

## *Indicadores físicos y fisiológicos del deterioro artificial de semilla de huizache (Acacia farnesiana [L.] Willd.) recolectada en Colón, Querétaro, México*

### *Physical and physiological indicators of artificial deterioration of huizache seeds (Acacia farnesiana [L.] Willd.) collected in Colón, Querétaro, México*

Juan Manuel Pichardo González\*,

Centro Nacional de Recursos Genéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México  
[jmpichardo73@yahoo.com.mx](mailto:jmpichardo73@yahoo.com.mx); [pichardo.juan@inifap.gob.mx](mailto:pichardo.juan@inifap.gob.mx)

Diego Alonso Raygoza Saucedo,  
Universidad Politécnica del Sur de Zacatecas, México  
[diego\\_vivi@live.com.mx](mailto:diego_vivi@live.com.mx)

Edgar Torres García,  
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Arandas, México  
[tedqar38@gmail.com](mailto:tedqar38@gmail.com)

Recibido 31, julio, 2019

Aceptado 10, diciembre, 2019

#### **Resumen**

En las zonas áridas y semiáridas de México los recursos forestales como mezquite y huizache son de gran importancia por el uso diverso que se les da, ya sean para la explotación y obtención de madera, carbón y alimentación de pequeños rumiantes en pastoreo. Por ello, existe la necesidad urgente de conservar al huizache como recurso genético, aprovechando la ventaja de que su principal forma de propagación es por semilla. El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad física y fisiológica de semillas *Acacia farnesiana* (L.) Willd. Con el propósito de contribuir al establecimiento de un protocolo para el análisis de calidad y conservación en un banco de germoplasma. La calidad física se evaluó a través del análisis de la integridad física con el equipo de rayos X. La calidad fisiológica se evaluó a través de una prueba de germinación con la aplicación de cinco tratamientos pregerminativos para promover germinación. De igual manera, con el propósito de predecir la almacenabilidad de la semilla se realizó la evaluación del vigor con una prueba de envejecimiento acelerado. Los resultados mostraron que el mayor porcentaje de germinación se obtuvo con las semillas a las que se les realizó escarificación mecánica, con un corte en la cubierta de la semilla. Asimismo, se infiere que la semilla de *Acacia farnesiana* (L.) Willd es sensible al deterioro en condiciones no apropiadas de almacenamiento, es decir, pierde viabilidad rápidamente en condiciones de alta temperatura y alta humedad relativa.

Palabras clave: huizache, calidad de semilla, conservación, recursos genéticos.

#### **Abstract**

*In the arid and semi-arid areas in Mexico, forest resources such as mesquite and huizache are of great importance due to the diverse use they are given, whether for the exploitation and obtaining of wood, coal and feed of small grazing ruminants. Therefore, there is an urgent need to conserve the huizache as a genetic resource, taking advantage of the fact that its main form of propagation is by seed. The objective of the present study was to evaluate the physical and physiological seed quality of *Acacia farnesiana* (L.) Willd. With the purpose of contributing to the establishment of a protocol for the analysis of seed quality and conservation in a germplasm bank. The physical quality was evaluated through the analysis of the physical integrity with the X-ray equipment. The physiological quality was evaluated through a germination test with the application of five*

*pregerminative treatments to promote germination. In the same way, in order to predict the storage of the seed, the vigor evaluation was performed with an accelerated aging test. The results showed that the highest germination percentage was obtained with the seeds to which mechanical scarification was carried out, with a cut in the seed coat. Likewise, it is inferred that the seed of *Acacia farnesiana* (L.) Willd is sensitive to deterioration under inappropriate storage conditions because it loses viability rapidly under conditions of high temperature and high relative humidity.*

*Keywords: huizache, seed quality, conservation, genetic resources.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La deforestación y consecuente pérdida de hábitat debidas al cambio de suelo, la utilización inapropiada del bosque y de sistemas de manejo, la contaminación y el cambio climático, así como la circulación indocumentada e incontrolada del germoplasma forestal representa una seria amenaza para los ecosistemas forestales, ya que coloca en riesgo de extinción a una gran variedad de plantas y animales (FAO, FLD, Bioversity International, 2007).

