RL	TL	TDM
		cm		g
Presence	10.07 b	4.21 a	14.29 b	0.101 b
Absence	13.08 a	3.90 a	16.98 a	0.116 a
CV (%)	7.76	26.52	10.2	9.66

Means with different letters in a column are statistically different (Mann-Whitney test; $p\leq 0.05$) ♦ Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (prueba de Mann-Whitney; $p\leq 0.05$).

cotyledonary reserves. This reflects the capacity of the seedlings to endure in highly shaded environments until a clearing occurs, allowing the start of photosynthesis for plant growth.

Different behaviors were observed for germination and seedling growth according to the temperature regimes imposed on seeds. Figure 3 shows that the germination percentage was greater at 40 °C and lower at 20 °C one week after sowing (first count). High temperatures accelerate seed metabolism, thus increasing enzymatic reaction speed and a rapid germination process (Ferreira and Borguetti, 2004; Marcos Filho, 2005). After final evaluation (day 21) germination percentages were all similar ($p>0.05$). These results agree with those reported by Madeiros de Rodrigues-Lima *et al.* (1997), who found no differences in germination percentages for *E. contortisiliquum* for temperatures between 18.2 and 38.8 °C. The results also explain the existence of *E. contortisiliquum* species in forests, other than those of semi-arid regions.

The alternating temperature regime was detrimental to the germination process, providing the second worst performance for the first count, which differ from studies about germination of other tree species native to Brazil, where alternating temperatures were beneficial for the process: *Syngonanthus* sp. (Goncalves-Oliveira and Souza-Garcia, 2005), *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Garcia dos Santos and Bergemann-Aguiar, 2005) and *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Madeiros de Rodrigues-Lima *et al.*, 2011). According to Borges and Rena (1993), alternating temperatures would benefit development in some species due to simulation of natural environmental conditions, but our study shows that the *E. contortisiliquum* tree does not follow that pattern, as well as for *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms, *Caesalpinia leiostachya* (Benth) Duche, *Chorizia glaziovii* O. Kuntze and *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith (Barros *et al.*, 2005; Biruel *et al.*, 2007; Guedes *et al.*, 2010; Guedes and Alves, 2011).

High germinative capacity was observed for *E. contortisiliquum* seedlings at 40 °C, but this temperature decreased by approximately 60-67 % seedling length variables and total dry mass, as compared to results found at 30 °C. The latter condition promoted the greatest increments for these variables, with the exception of root size, which had the highest length at 20 °C (Table 4).

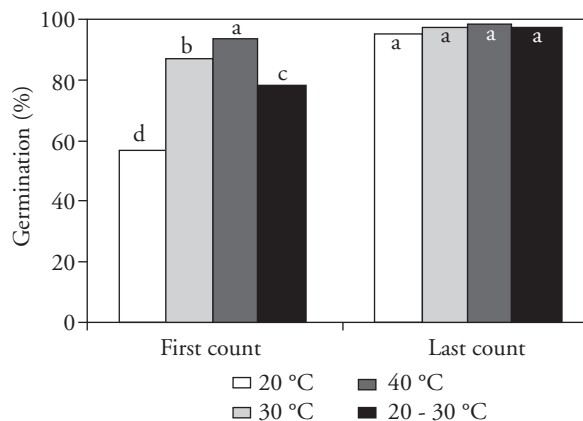


Figure 3. Germination percentage for first and last count of *Enterolobium contortisiliquum* seeds under different temperature regimes. Different letters indicate statistical differences (Mann-Whitney test; $p \leq 0.05$).

Figura 3. Porcentaje de germinación para el primero y el último recuento de semillas de *Enterolobium contortisiliquum* en regímenes de temperaturas diferentes. Letras distintas indican diferencias estadísticas (prueba de Mann-Whitney; $p \leq 0.05$).

la longitud y la masa seca total de las plántulas, en comparación con los resultados obtenidos a 30 °C. La última condición promovió los incrementos mayores para estas variables, con excepción del tamaño de raíz que fue máximo a 20 °C (Cuadro 4).

