



## EFECTO DEL TAMAÑO DE SEMILLA Y LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Quercus rugosa* Née

EFFECT OF SEED SIZE AND TEMPERATURE ON GERMINATION IN *Quercus rugosa* Née

Rubén Huerta-Paniagua<sup>1</sup>; Dante Arturo Rodríguez-Trejo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de Méx., C.P. 56230.  
Correo-e: dantearturo@yahoo.com (\*Autor para correspondencia).

### RESUMEN

Fue analizado el efecto de la temperatura y tamaño de la semilla en la germinación de *Quercus rugosa* Née. Se estudiaron la capacidad germinativa y la energía germinativa en tres tamaños de semillas: grandes (3.09 cm de largo por 1.55 cm de anchura, en promedio); medianas (2.45 cm de largo por 1.29 cm de anchura) y pequeñas (2.15 cm de largo por 1.18 cm de anchura), con dos regímenes de temperatura día y noche (24/19 °C y 19/14 °C, con un fotoperíodo de 12 h), en cámara de ambiente controlado. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar, con seis repeticiones. Los bloques estaban anidados dentro del factor temperatura. Se realizó análisis de varianza con un modelo mixto. El tamaño de la semilla influyó significativamente ( $P=0.0009$ ) en la germinación potencial; las semillas grandes germinaron más. Para la energía germinativa se presentó interacción entre los factores en estudio ( $P=0.0045$ ). La mayor energía germinativa se tuvo en las semillas medianas a alta temperatura.

Recibido: 19 de agosto, 2010  
Aceptado: 18 de mayo, 2011  
doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.08.053  
[http:// www.chapingo.mx/revistas](http://www.chapingo.mx/revistas)

**PALABRAS CLAVE:** Análisis de semillas, encinos, energía germinativa.

### ABSTRACT

The effect of temperature and seed size on germination in *Quercus rugosa* Née was analyzed. Germination capacity and germinative energy were studied in three seed sizes: large (3.09 cm long by 1.55 cm wide, on average), medium (2.45 cm long by 1.29 cm wide) and small (2.15 cm long by 1.18 cm wide). Two day/night temperature regimes in a controlled environment chamber were used: 24/19 °C and 19/14 °C, both with a 12 h photoperiod. A randomized complete block experimental design was used with six replications. The blocks were nested within the temperature factor. Germination capacity and germinative energy were analyzed with an analysis of variance using a mixed model. Seed size significantly influenced ( $P=0.0009$ ) germination, with the large seeds having the highest germination. For germinative energy, the interaction between the two factors under study was significant ( $P=0.0045$ ). The highest germinative energy was found in the medium-sized seeds at high temperature.

**KEY WORDS:** Seed analysis, oaks, germinative energy.

### INTRODUCCIÓN

México cuenta con vastos recursos forestales, entre los que destacan los pinares, para su cultivo y aprovechamiento, pero también existen otras comunidades de plantas arbóreas y con mayor número de especies, como son los encinares. Éstos aunque no son tan relevantes económicamente como los primeros, sí lo son ecológicamente. Existen cerca de 170 especies de encinos en el país (Zavala, 2003). Este género se distribuye en 25 estados de la República mexicana (Zavala, 1995).

Los encinos se encuentran extensamente distribuidos en muchas de las serranías del territorio nacional, conviviendo con coníferas en diversas zonas templadas,

### INTRODUCTION

Mexico has vast forest resources, among which the pine forests stand out for their cultivation and use, but there are other tree communities with a greater number of species, such as oak forests. Although they are not as economically important as the former, they are so ecologically. There are about 170 species of oaks in the country (Zavala, 2003). This genus is distributed in 25 states in Mexico (Zavala, 1995).

Oaks are widely distributed in many of the mountainous regions of the country, living together with conifers in several temperate zones, although they are also found in tropical and semi-arid regions (Rzedowski, 1978). At times, oaks

aunque también se encuentran en zonas tropicales y regiones semiáridas (Rzedowski, 1978). En ocasiones, los encinos se desarrollan en condiciones muy particulares, tales como laderas con exposición norte, al fondo de cañadas, en orillas de arroyos, terrenos pedregosos, tepetatosos y someros, en áreas perturbadas o lo contrario; en realidad, existe insuficiente información sobre los diversos hábitats donde crece cada una de las especies de este género (Zavala, 2003).

A nivel mundial, los encinos se encuentran ampliamente distribuidos en las zonas templadas, templado-cálidas y montañas tropicales del hemisferio septentrional. En Sudamérica se les localiza hasta las montañas de Colombia, y en el hemisferio oriental hasta el archipiélago de la India, Indonesia y Nueva Guinea. El género, al parecer, no ha rebasado los 0° de latitud hacia el hemisferio sur (Zavala, 1995).

Aunque hay un interés reducido por los encinos de parte del sector industrial maderero establecido, y si bien no se realiza su cultivo, restauración y aprovechamiento, podrían significar una alternativa con un gran potencial para mejorar las condiciones sociales, económicas y ambientales de los dueños y/o poseedores de este recurso forestal.