La conservación *ex situ* de germoplasma forestal representa una alternativa para la conservación de los recursos genéticos forestales, los cuales, si bien solo representan una fracción de la diversidad genética natural, su impacto positivo es muy importante, ya que la conservación *ex situ* ayuda al mantenimiento de poblaciones viables de especies amenazadas (sobre todo cuando la amenaza a la supervivencia de las especies es tan severa que no existe esperanza de su mantenimiento en condiciones *in situ*) y en muchos casos la conservación *ex situ*, es la única opción disponible para conservar la variación genética intraespecífica en poblaciones periféricas o aisladas que están seriamente amenazadas por los cambios en el uso de la tierra y de las condiciones ambientales (sequía, inundaciones, salinidad, etc.) (FAO, FLD, Bioversity International, 2007). Los bancos de semillas son los centros más comunes para la conservación *ex situ*. Estos disponen de la infraestructura, equipamiento y capacidades para garantizar la mantención en el largo plazo de las colecciones de semillas almacenadas (Gutiérrez, 2015).

En las zonas áridas y semiáridas del país los recursos forestales como mezquite, huizache y ahuehuate son de gran importancia por el diverso uso que se les da, ya sea para la explotación y obtención de madera, carbón, artesanías y alimentación de pequeños rumiantes en pastoreo (CONAFOR, 2019; Villanueva, 1993; Serrato y Quiroz, 2001; Flores, 1993), sobre todo el mezquite y huizache; como consecuencia, la explotación irracional de estas especies ha conducido a una disminución en su población, debido a la falta de información respecto a la reproducción y manejo de estas especies (Aníbal, 2003; Foroughbakh, 1989). Por ello, existe la necesidad de urgente de conservar al huizache como recurso genético para hacer uso sostenible de este en el futuro, aprovechando la ventaja de que la principal forma de propagación de esta especie es por semilla; por esta característica es que se ha ingresado semilla para su conservación al banco de germoplasma del Centro Nacional de Recursos Genéticos.

La conservación de las especies vegetales en los bancos de germoplasma de semillas implica los análisis de calidad física y fisiológica de las semillas, además de su acondicionamiento y almacenamiento en condiciones adecuadas para asegurar que se resguarden semillas con los estándares de calidad requeridos para su conservación. En la evaluación de la germinación de las semillas de huizache, se requieren probar diferentes tratamientos pregerminativos para promover la germinación y con esto corroborar y asegurar que las semillas forestales que se resguardan sean de buena calidad para conservarse por muchos años. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad física y fisiológica de semillas *Acacia farnesiana* (L.) Willd. con el propósito de contribuir al establecimiento de un protocolo para el análisis de calidad y conservación de las semillas de esta especie en un banco de germoplasma.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio Agrícola y Forestal Sección Semillas Ortodoxas del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Tepatlán de Morelos, Jal.

### *Material utilizado*

Se usó semilla de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. de una accesión que fue recolectada en el municipio de Colón, Querétaro, México, la cual se recibió en 2018 para resguardarse a largo plazo en la Colección Nacional de Recursos Genéticos Forestales del CNRG-INIFAP.

### *Evaluación de la calidad física*

Evaluación de la integridad física de las semillas con el equipo de rayos X

Las semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd, se sometieron a un análisis de integridad física con el equipo de rayos X marca FAXITRON®. Se realizaron cuatro repeticiones de 25 semillas en este análisis. La muestra fue evaluada mediante las imágenes del interior de la semilla que se obtuvieron en la pantalla de la computadora. La evaluación consistió en clasificar las semillas en semillas llenas, semillas vacías, semillas dañadas físicamente y semillas dañadas por insecto. Los resultados de este análisis se expresaron en porcentaje de semillas llenas, porcentaje semillas vacías y porcentaje de semillas dañadas mecánicamente o por insecto (ISTA, 2017).

### *Evaluación de la calidad fisiológica*

La evaluación de la calidad fisiológica en las semillas de esta especie se realizó con dos propósitos: por un lado, favorecer e incrementar los porcentajes de germinación a través de la evaluación de la germinación aplicando tratamientos pregerminativos, y por otro lado predecir la almacenabilidad y longevidad de la semilla mediante la evaluación del vigor con la prueba de envejecimiento acelerado (EA).