El efecto combinado de los dos factores ambientales analizados fue significativo ($p \leq 0.01$) para GSI, masa seca del vástago y masa seca de raíz (Cuadros 5 y 6). Así, hubo una diferencia significativa entre la presencia y la ausencia de la luz sólo con temperaturas alternantes (20 a 30 °C), y la germinación más rápida fue en la oscuridad. Sousa-Albuquerque y Menes-Guimarães (2006) encontraron un resultado opuesto para *Bowdichia virgilioides* Kunth, una especie también presente en varios bosques de Brasil, con tasas de germinación no divergentes en condiciones diferentes de luz en temperaturas alternantes (20 a 30 °C) y germinación más rápida en la oscuridad a una temperatura constante (20, 30 y 40 °C).

Independientemente de la condición de iluminación, la temperatura constante de 30 y 40 °C aceleró el proceso de germinación. Oliveira-Diniz *et al.* (2008) estudiaron *Licania rigida* Benth., una especie arbórea importante, de la región semiárida brasileña, y muestran la influencia de la interacción de la luz y

Table 4. Shoot length (SL), root length (RL), total length (TL) and total dry mass (TDM) of *Enterolobium contortisiliquum* seedlings under different temperature regimes.**Cuadro 4. Longitud del vástago (SL), longitud de la raíz (RL), longitud total (TL) y masa seca total (TDM) de plántulas de *Enterolobium contortisiliquum* en regímenes de temperatura diferentes.**

Temperatures	SL	RL	TL	TDM
		cm		g
20 °C	12.22 b	6.86 a	19.09 a	0.113 b
30 °C	16.07 a	2.85 c	18.92 a	0.138 a
40 °C	05.35 c	1.12 d	06.48 b	0.054 c
20 - 30 °C	12.67 b	5.38 b	18.06 a	0.129 a
CV (%)	7.76	26.52	10.2	9.66

Means with different letters in a column are statistically different (Mann-Whitney test; $p \leq 0.05$) ♦ Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (prueba de Mann-Whitney; $p \leq 0.05$).

The combined effect of the two environmental factors analyzed was significant ($p \leq 0.01$) for GSI, shoot dry mass and root dry mass variables (Tables 5 and 6). Thus, there was a significant difference between the presence and absence of light only at alternating temperatures (20-30 °C), and faster germination took place in the dark. Sousa-Albuquerque and Menes-Guimarães (2006) found an opposite result for *Bowdichia virgilioides* Kunth - a species also found in several forest of Brazil - with

Table 5. Germination speed index (GSI) of *Enterolobium contortisiliquum* seeds under different temperature regimes, both in the presence and absence of light.**Cuadro 5. Índice de velocidad de germinación (GSI) de semillas de *Enterolobium contortisiliquum* en regímenes de temperatura diferente, en presencia y en ausencia de luz.**

Light	GSI			
	Temperature			
	20 °C	30 °C	40 °C	20-30 °C
Presence	3.50 aD	5.95 aB	6.48 aA	4.50 bC
Absence	3.84 aC	5.86 aAB	6.25 aA	5.54 aB

Means with different letters, uppercase in a row and lowercase in a column, are statistically different (Tukey; $p \leq 0.05$) ♦ Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey; $p \leq 0.05$).

la temperatura en la germinación de la semilla, con la velocidad mayor a 30 °C.

El Cuadro 6 muestra la acumulación de biomasa en las estructura de la plántula (vástago y raíz). La ausencia de luz produjo valores mayores de masa seca en el vástago, excepto a 40 °C, lo cual inhibió significativamente el crecimiento de las plántulas y causó la muerte de varias semillas (Figura 4). En ambas condiciones de iluminación se observaron resultados óptimos a 30 °C. Un comportamiento similar se observó en las plántulas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore), y la temperatura de 30 °C favoreció la acumulación de biomasa en el vástago de esta especie (Pacheco *et al.*, 2008).

La acumulación de biomasa en la raíz fue más eficiente cuando las plántulas tamboril crecieron con temperaturas moderadas e independientemente de las condiciones de iluminación, la temperatura constante de 20 °C fue más favorable. Este resultado difiere de lo observado por Pacheco *et al.* (2008) en las plántulas de *Tabebuia aurea*, que mostraron acumulación mayor de biomasa en la raíz a 30 y 35 °C.

Nuestro estudio muestra que el crecimiento y la acumulación de biomasa en la raíz aumentó a 20 °C, y el vástago tuvo un desempeño mejor a 30 °C. Estos resultados son esperados ya que las temperaturas altas maximizan el metabolismo de la plántula y aumentan la competencia entre los tejidos por las reservas.