En México, las especies de *Quercus* han sido utilizadas tradicionalmente por los campesinos para la producción de energía en forma de carbón para uso doméstico. También existe clandestinaje en su comercialización. La madera de los encinos es utilizada en la fabricación de muebles de alta calidad, chapa fina, pisos, cajas para empaques, mangos, cabos de herramientas, instrumentos musicales, marcos para puertas y ventanas, durmientes, lambrín, muebles, pilotes, postes, barricas para añejamiento de whisky, ron y vinos y como pulpa para papel. Los taninos de la corteza son usados para tintas, estampados textiles y con fines medicinales. Las flores, a través del cocimiento de los amentos masculinos, se usan como antiespasmódico, y tanto las flores como las hojas tiernas son comestibles. Las agallas que se forman en las hojas son utilizadas para la elaboración de una pomada astringente y las bellotas como alimento forrajero, así como en la elaboración de harina y aceite (Martínez, 1954; Vázquez, 1992).

La producción de encinos podría representar una alternativa eficiente para desarrollar programas de restauración de suelos altamente degradados y su recuperación para aumentar la biomasa forestal, disminuir la erosión y aumentar la recarga de los mantos acuíferos, así como para la captura de carbono, entre otros aspectos. En el área de viveros y reforestación, los encinos también han recibido escasa atención.

*Quercus rugosa*, Née, pertenece al subgénero *Lepidobalanus* o encinos blancos; se desarrolla en condiciones húmedas, pero también en condiciones secas;

grow in very particular conditions, such as on hillsides with northern exposure, at the bottom of ravines, on the banks of streams, on stony, barren and shallow land, and in disturbed areas or otherwise; in fact, there is insufficient information on the various habitats where each species of this genus grows (Zavala, 2003).

Worldwide, oaks are widely distributed in temperate, warm-temperate and tropical mountain zones of the northern hemisphere. In South America they are found until the mountains of Colombia, and in the eastern hemisphere until part of the Malay Archipelago. The genus has apparently not crossed 0° latitude to the southern hemisphere (Zavala, 1995).

Although there is limited interest in oaks on the part of the established timber industry, and although they are not cultivated, restored or developed, they could represent an alternative with great potential to improve the social, economic and environmental conditions of the owners and/or holders of this forest resource.

In Mexico, *Quercus* species have been traditionally used by farmers to produce charcoal for domestic energy use. There is also a clandestine oak market. Oak wood is used in the manufacture of high quality furniture, veneers, flooring, packing boxes, tool handles, musical instruments, door and window frames, railroad ties, furring, standard furniture, piles, poles, barrels for aging whiskey, rum and wine, and as pulp for paper. The tannins in the bark are used for inks, printed textiles and medicinal purposes. The flowers, through the cooking of the male catkins, are used as an antispasmodic, and both the flowers and the young leaves are edible. The galls that form on the leaves are used for making an astringent ointment, whereas the acorns are used for fodder and for making flour and oil (Martínez, 1954; Vázquez, 1992).

Oak production may represent an efficient alternative for developing programs to restore highly degraded soils and thus increase forest biomass, decrease erosion and increase groundwater recharge and carbon sequestration, among other things. In the area of nurseries and reforestation, oaks have also received little attention.

*Quercus rugosa*, Née, belongs to the subgenus *Lepidobalanus* or white oak. It mainly grows in wet conditions, but also in dry ones. The trees range from 3 to 25 m in height and from 10 to 80 cm in diameter, with grayish brown scaly bark. The fruit is a nut, long and wider at the base and its apex is narrow and the leaves are thick and very coriaceous, generally concave-convex, from 7 to 15 cm long (Bello and Lavat, 1987; Zavala, 2003).

In North America, AOSA (Association of Seed Analysts) standards for oak germination stipulate tests at 20/30 °C for 14 days (Young and Young, 1992). In tests

son árboles de 3 a 25 m de altura, diámetro de 10 a 80 cm, con la corteza escamosa de color café grisáceo; el fruto es una nuez, alargada y más ancha en la base y su ápice es angosto y las hojas son gruesas y muy coriáceas, generalmente cóncavo-convexas, de 7 a 15 cm de largo (Bello y Lavat, 1987; Zavala, 2003).

En Norteamérica, los estándares de AOSA (Association of Seed Analysts) para la germinación de encinos estipulan pruebas a 20/30 °C durante 14 días (Young y Young, 1992). En pruebas a temperatura ambiente con semillas de *Quercus rugosa* seleccionadas y colocando el ápice hacia abajo en la siembra, Zavala y García (1996) refieren 100 % de germinación. Velázquez *et al.* (1996) refieren una germinación de 73 % para *Quercus crassipes* Humb. *et* Bonpl. bajo un régimen de 30 °C de día, 20 °C de noche y fotoperiodo de 8 horas.

La especie ha sido poco estudiada, por lo cual los resultados aquí expuestos podrían contribuir a mejorar la producción de esta especie en viveros forestales. Así, el objetivo del presente trabajo es estudiar el posible efecto de tres tamaños de semillas de *Quercus rugosa* y de dos regímenes de temperatura, en la capacidad germinativa y la energía germinativa de la especie, procedente de encinares de la comunidad de San Jerónimo Amanalco, Texcoco, Estado de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Recolección de la semilla

La recolección de la semilla se llevó a cabo en el paraje "El partidador", de la comunidad de San Jerónimo Amanalco, Texcoco, Estado de México. El paraje se ubica a 4 km al NE del pueblo de San Jerónimo, tomando el camino con dirección al poblado de Guadalupe Amanalco y San Juan Totolapan, del municipio de Tepetlaoxtoc, Estado de México (19° 31' 16" N y 98° 43' 58" O), a 2,758 m.

La semilla se recolectó al azar de cuatro árboles sanos, con alturas de 10 a 15 m, desarrollados en un suelo tepetatoso, con una pendiente aproximada de 30 %, en un bosque de pino-encino. La recolección de aproximadamente 50 kg de nueces se llevó a cabo el 5 de noviembre de 2009.