### *Evaluación de la germinación*

La evaluación de la germinación se realizó de acuerdo con las Reglas de la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (Rao *et al.*, 2007; ISTA, 2017). Se probaron cuatro tratamientos pregerminativos para promover la germinación en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones de 100 semillas cada uno. Los tratamientos evaluados fueron: 1) semilla con cubierta, en el cual la semilla se puso a germinar sin remover la cubierta; 2) semilla con cubierta imbibida, en el cual primeramente la semilla su puso a imbibir en agua durante 24 h y después fue sembrada en el ensayo de germinación sin remover su cubierta; 3) semilla sin cubierta, a esta semilla se le removió la cubierta y se puso en el ensayo de germinación y 4) semilla con corte, el cual consistió en realizar un pequeño corte a la semilla (escarificación mecánica) para favorecer la entrada de agua a la semilla. Las semillas fueron sembradas en un ensayo de germinación en cajas de acrílico transparente de 17 cm de longitud, 12 cm de ancho y 7 cm de alto en un sustrato compuesto con una mezcla de turba canadiense ("peat moss"), agrolita y vermiculita. Estas semillas se incubaron en un cuarto de germinación a una temperatura de 25-27°C y un fotoperiodo de 8 h luz y 16 h oscuridad. El primer conteo se realizó a los 20 días después de la siembra y el segundo conteo se realizó a los 30 días después de la siembra. Los resultados del porcentaje de plántulas normales fueron considerados como el porcentaje de germinación.

### *Evaluación del vigor de semilla mediante la prueba de envejecimiento acelerado (EA)*

En este análisis se utilizó el método propuesto por Delouche y Baskin (1973) para efectuar el envejecimiento acelerado. Para crear las condiciones de EA se usaron cajas de acrílico transparente de 18.5 cm de longitud, 13.5 cm de ancho y 9.5 cm de alto. Primeramente, se vaciaron 200 mL de agua destilada en cada caja de acrílico. Después se colocó una malla de alambre dentro de cada caja y finalmente se colocaron 25 semillas por repetición envueltas en telas de tul, las cuales se extendieron en la malla de alambre que tuvo la función de que la semilla

no estuviera en contacto directo con el agua. Posteriormente las cajas se taparon, se sellaron con cinta adhesiva y se metieron a un horno calibrado y cerrado una temperatura de  $41 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Se evaluaron dos tratamientos pregerminativos en la semilla: semilla con corte (semilla escarificada) y semilla entera en cinco tiempos de EA: 0 h (testigo sin EA), 24, 48, 72 y 96 h. Las semillas se fueron sacando del horno y fueron retiradas de sus respectivas cajas de acrílico conforme se cumplió cada tiempo de EA, se des envolvieron de la tela de tul y se envasaron en sobres de papel; quedando listas para ser evaluadas mediante un ensayo de germinación.

Una vez que salieron las semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. de todos los tratamientos de EA, se evaluaron en un ensayo de germinación. Las semillas se sembraron en cajas de acrílico transparente con las mismas características que en la evaluación de la germinación en un sustrato compuesto con una mezcla de turba canadiense ("peat moss"), agrolita y vermiculita en un diseño experimental de dos factores en completamente al azar. Un primer factor fueron los dos tratamientos pregerminativos a la semilla y un segundo factor los tiempos de EA. En este ensayo de germinación se evaluó el porcentaje de germinación en base al porcentaje de plántulas normales (Rao *et al.*, 2007; ISTA, 2017). También se evaluó el índice de velocidad de emergencia de plántulas propuesto por Maguire (1962), en donde se contaron el número de plántulas emergidas por día entre el número de días transcurridos. El conteo de las plántulas emergidas por terminó a los 15 días después de la siembra en el ensayo de germinación. La fórmula para determinar el índice de velocidad de emergencia fue la siguiente:

$$\text{Velocidad de emergencia} = \frac{X_1}{Y_1} + \frac{X_2 - X_1}{Y_2} + \dots + \frac{X_n - X_{n-1}}{Y_n}$$

Donde:  $X_1, X_2, \dots, X_n$  son el número de plántulas emergidas al primer, segundo, hasta  $n$  días, respectivamente;  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  son el número de días desde la siembra hasta el primer, segundo y  $n$  días de conteo, respectivamente.