Table 6. Shoot dry mass (SDM) and root dry mass (RDM) of *Enterolobium contortisiliquum* seedlings under different temperature regimes, both in presence and absence of light.**Cuadro 6. Masa seca del vástago (SDM) y masa seca de la raíz (RDM) de plántulas de *Enterolobium contortisiliquum* en regímenes de temperatura diferente, en presencia y en ausencia de luz.**

Light	Temperature			
	20 °C	30 °C	40 °C	20 - 30 °C
SDM (g)				
Presence	0.086 bB	0.108 bA	0.056 aC	0.104 bA
Absence	0.104 aC	0.147 aA	0.042 bD	0.127 aB
RDM (g/pl)				
Presence	0.020 aA	0.011 aC	0.005 aD	0.013 aB
Absence	0.014 bA	0.010 aB	0.004 aC	0.013 aA

Means with different letters, uppercase in a row and lowercase in a column, are statistically different (Tukey; $p \leq 0.05$) ♦ Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey; $p \leq 0.05$).

non-diverging germination rates under different light conditions in alternating temperatures (20-30 °C), and faster germination in the dark at constant temperatures (20, 30 and 40 °C).

Regardless of light condition, the constant temperatures of 30 and 40 °C accelerated the germination process. Oliviera-Diniz *et al.* (2008) studied *Licania rigida* Benth., an important tree species of the Brazilian semiarid region, and show the influence of the interaction of light and temperature on seed germination, with higher speeds at 30 °C.

Table 6 lists the biomass accumulation in each part of the seedling (shoot and root). The absence of light yielded higher values of shoot dry mass, except at 40 °C, which significantly hindered seedling growth and caused death of several seeds (Figure 4). In both light conditions, optimal results were observed at 30 °C. Similar behavior was found for the seedlings of *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore), and a temperature of 30 °C favored biomass accumulation in the shoot of this species Pacheco *et al.* (2008).

Biomass accumulation in the root was more efficient when *tamboril* seedlings grew under milder temperatures and regardless of light conditions, a constant temperature of 20 °C was most favorable. This result differs from that found by Pacheco *et al.* (2008) in *Tabebuia aurea* seedlings, which showed higher root biomass accumulation at 30 and 35 °C.

Our study shows that root growth and biomass accumulation was increased at 20 °C, whereas the shoot displayed a better performance at 30 °C. Such results are expected since high temperatures maximize seedling metabolism, enhancing competition between the parts for reserves. This is an advantage for the shoots, because roots are not good competitors (Terual and Smiderl, 1999).

Significant differences were observed in germination percentages (first count and final evaluation) of seeds in three weight classes, reflecting the influence of seed weight at the time of physiological maturity, an intrinsic factor. Figure 5 shows that germination percentage increased as seed weight class increased. These results are supported by those of Marcos Filho (2005) and Martins-da Silva *et al.* (2007), who observed that a higher weight corresponds to a greater seed quality, at the expense of a larger accumulation of reserves and better embryonic axis formation during the seed development in the mother plant.

Estas son ventajas para los brotes, porque las raíces no son buenos competidores (Terual y Smiderl, 1999).

Diferencias significativas se observaron en los porcentajes de germinación (primer recuento y evaluación final) de las semillas en las tres categorías de peso, que reflejan la influencia del peso de la semilla en el momento de madurez fisiológica, un factor intrínseco. La Figura 5 muestra que el porcentaje de germinación aumentó con la clase creciente del peso semilla. Estos resultados son apoyados por los de Marcos Filho (2005) y Martins da Silva *et al.* (2007), quienes observaron que el peso más alto corresponde a una calidad mayor de la semilla, a expensas de una acumulación mayor de reservas y mejor formación del eje embrionario durante el desarrollo de la semilla en la planta madre.