### Análisis

El trabajo de laboratorio fue desarrollado en el Laboratorio de Semillas Forestales de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. En el proceso, se siguieron las normas de ISTA (Internacional Seed Testing Association), referidas por Bonner *et al.* (1994). La descripción de la semilla

at room temperature with selected *Quercus rugosa* seeds placed with the apex pointing downwards at planting, Zavala and Garcia (1996) report 100% germination. Velázquez *et al.* (1996) reported 73% germination for *Quercus crassipes* Humb. *et* Bonpl. under a regime of 30 °C in the day, 20 °C at night and an 8-hour photoperiod.

The species has been little studied, so the results presented here could contribute to improving the production of this species in forest nurseries. Thus, the objective of this research is to study the possible effect of three seed sizes of *Quercus rugosa* and two temperature regimes on germination capacity and germinative energy in the species, originating from oak forests in the community of San Jerónimo Amanalco, Texcoco, State of Mexico.

## MATERIALS AND METHODS

### Seed collection

The seed collection took place in a place called "El partidador" in the community of San Jerónimo Amanalco, Texcoco, State of Mexico. The site is located 4 km NE of the town of San Jeronimo, taking the road towards the towns of Guadalupe Amanalco and San Juan Totolapan in the municipality of Tepetlaoxtoc, State of Mexico (19° 31' 16" N and 98° 43' 58" W) at 2,758 m.

The seed was collected randomly from four healthy trees, with heights from 10 to 15 m, growing in a tepetate soil, with a slope of approximately 30 % in a pine-oak forest. The collection of approximately 50 kg of nuts took place on November 5, 2009.

### Analysis

Laboratory work was performed at the Forestry Department's Tree Seed Laboratory at the Universidad Autónoma Chapingo. In the process, we followed the ISTA (International Seed Testing Association) standards reported by Bonner *et al.* (1994). Seed description was carried out based on the work of Zavala (2003). Samples of 90 units were used to determine the average size of the seed (30 seeds of each size). Purity was calculated with the expression:

$$P = (CSW / USW) (100)$$

(1)

Where: P = Purity, CSW = clean seed weight and USW = uncleaned seed weight.

Weight was expressed as the weight of 1,000 seeds and the number of seeds per kilogram. Dry-weight

se llevó a cabo con base en el trabajo de Zavala (2003). Se utilizaron muestras de 90 unidades para determinar el tamaño promedio de la semilla (30 semillas de cada tamaño). La pureza se calculó con la expresión:

$$P = (PS / PT) (100) \quad (1)$$

Donde: P = Pureza, PS = Peso de la semilla limpia y PT = Peso de la semilla sin limpiar.

El peso se expresó como el peso de 1000 semillas y como el número de semillas por kilogramo. El contenido de humedad, base anhidra, se obtuvo luego de poner una muestra de 20 semillas de cada uno de los tres tamaños en una estufa de secado a 80 °C, hasta obtener peso constante (anhidro) y se utilizó la siguiente fórmula:

$$CH = ((PF - PS) / PS) (100) \quad (2)$$

Donde: CH = Contenido de humedad base anhidra, PF = Peso fresco y PS = Peso seco de la semilla.

Asimismo, se realizaron dos pruebas de viabilidad: una mediante tñido con sales de cloruro de 2-3-5, trifenil tetrazolio al 1 %, remojando 60 semillas (20 de cada tamaño) en la solución, en oscuridad (frasco cubierto con papel aluminio) y a 30 °C, en cámara de ambiente controlado, durante 24 horas. La otra prueba fue con 240 semillas de cada tamaño (720 en total), mediante el proceso de flotación en agua, utilizando la expresión:

$$V = (SV / T) (100) \quad (3)$$

Donde: V = Viabilidad, SV = número de semillas viables y T = número total de semillas.

### Establecimiento del experimento

Se estudiaron los factores temperatura y tamaño de semilla, considerando dos niveles para el régimen de temperatura día y noche (24/19 °C y 19/14 °C), además de luz fluorescente, equivalente a 66  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , con un fotoperiodo de 12 horas. Se utilizaron 720 semillas y fueron clasificadas en tres tamaños (grande, mediana y pequeña), 240 semillas de cada tamaño, con las siguientes medidas: las semillas grandes tuvieron un intervalo de tamaño de 3.75 cm de longitud por 1.45 cm de anchura en su límite superior y 2.43 cm de longitud por 1.65 cm de anchura en su límite inferior; las medianas, de 2.59 cm de longitud por 1.33 cm de anchura en su límite superior y 2.31 cm de largo por 1.26 cm de anchura en su límite inferior; y las pequeñas, de 2.35 cm de longitud por 1.16 cm de anchura

moisture content was obtained after putting a sample of 20 seeds of each of the three sizes in a drying oven at 80 °C, until constant weight (anhydrous). The following formula was used:

$$MC = ((FW - DW) / CSW) (100) \quad (2)$$

Where: MC = Moisture content (dry weight basis), FW = Fresh weight and DW = Dry weight of the seed.

Two viability tests were also conducted, one by staining with 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride at 1 % , soaking 60 seeds (20 of each size) in the solution, in the dark (bottle covered with aluminum foil ) and at 30 °C in a controlled environment chamber for 24 hours. The other test was with 240 seeds of each size (720 in total), using the water flotation process and the following expression:

$$V = (VS / T) (100) \quad (3)$$

Where: V = Viability, VS = number of viable seeds and T = total number of seeds.