#### *Análisis estadístico*

Los análisis estadísticos se hicieron con el programa estadístico SAS versión 9.3. Previo a los análisis los datos de las variables medidas en porcentaje se transformaron mediante la función arco seno  $\sqrt{X}/100$ . Se realizó un análisis de varianza y se efectuaron pruebas de comparación de medias (Tukey, 0.05). Las gráficas de los resultados se elaboraron en una hoja de cálculo Microsoft Excel 2010.

### 3. RESULTADOS

#### *Evaluación de la calidad física*

Evaluación de la integridad física de las semillas con el equipo de rayos X

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la evaluación de la integridad física de semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. con el equipo de rayos X.

**Tabla 1.** Evaluación de la integridad física con el equipo de rayos X a semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd.

Semillas llenas(%)	Semillas vacías (%)	Semillas dañadas por insecto (%)
86	14	0

La evaluación de la integridad física de las semillas con el equipo de rayos X (Tabla 1) mostró que el porcentaje de semillas llenas fue del 86%, valor que es aceptable ya que es una especie forestal. Por otro lado, el porcentaje de semillas vacías fue del 14% y no hubo semillas dañadas por insecto en la accesión.

#### *Evaluación de la calidad fisiológica*

#### *Evaluación de la germinación*

En la Tabla 2 se presentan los cuadrados medios y la significancia estadística del análisis de varianza de la evaluación de la germinación de semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd, con la aplicación de tratamientos pregerminativos.

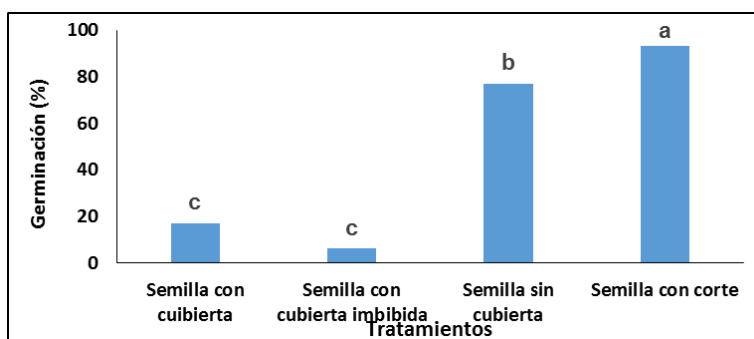
**Tabla 2.** Cuadrados medios y significancia estadística de la evaluación de la germinación de semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. aplicando cuatro tratamientos pregerminativos.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Germinación (%)
Tratamientos	3	3928.51 **
Error	12	72.62
C.V. (%)		19.70
Media		43.24

CV= Coeficiente de variación. \*\*,\*= Altamente significativo y Significativo con  $p \leq 0.01$  y con  $p \leq 0.05$ , respectivamente; ns = no significativo.

De acuerdo a la Tabla 2, el análisis de varianza mostró que hubo diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) en los tratamientos pregerminativos evaluados.

En Figura 1 se presenta la comparación de medias de Tukey de la germinación de los tratamientos pregerminativos evaluados. Además, se puede observar que el tratamiento con corte a la semilla (escarificación mecánica) fue superior a todos los demás tratamientos con un porcentaje de germinación del 93%, lo que demostró su efectividad para la evaluación de la germinación de *Acacia farnesiana* (L.) Willd.



**Figura 1.** Comparación de medias de Tukey de la evaluación de la germinación de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. usando cuatro tratamientos pregerminativos. Valores con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey,  $p < 0.05$ ).

*Evaluación del vigor de semilla mediante la prueba de envejecimiento acelerado (EA)*

En la Tabla 3 se presentan los cuadrados medios y la significancia estadística del análisis de varianza de la evaluación de la germinación de semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. envejecidas artificialmente.