El peso de la semilla no cambió la longitud de las plántulas pero sí afectó a la acumulación de biomasa (Cuadro 7). La masa seca total de las plántulas fue mayor para las semillas pesadas, seguida por las de peso intermedio y ligero, con 32 % más biomasa total en las semillas pesadas respecto a las ligeras. Estos resultados confirman las recomendaciones para usar las semillas más pesadas de *E. contortisiliquum* para producir plántulas más vigorosa y homogénea. La literatura relacionada con la clasificación de las semillas basada en el peso, de árboles forestales, es escasa. Para *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) esta clasificación se recomienda para asegurar la producción de plántulas más homogénea en el vivero, ya que las semillas más pesadas tienen porcentajes mayores de germinación

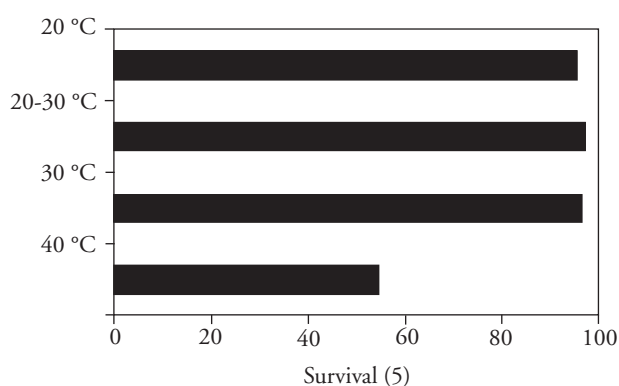


Figure 4. Average *Enterolobium contortisiliquum* seedlings survival percentage under different temperature regimes.

Figura 4. Porcentaje de sobrevivencia promedio de plántulas de *Enterolobium contortisiliquum* bajo regímenes de temperatura diferentes.

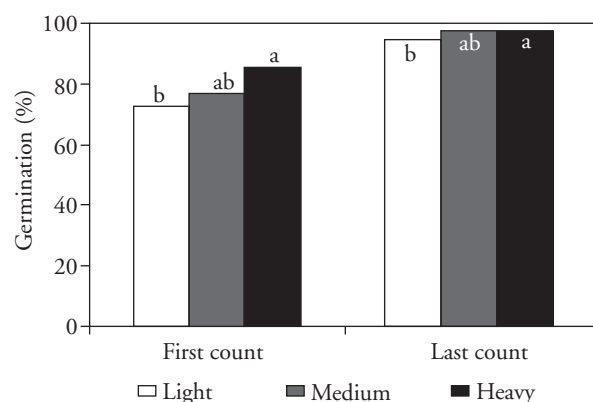


Figure 5. Germination percentage, upon the first and last counts, of *Enterolobium contortisiliquum* seeds with different weights. Different letters show statistical difference (Mann-Whitney test; $p \leq 0.05$) and when comparing the three weight classes.

Figura 5. Porcentaje de germinación, en el primero y último recuento de semillas de *Enterolobium contortisiliquum* con diferentes pesos. Letras distintas muestran diferencias estadísticas (prueba de Mann-Whitney; $p \leq 0.05$) cuando se comparan las tres clases de peso.

Seed weight did not change seedling length but it affected biomass accumulation (Table 7). The total dry mass of the seedlings was higher for heavy seeds, followed by medium and light, with 32 % more total biomass for heavy seeds as compared to light seeds. These results corroborate recommendations aimed to separate heavier *E. contortisiliquum* seeds in order to produce more vigorous and homogeneous seedlings. Literature regarding weight-based classification of forest tree seeds is scarce. For *Tabebuia heptaphylla* (Vell.), this classification is recommended to ensure more homogeneous seedling production in the nursery, as heavier seeds have higher germination percentages and greater fresh mass accumulation (Damscono-Ribeiro *et al.*, 2012).

Significant interactions involving weight classes reinforce the previous conclusions. A higher germination speed index is observed for heavy seeds, regardless of temperature (Table 8), which justifies the rationale that these seeds must have greater vigor and, therefore, higher quality.

A significant interaction for biomass accumulation in seedling parts was also observed. Heavy seeds display the greatest results at all temperatures,

y acumulación mayor de masa fresca (Damscono-Ribeiro *et al.*, 2012).

Las interacciones significativas que involucran las clases de peso refuerzan las conclusiones previas. Un índice de velocidad de germinación más alto fue observado para las semillas pesadas (Cuadro 8), cualquiera que fuera la temperatura, lo cual justifica el razonamiento de que estas semillas deben tener un vigor mayor y, por tanto una calidad más alta.