### Establishment of the experiment

Temperature and seed size were analyzed using two levels for the day/night temperature regime (24/19 °C and 19/14 °C) and fluorescent light, equivalent to 66  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  with a 12-hour photoperiod. In total, 720 seeds were used and classified into three sizes (large, medium and small), 240 seeds of each size, with the following measurements: large seeds had a size range of 3.75 cm in length by 1.45 cm in width at their upper limit and 2.43 cm long by 1.65 cm wide at their lower limit; the medium-sized ones were 2.59 cm long by 1.33 cm wide at their upper limit and 2.31 cm long by 1.26 cm wide at their lower limit; and the small ones were 2.35 cm long by 1.16 cm wide at their upper limit and 1.96 cm long by 1.20 cm wide at their lower limit.

A randomized complete block experimental design was used, with six replications for the six combinations of the different levels of each treatment. The blocks were nested within the temperature factor because the work was carried out in controlled environment chambers and thus a temperature cannot be assigned to each experimental unit. Seeds were sown in plastic boxes, using felt as substrate. Irrigation was performed with 250 mL per box, in a solution of distilled water and 3 % Captan fungicide.

The study was conducted in two Conviron-brand controlled environment chambers, one for each



en su límite superior y 1.96 cm de longitud por 1.20 cm de anchura en su límite inferior.

Se estableció un diseño experimental en bloques completos al azar, con seis repeticiones para las seis combinaciones de los diferentes niveles de cada tratamiento. Los bloques fueron anidados dentro del factor temperatura porque se trabajó en cámaras de ambiente controlado y no se puede asignar a cada unidad experimental una temperatura. Las semillas fueron sembradas en cajas de plástico, utilizando como sustrato tela fieltro; el riego se realizó con 250 ml por caja, en una solución de agua destilada y el fungicida Captán al 3 %.

El estudio se llevó a cabo en dos cámaras de ambiente controlado marca Conviron, una para cada régimen de temperatura. La germinación se registró diariamente, considerando germinadas las semillas cuando la radícula alcanzó un tamaño igual a la longitud de la misma semilla. La energía germinativa fue evaluada como el número de días requerido para alcanzar el 50 % de la germinación potencial. El modelo estadístico utilizado para el análisis de la capacidad germinativa potencial y de la energía germinativa fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_k(\beta_j) + \delta_k + (\alpha\delta)_{ik} + \xi_{ijk} \quad (4)$$

Donde:  $\mu$ =media general,  $\alpha_i$  = efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor tamaño de semilla,  $\delta_k(\beta_j)$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque anidado dentro del  $k$ -ésimo nivel del factor temperatura  $\delta_k$  = efecto del  $k$ -ésimo nivel del factor temperatura,  $(\alpha\delta)_{ik}$  = efecto de la interacción entre el  $i$ -ésimo nivel del factor tamaño de la semilla y el  $k$ -ésimo nivel del factor temperatura,  $\xi_{ijk}$  = error experimental.

Se consideraron con efectos fijos a los factores temperatura y tamaño de la semilla, y con efectos aleatorios a los bloques. El análisis de varianza fue realizado con el procedimiento mixto (Proc Mixed) del programa SAS (v 6.12) para microcomputadoras. Las medias fueron comparadas con la prueba de diferencia mínima significativa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de semillas

Se tuvieron 406 semillas  $\text{kg}^{-1}$ , lo que corresponde a 2.463 kg por cada 1,000 semillas. Las muestras del lote estudiadas tuvieron como longitud máxima y mínima 3.65 a 1.96 cm, respectivamente, así como anchuras máxima y mínima de 1.65 a 1.20 cm, respectivamente. Debe tenerse en cuenta que se trata de las nueces y no en sí de las semillas. El contenido de humedad base anhidra fue de 65 %, y la viabilidad resultó igual a 83.3 % con los dos métodos empleados. Lo anterior indica que la prueba por flotación es confiable.

temperature regime. Germination was recorded daily, with the seeds considered germinated when the radicle reached a size equal to the length of the same seed. Germinative energy was evaluated as the number of days required to reach 50% germination potential. The statistical model used for the analysis of potential germination capacity and germinative energy was as follows:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_k(\beta_j) + \delta_k + (\alpha\delta)_{ik} + \xi_{ijk} \quad (4)$$

Where:  $\mu$ =overall mean,  $\alpha_i$  = effect of the  $i$ -th level of the seed size factor,  $\delta_k(\beta_j)$  = effect of the  $j$ -th block nested within the  $k$ -th level of the temperature factor,  $\delta_k$  = effect of the  $k$ -th level of the temperature factor,  $(\alpha\delta)_{ik}$  = effect of the interaction between the  $i$ -th level of the seed size factor and the  $k$ -th level of the temperature factor,  $\xi_{ijk}$  = experimental error.

They were considered with fixed effects to the temperature and seed size factors, and with random effects to the blocks. The analysis of variance was performed with the mixed procedure (Proc Mixed) of the SAS program (v6.12) for microcomputers. Means were compared with the least significant difference test.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Seed analysis

A total of 406 seeds  $\text{kg}^{-1}$  were obtained, corresponding to 2.463 kg per 1,000 seeds. The lot samples studied had maximum and minimum lengths of 3.65 to 1.96 cm, respectively, and maximum and minimum widths of 1.65 to 1.20 cm, respectively. It should be noted that this refers to the nuts and not to the seeds themselves. Dry-weight moisture content was 65 %, and viability was equal to 83.3 % with both methods. This indicates that the flotation test is reliable.