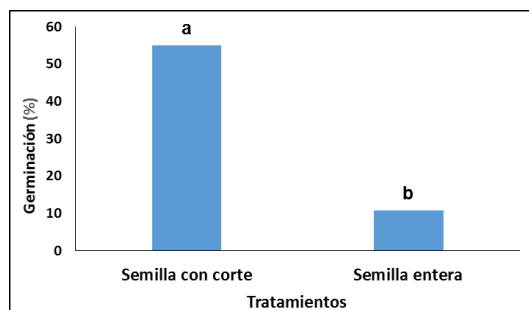
**Tabla 3.** Cuadrados medios y significancia estadística de la evaluación del vigor a través de la prueba envejecimiento acelerado (EA) en semillas huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) empleando cuatro tratamientos pregerminativos y cinco tiempos EA.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Germinación (%)	Índice de velocidad de emergencia
Tratamientos a la semilla	1	7354.17**	99.47**
Tiempos de EA	4	1474.53**	13.45**
Tratamientos * Tiempos de EA	4	1673.27**	20.60**
Error	30	79.24	0.53
C.V. (%)		27.96	33.50

C.V.= Coeficiente de variación. \*\*,\*= Altamente significativo y Significativo con  $p \leq 0.01$  y con  $p \leq 0.05$ , respectivamente; ns = no significativo.

El análisis de varianza (Tabla 3) mostró que hubo diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) en los tratamientos a la semilla, en los tiempos de EA y en la interacción tratamientos\*tiempos de EA.

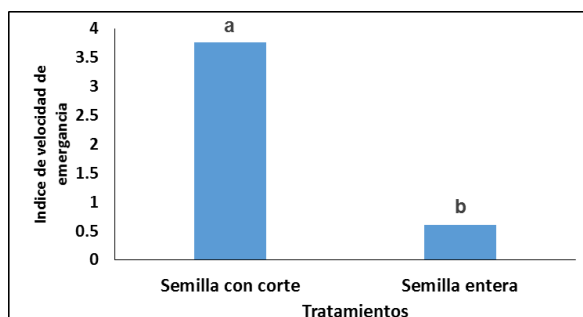
La Figura 2 muestra la comparación de medias de Tukey de la germinación de semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd, en base a los tratamientos a la semilla evaluados.



**Figura 2.** Comparación de medias de Tukey de la evaluación de la germinación de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. usando cuatro tratamientos pregerminativos. Valores con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey,  $p < 0.05$ ).

En la Figura 2 se puede observar que el tratamiento con corte a la semilla (escarificación mecánica) tuvo el mayor porcentaje de germinación con el 55% de germinación, el cual fue superior al tratamiento de semilla entera que tuvo un porcentaje de germinación del 10%.

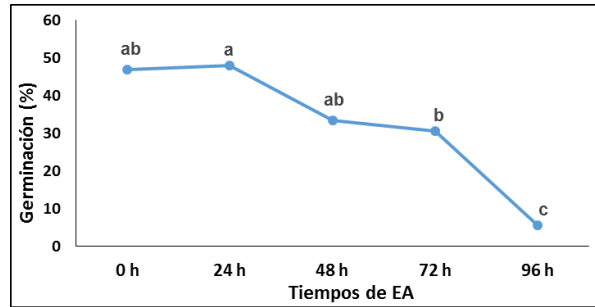
La Figura 3 muestra la comparación de medias de Tukey del índice de velocidad de emergencia en base a los tratamientos pregerminativos a la semilla evaluados.



**Figura 3.** Comparación de las medias de Tukey del índice de velocidad de emergencia de semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. en base a los tratamientos pregerminativos evaluados en la prueba de EA. Valores con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey, 0.05).

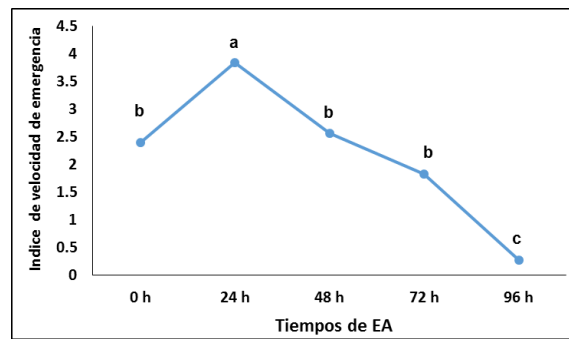
De acuerdo a la Figura 3 el tratamiento con corte a la semilla (escarificación mecánica) tuvo el mayor porcentaje en cuanto al índice de velocidad de emergencia con el 3.75 y fue superior al de semilla entera que tuvo un índice de velocidad de germinación del 0.6050.