También se observó interacción significativa para la acumulación de biomasa entre los tejidos de las plántulas. Las semillas pesadas mostraron los resultados mejores en todas las temperaturas, excepto a 30 °C, lo que condujo a la acumulación similar de biomasa en las semillas de peso intermedio y pesado (Cuadro 9). La temperatura de 40 °C dañó el desarrollo las plántulas, causando efectos similares en las semillas de todas las clases de peso. Los resultados de nuestro estudio refuerzan la importancia de continuar investigando sobre los efectos del ambiente y los factores intrínsecos de la semilla en la germinación y el desarrollo de las plántulas, especialmente aquellos factores relacionados con el peso de la semilla.

CONCLUSIONES

Resultados de esta investigación mostraron que la germinación de la semilla de *E. contortisiliquum* es ideal a 30 °C, independientemente de las condiciones

Table 7. Shoot length (SL), root length (RL), total length (TL) and total dry mass (TDM) of *Enterolobium contortisiliquum* seedlings as a function of seed weight.

Cuadro 7. Longitud del vástago (SL), longitud de la raíz (RL), longitud total (TL) y masa seca total (TDM) de plántulas de *Enterolobium contortisiliquum* en función del peso de la semilla.

Weight classes	SL	RL	TL	TDM
	cm			g
Light	11.15 a	3.81 a	14.96 a	0.093 c
Medium	11.36 a	3.98 a	14.91 a	0.108 b
Heavy	12.22 a	4.38 a	16.60 a	0.123 a
CV (%)	7.76	26.52	10.2	9.66

Means with different letters in a column are statistically different (Mann-Whitney test; $p \leq 0.05$). ♦ Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferentes (prueba de Mann-Whitney; $p \leq 0.05$).

Table 8. Germination speed index (GSI) of *Enterolobium contortisiliquum* seeds of different weight classes under different temperature regimes.**Cuadro 8. Índice de velocidad de germinación (GSI) de semillas de categorías diferentes de peso, de *Enterolobium contortisiliquum*, en regímenes distintos de temperatura.**

Weight classes	GSI			
	Temperature			
	20 °C	30 °C	40 °C	20-30 °C
Light	3.37 bC	5.16 cB	6.01 bA	4.62 bB
Medium	3.45 bC	5.82 bA	5.80 bA	4.39 bB
Heavy	4.19 aC	6.74 aA	7.28 aA	6.06 aB

Means with different letters, uppercase in a row and lowercase in a column, are statistically different (Tukey; $p \leq 0.05$) ♦ Medias con letras diferentes, mayúsculas en una hilera y minúsculas en una columna, son estadísticamente diferentes (Tukey; $p \leq 0.05$).

except at 30 °C, which led to a similar biomass accumulation in both heavy and medium weight seeds (Table 9). A temperature of 40 °C damaged seedling development, causing similar effects on seeds of all weights classes. Data of our study reinforces the importance of continued research on the effects of both environmental and intrinsic factors on seed germination and seedling development, especially for those factors related to seed weight.

CONCLUSIONS

Results of this research showed that *E. contortisiliquum* seed germination is ideal at 30 °C, regardless of light conditions. This temperature also allows for a better development of seedling shoots, whereas roots displayed optimal results at 20 °C. Separation of seeds by weight class was equally important, since heavier seeds produced more vigorous seedlings and better germination quality.

LITERATURE CITED

- Anderson Gomez de-Aquino, A. F. M., M. C. Cardoso-Ribeiro, Y. C. Madeiros-Paula, and C. Pereira-Benedito. 2009. Superação de dormência em sementes de orelha-de-negro (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morang.). Revista Verde 4: 69-75.
- Barros, S. S. U., A. da Silva, and I. B. Aguiar. 2005. Germinação de sementes de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms (pau-d'alho) sob diferentes condições de temperatura, luz e umidade do substrato. Braz. J. Bot. 28: 727-733.

de iluminación. Esta temperatura también permite el desarrollo mejor de los vástagos en las plántulas, mientras que las raíces mostraron resultados óptimos a 20 °C. La clasificación de las semillas por categoría de peso fue igualmente importante, ya que las semillas más pesadas produjeron plántulas más vigorosas y mejor calidad de germinación.