It should be noted that a high proportion of the nuts showed the presence of weevils (*Curculio* sp.). After selecting seeds from the lot that were apparently not infected, days later larvae emerged in 6.7 % of them. However, even these seeds germinated well. Approximately 25 % of the seeds in the lot corresponded to the large category, 40% to the medium one and 35 % to the small.

### Germination capacity

It was found that seed size influences germination capacity ( $P < 0.0001$ ), with the larger the seed, the higher the germination rate. The least significant difference test indicated that the germination of all size categories is significantly different (Table 1, Figure 1).

Se debe señalar que una alta proporción de las nueces mostró presencia de gorgojos (*Curculio* sp.). Después de hacer la selección de las semillas aparentemente no plagadas en el lote, días después emergieron larvas en 6.7 % de ellas. No obstante, aun estas últimas germinaron bien. Aproximadamente 25 % de las semillas del lote correspondieron a la categoría grande, 40 % a las medianas y 35 % a la categoría de las pequeñas.

### Capacidad germinativa

Se encontró que el efecto del tamaño de la semilla influye en la capacidad germinativa ( $P < 0.0001$ ). Conforme la semilla es de mayor tamaño, se obtiene un mayor porcentaje de germinación. La prueba de diferencia mínima significativa indicó que la germinación de todas las categorías de tamaño es significativamente diferente (Cuadro 1, Figura 1).

**CUADRO 1. Significancia de la germinación de la semilla de *Quercus rugosa* de San Jerónimo Amanalco, Texcoco, Estado de México, de distintos tamaños y a diferentes temperaturas, resultado del análisis de varianza.**

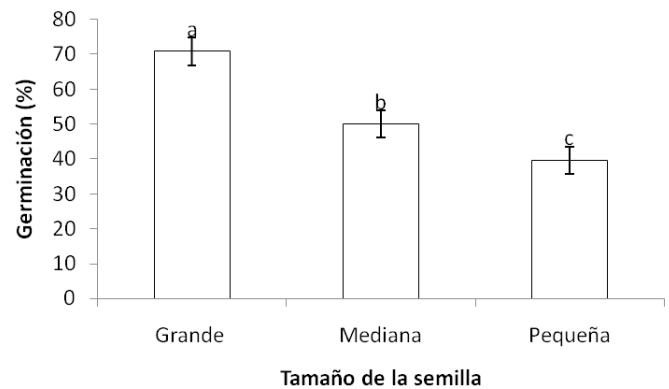
**TABLE 1. Significance of seed germination of *Quercus rugosa* of San Jerónimo Amanalco, Texcoco, State of Mexico, of different sizes and at different temperatures, resulting from the analysis of variance.**

Factor	F	P
Temperatura	0.18	0.6823
Tamaño	27.69	<0.0001
Temperatura*	0.34	0.7176
Tamaño		

La mayor germinación en semillas grandes ha sido observada en muchas especies, como en *Cecropia obtusifolia* Bertol., en la cual las semillas grandes exhibieron el doble de germinación con respecto a las pequeñas (Tenorio et al., 2008), así como en girasol, *Helianthus annuus* L. (Krishnaveni y Sivasubramanian, 2001) y en *Tragopogon pratensis* L. ssp. *pratensis* (van Mólken et al., 2005).

La variación en el tamaño de la semilla desempeña un papel importante en los procesos de germinación y establecimiento de plántulas. La germinación en cuatro fechas de siembra de cinco categorías de peso y tamaño de semilla de *Stenocereus benecke* (Ehrenberg) A. Berger & F. Buxbaum se evaluó con la finalidad de inferir las estrategias de supervivencia en las primeras fases de su ciclo de vida. La germinación tuvo diferencias estadísticamente significativas entre las semillas grandes y medianas, que fueron superiores a las pequeñas (Ayala et al., 2004).

La masa de la semilla es un factor que afecta la germinación, el alargamiento y el crecimiento de las plántulas (Cordazzo, 2002). El tamaño de la semilla también



**FIGURA 1. Germinación potencial por tamaño de semilla de *Quercus rugosa* recolectada en San Jerónimo Amanalco, Texcoco, Estado de México, resultado de la prueba de diferencia mínima significativa. Las barras de error representan error estándar.**

**FIGURE 1. Germination potential by seed size in *Quercus rugosa* collected in San Jerónimo Amanalco, Texcoco, State of Mexico, resulting from the least significant difference test. Error bars represent standard error.**

Greater germination in large seeds has been observed in many species, such as *Cecropia obtusifolia* Bertol., in which large seeds have exhibited twice the germination of small ones (Tenorio et al., 2008), sunflower, *Helianthus annuus* L. (Krishnaveni and Sivasubramanian, 2001), and *Tragopogon pratensis* L. ssp. *pratensis* (van Mólken et al., 2005).

Variation in seed size plays an important role in germination processes and seedling establishment. Germination on four planting dates of five weight and size categories of *Stenocereus benecke* (Ehrenberg) A. Berger & F. Buxbaum seed was evaluated in order to infer the survival strategies in the early stages of its life cycle. In regards to germination, there were statistically significant differences between the large and medium seeds, which were superior to the small-sized ones (Ayala et al., 2004).

Seed mass is a factor affecting germination, elongation and growth of seedlings (Cordazzo, 2002). Seed size is also positively related to initial plant size (Moegenburg, 1996) and to seedling vigor and survival (Leishmann et al., 2000; Hendrix, 1984). In this study, qualitatively, greater initial development was detected in the seedlings from large seeds, but a specific study on this subject is required. The initial size advantage of seedlings can persist into adulthood (Weiss, 1982) or be lost over time (Zimmerman and Weis, 1983).