En la Figura 4 se presenta la comparación de medias de Tukey de la germinación de la semilla de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. en base a los tiempos de envejecimiento acelerado evaluados. De acuerdo a la Figura 4, la germinación de las semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. disminuyó a partir de las 48 h de envejecimiento acelerado cayendo al 33%, y a las 96 h bajó hasta el 5%. Con estos resultados se infiere que la semilla es sensible de manera negativa al deterioro en condiciones no apropiadas de almacenamiento, es decir, pierde viabilidad rápidamente en condiciones de alta temperatura y alta humedad relativa.



**Figura 4.** Comparación de las medias de Tukey de la germinación de semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. en base a los tiempos de EA evaluados. Valores con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey, 0.05).

La Figura 5 muestra la comparación de medias de Tukey del índice de velocidad de emergencia de plántulas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. en base a los tiempos de envejecimiento acelerado evaluados.



**Figura 5.** Comparación de medias de Tukey del índice de Velocidad de emergencia de semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. en base a los tiempos de EA evaluados. Valores con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey, 0.05).

De acuerdo a la Figura 5, el mayor índice de velocidad de emergencia se registró en la semilla de 24 h de EA con un 3.83 y este disminuyó también a partir de las 48 h de envejecimiento acelerado cayendo al 2.40, y a las 96 h cayó al 0.270. Estos resultados mostraron también que la semilla de 0 h de EA tuvo menor índice de velocidad de emergencia que la semilla de 24 h de EA debido posiblemente a que en el tiempo de 24 h la semilla se imbibió (hidrató) y por ello germinó más rápidamente que la semilla de 0 h de EA.

En la Tabla 4 se presentan los cuadrados medios y la significancia estadística del análisis de varianza de la combinación tratamientos a la semilla con los tiempos de EA en la evaluación de la germinación y el índice de velocidad de emergencia.

**Tabla 4.** Comparación de medias de Tukey de la combinación tratamientos con tiempos de envejecimiento acelerado en la germinación de semillas de huizache (*Acacia farnesiana* [L.] Willd.) envejecidas artificialmente.

Tratamientos	Tiempos de EA	Germinación (%)	Índice de velocidad de emergencia
Semilla con corte	0 h	88.0 a	4.46 b
Semilla con corte	24 h	82.0 ab	6.70 a
Semilla con corte	48 h	55.0 bc	4.49 b
Semilla con corte	72 h	50.0 c	3.13 b
Semilla con corte	96 h	0.0 d	0.00 c
Semilla entera	0 h	6.0 d	0.34 c
Semilla entera	24 h	14.0 d	0.97 c
Semilla entera	48 h	12.0 d	0.64 c
Semilla entera	72 h	11.0 d	0.52 c
Semilla entera	96 h	11.0 d	0.54 c
DMS		29.0	1.76
Promedio		32.9	2.18

DMS = Diferencia mínima significativa. Medias con letras iguales son estadísticamente similares (Tukey, 0.05).

La combinación de semilla con corte (escarificación mecánica) y el tiempo de 0 h de EA (Tabla 4) tuvieron la mejor respuesta en la germinación con el 88%. Por otro lado, la combinación de semilla con corte (escarificación mecánica) y el tiempo de 24 h de EA que presentó la mejor respuesta en el índice de velocidad de emergencia con un 6.7.

#### 4. DISCUSIÓN

En la evaluación de la germinación el tratamiento con corte a la semilla (escarificación mecánica) fue superior a todos los demás tratamientos con un porcentaje de germinación del 93%. Lo anterior concuerda con Vázquez *et al.* (1999) y Salazar y Sohiet (2000) quienes mencionan que con la escarificación mecánica se puede alcanzar de un 92 a 100% de germinación. No obstante, la CONAFOR (2019) menciona que con escarificación mecánica se ha obtenido hasta un 63% de germinación en esta especie. De igual manera, Martínez-Pérez *et al.* (2006) encontraron que el porcentaje de germinación en semillas de *Acacia schaffneri* (S. Watson) F.J. Herm. Cuando se aplicó escarificación mecánica fue del 87%, lo que demuestra que el porcentaje de germinación en este estudio fue superior al que indican los autores mencionados. Por consiguiente, los resultados de este estudio mostraron la efectividad de la escarificación mecánica a través de un corte de la semilla para la evaluación de la germinación de las semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. Por ello, en el laboratorio de semillas ortodoxas del CNRG el tratamiento de escarificación mecánica fue elegido para realizar la evaluación de la germinación de semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. en las accesiones que ingresen para conservación y resguardo en el CNRG. Lo anterior contribuyó también a la elaboración de un protocolo para la evaluación de la germinación de las semillas de esta especie en el CNRG.