End of the English version

-----*

- Bewley, J. D., and M. Black. 1994. Seeds: Physiology of Development and Germination. New York and London, Plenum Press. 445 p.
- Bezerra, A. M. E., V. G. Momenté, and S. Medeiros-Filho. 2004. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e tipo de substrato. Hort. Bras. 22: 295-299.
- Biruel, R. P., I. B. Aguiar, and R. C. Paula. 2007. Germinação de sementes de pau-ferro submetidas a diferentes condições de armazenamento, escarificação química, temperatura e luz. Rev. Bras. Sementes 29: 151-159.
- Borges, E. E. L., and A. B. Rena. 1993. Germinação de sementes. In: Aguiar, I. B., F. C. M. Piña-Rodrigues, and M. B. Figliolia (Org). Sementes Florestais Tropicais. Brasília: ABRATES pp: 83-136.

Table 9. Shoot dry mass (SDM) and root dry mass (RDM) of *Enterolobium contortisiliquum* seedlings from seeds of different weights subjected to different temperature regimes.**Cuadro 9. Masa seca del vástago (SDM) y masa seca de las raíces (RDM) de plántulas de semillas de *Enterolobium contortisiliquum*, de diferente peso, en regímenes diferentes de temperatura.**

Weight classes	Temperature			
	20 °C	30 °C	40 °C	20-30 °C
SDM (g)				
Light	0.079 cC	0.112 bA	0.045 aD	0.096 cB
Medium	0.094 bC	0.131 aA	0.049 aD	0.114 bB
Heavy	0.112 aB	0.139 aA	0.053 aC	0.136 aA
RDM (g)				
Light	0.015 cA	0.009 bC	0.005 aD	0.011 cB
Medium	0.017 bA	0.010 abC	0.004 aD	0.013 bB
Heavy	0.020 aA	0.011 aC	0.005 aD	0.016 aB

Means with different letters, uppercase in a row and lowercase in a column, are statistically different (Tukey; $p \leq 0.05$) ♦ Medias con letras diferentes, mayúsculas en una hilera y minúsculas en una columna, son estadísticamente diferentes (Tukey; $p \leq 0.05$).