Large seeds have other characteristics that give them advantages, including a greater ability to emerge from greater soil depths than small seeds (Radford, 1977), and a higher nitrogen concentration, as in the seed of *Pericopsis elata* Harms van Mecuwen, a tree found in the tropical deciduous forests of Ghana (Burslem and Miller, 2001). When it is deficient in nutrients, a seedling from a large seed is more likely to survive than one from a small seed

está relacionado positivamente con el tamaño inicial de la planta (Moegenburg, 1996) y con el vigor y la supervivencia de plántulas (Leishmann *et al.*, 2000; Hendrix, 1984). En el presente trabajo, cualitativamente se apreció un mayor desarrollo inicial en las plántulas de semillas grandes, si bien se requiere de un estudio específico sobre el particular. Esta ventaja de tamaño inicial de la plántula puede persistir hasta la madurez (Weis, 1982) o perderse con el tiempo (Zimmerman y Weis, 1983).

Las semillas grandes tienen otras características que les confieren ventaja, como una mayor capacidad para emerger desde mayores profundidades del suelo, a diferencia de las pequeñas (Radford, 1977), o una mayor concentración de nitrógeno, como en la semilla de *Pericopsis elata* Harms van Mecuwen, árbol del bosque tropical subcaducifolio de Ghana (Burslem y Miller, 2001). Cuando se tienen deficiencias de nutrientes, una plántula proveniente de una semilla grande tiene más probabilidad de sobrevivir que una de semilla pequeña porque cuenta con más reservas (Jurado y Westoby, 1992). Cuando las plantas se desarrollan en ambientes limitativos tienden a mostrar mayor variación en el tamaño de las semillas que producen, como lo señala Halpern (2005) en *Lupinus perennis* L. Otro factor importante es la herbivoría, ya que las plántulas pueden sufrir daños por la remoción de sus hojas en sus primeras etapas de vida. La capacidad de una plántula para sobrevivir cuando ha perdido parte de sus hojas, está positivamente asociada con el tamaño de la semilla (Armstrong y Westoby, 1993; Bonfil, 1998).

No en todos los ambientes las semillas de mayor tamaño germinan mejor. En zonas semiáridas, *Astrophytum myriostigma* L., cactácea endémica del desierto chihuahuense de México, las semillas pequeñas germinaron más y con mayor rapidez que las grandes, lo que podría estar relacionado con su capacidad para absorber agua más rápidamente que las de mayor tamaño en ese ambiente con limitaciones de humedad; también podría tratarse de una estrategia para permanecer en el banco de semillas del suelo por varios años (Sánchez *et al.*, 2006).

### Energía germinativa

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas debidas tanto a la temperatura, como al tamaño de la semilla y a la interacción entre estas dos últimas (Cuadro 2).

Las semillas grandes y medianas mostraron la mayor energía germinativa, comparadas con las semillas pequeñas (Figura 2). De la misma manera, en *Zizyphus mistol* G., Araoz *et al.* (2004) hallaron que las semillas más grandes presentan mayor energía germinativa, recomendando la elección de dichas semillas con fines de propagación.

### CUADRO 2. Significancia de la energía germinativa de la semilla de *Quercus rugosa* recolectada en San Jerónimo Amanalco, Texcoco, Estado de México, de distintos tamaños y a diferentes temperaturas.

TABLE 2. Significance of the germinative energy of *Quercus rugosa* seed collected in San Jerónimo Amanalco, Texcoco, State of Mexico, of different sizes and at different temperatures.

Factor	F	P
Temperatura	3.17	0.0851
Tamaño	8.93	0.0009
Temperatura*Tamaño	6.51	0.0045

because it has more reserves (Jurado and Westoby, 1992). When plants grow in restrictive environments, they tend to show greater variation in the size of seeds they produce, as noted by Halpern (2005) in *Lupinus perennis* L. Another important factor is grazing, since seedlings can be damaged by the removal of their leaves in the early stages of life. The ability of a seedling to survive when it has lost some of its leaves is positively associated with seed size (Armstrong and Westoby, 1993; Bonfil, 1998).

Not in all environments do larger seeds germinate better. In semiarid areas, the small seeds of *Astrophytum myriostigma* L., a cactus endemic to the Chihuahuan Desert of Mexico, germinated more and faster than the large ones, which may be related to their ability to absorb water more quickly than larger ones in that environment with limited moisture; it could also be a strategy to remain in the soil seed bank for several years (Sánchez *et al.*, 2006).

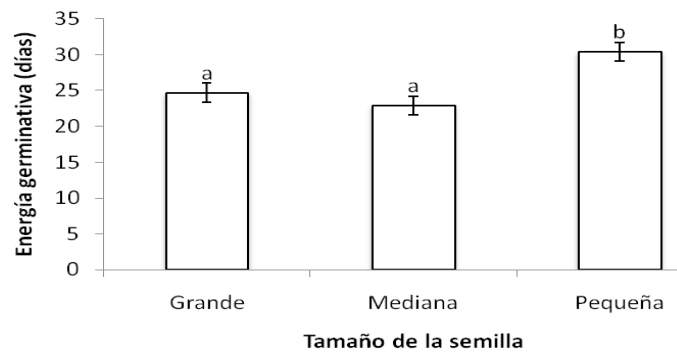
### Germinative energy

Statistically significant differences were found due to both temperature and seed size and the interaction between them (Table 2).