- Brasil. 2008. Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga / MMA. Ministério do Meio Ambiente. SBF / DF / PNF. Natal. 25 p.
- Brasil. 2009. Regras para análises de sementes. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. SNDA / DNDV / CLAV. Brasília. 399 p.
- Carvalho, N. M., and J. Nakagawa. 2012. Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção. 5 ed. Jaboticabal: FUNEP. 590 p.
- Carvalho, R. F., and L. E. P. Peres. 2013. Fotomorfogênese. <http://www.miniweb.com.br/ciencia/artigos/fotomorfogenese.pdf>. (Access: January 2014).
- Cicero, S. M., and E. W. de Lima-Orsi. 1977. Influência do peso da semente de arroz (*Oriza sativa* L.) sobre a germinação. Anais ESALQ 34: 339-346.
- Contro-Malavasi, U., and M. de Matos-Malavasi. 2004. Dormancy breaking and germination of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong seed. Braz. Arch. Biol. Technol. 47: 851-854.
- Damasceno-Ribeiro, C. A., M. do Prado-Costa, D. Salgado de Senna, and J. Pizzol-Caliman. 2012. Fatores que afetam a germinação das sementes e a biomassa de plântulas de *Tabebuia heptaphylla*. Floresta 42: 161-168.
- Eira, M. T. S., R. W. A. Freitas, and C. M. C. Melo. 1993. Superação de dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. – Leguminosae. Rev. Bras. Sementes 15: 177-181.
- ESTATCAMP. 2013. Software Action. <http://www.estatcamp/empresa/software-action>. (Access: January 2014).
- Ferreira, A. G., and F. Borghetti. 2004. Germinação: Do Básico ao Aplicado. São Paulo: Artmed. 323 p.
- Figliolia, M. B., I. B. Aguiar, and A. Silva. 2009. Germinação de sementes de três arbóreas brasileiras. RIF 21: 107-115.
- Frazão, D. A. C., J. D. Costa, F. J. Coral, J. A. Azevedo, and F. J. C. Figueiredo. 1984. Influência do peso da semente no desenvolvimento e vigor de mudas de cacau. Rev. Bras. Sementes 6: 31-40.
- Galçalves-Oliveira, P. G., and Q. Souza-Garcia. 2005. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Syngonanthus elegantulus* Ruhland, *S. elegans* (Bong.) Ruhland e *S. venustus* Silveira (Eriocaulaceae). Acta Bot. Bras. 19: 639-645.
- Guedes, R. S., and E. U. Alves. 2011. Substratos e temperatura para o teste de germinação de sementes de *Chorizia glaziovii* (O. Kuntze). Cerne 17: 525-531.
- Guedes, R. S., E. U. Alves, E. P. Gonçalves, J. M. Braga Júnior, J. Silva-Viana, and P. N. Q. Colares. 2010. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. Rev. Árvore 34: 57-64.
- Kendrick, R. E., and B. Frankland. 1981. Fitocromo e Crescimento Vegetal. São Paulo: EPU: Ed. da Universidade de São Paulo. 76 p.
- Lorenzi, H. 2002. Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum. 368 p.
- Madeiros de Rodrigues-Lima, C., F. Borguetti, and M. Valle de Souza. 1997. Temperature and germination of the Leguminosae *Enterolobium contortisiliquum*. Rev. Bras. Fisiol. Veg. 9: 97-102.
- Madeiros de Rodrigues-Lima, C., M. Vasconcelos-Pacheco, R. L. Alcantara-Bruno, C. dos Santos-Ferrari, J. MartinsBraga Júnior, and A. K. Dias-Bezerra. 2011. Temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tull. Rev. Bras. Sementes 33: 216 - 222.
- Marcos Filho, J. 2005. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ. 495 p.
- Martins-da Silva, G., M. de Souza-Maia, and C. O. Costa-Moraes. 2007. Influência do peso da semente sobre a germinação e o vigor de cevadilha vacariana (*Bromus auleticus* Trininus). CAST 13: 123-126.
- Melo, R. R., M. C. L. Cunha, F. Rodolfo Júnior, and D. M. Stangerlin. 2008. Crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong sob diferentes níveis de luminosidade. Agrária 3: 138-144.
- Neves-Martins, G., R. Ferreira-da Silva, E. Fontes-Araújo, M. Gonzaga-Pereira, H. Duarte-Vieira, and A. P. Viana. 2005. Influência do tipo de fruto, peso específico das sementes e período de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão do grupo formosa. Rev. Bras. Sementes 27: 12-17.
- Oliviera-Diniz, F., F. J. Carvalho-Moreira, F. D. Barbosa da Silva, and S. Medeiros-Filho. 2008. Influência da luz e temperatura na germinação de sementes de oiticica (*Licania rigida* Benth.). Rev. Ciênc. Agron. 39: 476-80.
- Pacheco, M. V., V. P. Matos, A. L. P. Feliciano, and R. L. C. Ferreira. 2008. Germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook f. ex S. Moore. Ci. Fl. 18: 143-150.
- Santos, D. L., V. Y. Sugahara, and M. Takaki. 2005. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl. e *Tabebuia roseo-alba* (Ridl) Sand – Bignoniaceae. Ci. Fl. 15: 87-92.
- Garcia dos Santos, S. R., and I. BergemannAguiar. 2005. Efeito da temperatura na germinação de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs separadas pela coloração do tegumento. Sci. For. 1: 77-83.
- Silva, F. A. S., and C. A. V. Azevedo. 2009. Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance. In: World Congress on Computers in Agriculture, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers. pp: 1-5.
- Sousa-Albuquerque, K., and R. Menes-Guimarães. 2006. Comportamento fisiológico de sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. sob diferentes temperaturas e condições de luz. Cerne 13: 64-70.
- Taiz, L., and E. Zeiger. 2009. Fisiologia Vegetal. 4 ed. Porto Alegre: Artmed. 819 p.
- Takaki, M. 2001. New proposal of classification of seeds based on forms of phytochrome instead of photoblastism. Rev. Bras. Fisiol. Veg. 13: 104-108.
- Terual, D. A., and O. J. Smiderl. 1999. Trigo: Desenvolvimento das raízes. In: Castro P., R. C. and R. A. Kugle (eds). Ecofisiologia de Cultivos Anuais: Trigo, Milho, Soja, Arroz e Mandioca. São Paulo: Nobel. pp: 18-19.