Large and medium seeds showed higher germinative energy, compared with small seeds (Figure 2). Similarly, in *Zizyphus mistol* G., Araoz *et al.* (2004) found that the largest seeds have higher germinative energy, recommending the choice of these seeds for propagation.

The highest temperature showed the highest germinative energy. Regarding the interaction between seed size and temperature, the combination that produced the highest germinative energy (fewest days to reach 50% germination) corresponded to the high temperature (24/19 °C), with medium-sized seeds. In turn, the combination with the lowest germinative energy (most days) was the small seed at high temperature. According to Leishman *et al.* (2000) and Willenborg *et al.* (2005), in some species large seeds have higher germinative energy, but in others smaller ones do. In the first case, small seeds have cotyledons and lower reserves, plus a more rapid depletion of reserve substances (Figure 3). It was also found that large seeds began sprouting first.



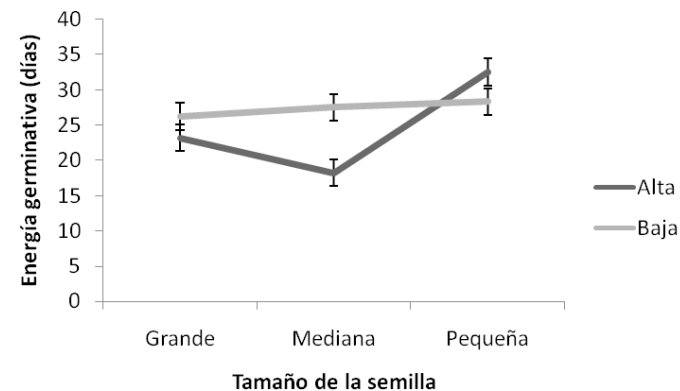


**FIGURA 2.** Energía germinativa entre tamaños de semilla de *Quercus rugosa* Née recolectada en San Jerónimo Amanalco, Texcoco, Estado de México.

**FIGURE 2.** Germinative energy among sizes of *Quercus rugosa* Née seed collected in San Jerónimo Amanalco, Texcoco, State of México.

La más alta temperatura arrojó la mayor energía germinativa. En cuanto a la interacción entre el tamaño de la semilla y la temperatura, la combinación que produjo la mayor energía germinativa (menor número de días para alcanzar el 50 % de la germinación) correspondió a la temperatura alta (24/19 °C), con semillas de tamaño mediano. A su vez, la combinación con menor energía germinativa (mayor número de días) fue la semilla pequeña a alta temperatura. Acorde con Leishman *et al.* (2000) y Willenborg *et al.* (2005), en unas especies las semillas grandes presentan mayor energía germinativa, pero en otras esta última se presenta en las de menor tamaño. En el primer caso, las semillas pequeñas tienen cotiledones y reservas menores, así como un más rápido agotamiento de las sustancias de reserva (Figura 3). Se encontró también que las semillas grandes iniciaron primero su germinación.

En el periodo de tiempo de germinación de las semillas, del total que germinaron se estimó en un 62 % infestadas por gorgojos (*Curculio* sp.), en las que se observó que si la larva no afectó el embrión de las semillas, éstas tuvieron la capacidad de poder germinar (Figura 4).



**FIGURA 3.** Interacción entre tamaño de la semilla y régimen día/noche para la energía germinativa en *Quercus rugosa* Née.

**FIGURE 3.** Interaction between seed size and day/night temperature regime for germinative energy in *Quercus rugosa* Née.



**FIGURA 4.** Arriba: semilla afectada por *Curculio* que germinó bien, pues el insecto no afectó el embrión. Abajo: material trasplantado a vivero, mostrando la afectación por la larva del insecto en las semillas y la buena condición de las plántulas.

**FIGURE 4.** Above: *Curculio*-damaged seed that germinated well because the insect did not damage the embryo. Below: material transplanted to the nursery, showing the damage by insect larvae in the seeds and the good condition of the seedlings.

In the seed germination period, of the total number that germinated, it was estimated that 62 % were infested by weevils (*Curculio* sp.). However, it was observed that if the larvae had not damaged the embryo of the seed, they were able to germinate (Figure 4).

## CONCLUSIONS

The large seeds of *Quercus rugosa* exhibited better germination than the medium and small ones. The temperature range tested showed no influence on germination capacity. Seed size and temperature interacted on germinative energy. Medium and large seeds at high temperature exhibited greater germinative energy. Due to the high percentage of infestation by *Curculio* in the seed used, in the germplasm collection process it is recommended to process the seeds as soon as possible and then put them to germinate for nursery production. By doing this, it may be possible to reduce insect damage to the embryo of the seeds.



## CONCLUSIONES

Las semillas grandes de *Quercus rugosa* exhiben mejor germinación que las medianas y pequeñas. El intervalo de temperaturas probado no mostró influencia en la capacidad germinativa. El tamaño de la semilla y la temperatura presentaron interacción sobre la energía germinativa. Las semillas mediana y grande a elevada temperatura exhibieron la mayor energía germinativa. Debido al alto porcentaje de infestación por *Curculio* en las semillas utilizadas, en el proceso de recolección de germoplasma es recomendable beneficiar las semillas lo más pronto posible y ponerlas a germinar para su producción en viveros; con esto se podrían reducir los daños del insecto al embrión de las semillas.

## LITERATURA CITADA

- ARÁOZ, S.; DEL LONGO, O.; KARLIN, O. 2004. Germinación de semillas de *Zizypus mistol* Grisebach. Correlaciones paramétricas del tamaño y peso de drupas, endocarpos y semillas con la germinación y el vigor. Instituto Argentino de Investigación de Zonas Áridas 13: 51-56.
- ARMSTRONG, D. P.; WESTOBY, M. 1993. Seedlings from large seeds tolerate defoliation better: a test using phylogenetically independent contrasts. *Ecology* 74: 1092-1100.
- AYALA, G.; TERRAZAS, T.; LÓPEZ M., L.; TREJO, C. 2004. Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckei*. *Interciencia* 12: 692-697.
- BELLO G., M. A.; LAVAT, J. N. 1987. Los Encinos del Estado de Michoacán. SARH-CEMCA. Serie 11-9. México. 98 p.
- BONFIL S., C. 1998. The effects of seed size, cotyledon reserves and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal of Botany* 85: 79-87.
- BONNER, F.T.; VOZZO, J. A.; ELAM, W.W.; LAND, S. B. JR. 1994. Tree Seed Technology Training Course. Instructor's Manual. USDA, For. Serv. Southern Forest Experiment Station. Gen. Tech. Rep. SO106. New Orleans. 160 p.
- BURSLEM, D.; MILLER, J. 2001. Seed size, germination and seedling growth rates in three tropical tree species. *Journal of Tropical Forest Science* 13: 148-161.
- CORDAZZO, C. V. 2002. Effect of seed mass on germination and growth in three dominant species in southern Brazilian coastal dunes. *Brazilian Journal of Botany* 62: 427-435.
- HALPERN, S. L. 2005. Sources and consequences of seed size variation in *Lupinus perennis* (Fabaceae): adaptive and non-adaptive hypotheses. *American Journal of Botany* 92: 205-213.
- HENDRIX, S. D. 1984. Variation in seed weight and its effects on germination in *Pastinaca sativa* L. (Umbelliferae). *American Journal of Botany* 71: 795-802.
- JURADO, E.; WESTOBY, M. 1992. Seedling growth in relation to seed size among species of Arid Australia. *Journal of Ecology* 80: 407-416.
- KRISHNAVENI, K.; SIVASUBRAMANIAN, K. 2001. Effect of seed size on seed quality in sunflower cv. Morden. *Madras Agriculture Journal* 88: 133-134.
- LEISHMAN, M. R.; WRIGHT I.; MOLES, A.; WESTOBY, M. 2000 The evolutionary ecology of seed size. In: Fenner, M. (ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. CAB International, Wallingford, UK. pp. 31-57.
- MARTÍNEZ, M. 1954. Los encinos del Estado de México. Gobierno del Estado de México. Trabajos de la Comisión Botánica Exploradora del Estado de México. 86 p.
- MOEGENBURG, S. M. 1996 Sabal palmetto seed size: causes of variation, choices of predators, and consequences of seedlings. *Oecologia* 106: 539-543.
- RADFORD, B. J. 1977. Influence of size of achenes and depth of sowing on growth and yield of dryland oil seed sunflower on the Darling Downs. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 17:489-494.
- RZEDOWSKI, J. 1978. La Vegetación de México. Limusa. México, D.F. 432 p.
- SÁNCHEZ, J.; FLORES, J.; MARTÍNEZ, E. 2006. Efecto del tamaño de semilla en la germinación de *Astrophytum myriostigma* Lamaire (Cactaceae) especie amenazada de extinción. *Interciencia* 5: 371-375.
- TENORIO G., G.; RODRIGUEZ T., D. A.; LÓPEZ R., G. F. 2008. Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol. *Agrociencia* 42(5): 585-593.
- VAN MÖLKEN, T.; JORRITSMA-WIENEK, L. D.; VAN HOEK, P. H. W.; DE KROON, H. 2005. Only seed size matters for germination in different populations of the dimorphic *Tragopogon pratensis* ssp. *Pratensis* (Asteraceae). *American Journal of Botany* 92: 432-437.
- VÁZQUEZ, M. L. 1992. El género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de Puebla. Tesis Profesional. Biólogo. ENEP Zaragoza, UNAM. México, D. F. 246 p.
- VELÁZQUEZ R., J. M.; RODRÍGUEZ T., D. A.; BONILLA B., R. 1996. Evaluación de *Quercus crassipes* Humb. et Bonpl. en vivero, bajo diferentes tipos de sustrato e intensidades de luz. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales* II(1): 97-109.
- WEIS, M. I. 1982, The effects of propagule size on germination and seedling growth in *Mirabilis hirsuta*. *Canadian Journal of Botany* 60: 1868-1874.
- WILLENBORG, C. J.; WILDEMAN, J. C.; MILLER, A. K.; ROSSNAGEL, B. G.; SHIRTLIFFE, S. J. 2005. *Crop Science* 45: 2023-2029.
- YOUNG, J. A.; YOUNG, C. G. 1992. *Quercus*. In: YOUNG, J. A.; YOUNG, C. G. *Seeds of woody plants in North America*. Dioscorides Press. Oregon. pp. 289-294.
- ZAVALA CH., F. 2003. Identificación de encinos de México. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 190 p.
- ZAVALA CH., F.; GARCÍA M., E. 1996. Frutos y semillas de encinos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 47 p.
- ZAVALA CH., F. 1995. Encinos y robles: notas fitogeográficas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 44 p.
- ZIMMERMAN, J. K.; WEIS, M. I. 1983. Fruit size variation and its effects on germination and seedling growth in *Xanthium strumarium*. *Canadian Journal of Botany* 61: 2309-2315.