La evaluación de la integridad física de la semilla con el equipo de rayos X mostró que hubo un 86% de semillas llenas y un 14% de semillas vacías. Sin embargo, al relacionar este análisis con la evaluación de la germinación, el porcentaje de germinación en semilla con corte (escarificación mecánica) fue del 93%, el cual es superior al valor del porcentaje de semillas llenas. La discrepancia entre los resultados de ambas evaluaciones se debe a que en la evaluación de la integridad física con el equipo de rayos X hubo semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. que no estuvieron completamente vacías, pero que por sus características en dicha evaluación fueron clasificadas como vacías. Por ello, en la evaluación de la germinación posiblemente algunas de estas semillas clasificadas como “vacías” dieron origen a plántulas normales, lo que pudiera ser posible que en esta especie algunas semillas que no han llegado a formarse en su máxima expresión sean capaces de dar origen a plántulas normales. En este sentido se sugiere realizar estudios al respecto para corroborar lo anteriormente mencionado.

Los resultados de la prueba de envejecimiento acelerado (EA) mostraron que el tratamiento con corte a la semilla (escarificación mecánica) tuvo el mayor porcentaje de germinación con el 55% de germinación, el cual fue superior al tratamiento de semilla entera que tuvo un porcentaje de germinación del 10%. Este resultado concuerda con el resultado de germinación, ya que la semilla con corte (escarificación mecánica) fue la que mostró el mayor porcentaje de germinación. De igual manera, el tratamiento de escarificación mecánica mostro el mayor valor en el índice de velocidad de emergencia con el 3.75, el cual concuerda con el mismo tratamiento que la germinación.

De igual manera, los resultados indican que la germinación y el índice de velocidad de emergencia disminuyeron conforme aumentó el tiempo de envejecimiento acelerado, el cual provoca que la germinación disminuya al 10% en el tiempo de 96 h. Estos resultados concuerdan con otros estudios realizados en especies forestales leguminosas (Borner, 1998; Navarro, 2003). Con base a lo anterior, se infiere que las semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. son susceptibles a condiciones inadecuadas de almacenamiento debido a que perdieron viabilidad relativamente rápido en la prueba de envejecimiento acelerado, ya que desde las 48 h de EA hay un decremento significativo en la germinación.



Al relacionar los resultados de la evaluación de la germinación con los resultados del ensayo de germinación en el envejecimiento acelerado, se puede observar que la evaluación de la germinación tuvo mayores valores que el ensayo de germinación en la evaluación del vigor con la prueba de envejecimiento acelerado, ya que se alcanzó hasta un 94% de germinación con el tratamiento de semilla con corte (escarificación mecánica), mientras que en la prueba de envejecimiento acelerado se alcanzó el mayor porcentaje de germinación a las 24 h y 0 h de EA, con el 48% y 47% de germinación para 24 h y 0 h de EA, respectivamente. Los menores valores de germinación en la evaluación del vigor con la prueba de EA con respecto a la evaluación de la germinación con la aplicación de tratamientos pregerminativos en las semillas se debe posiblemente a que el experimento de EA se terminó antes del tiempo adecuado (a los 15 días después de la siembra) para observar completamente la germinación, mientras que el tiempo de la evaluación de la germinación fue de 30 días. En futuras evaluaciones del vigor con la prueba de EA en semilla de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. se recomienda dar el tiempo suficiente para la expresión de todo el potencial en el comportamiento germinativo, es decir, hasta que la germinación se mantenga constante.

## 5. CONCLUSIONES

Las semillas de huizache (*Acacia farnesiana* [L.] Willd.) mostraron el mayor porcentaje de germinación (93%) con el tratamiento de corte de la semilla (escarificación mecánica). La germinación y el índice de velocidad de emergencia disminuyeron conforme aumentó el tiempo de EA y dicha disminución fue más notoria de las 48 h de EA en adelante, ya que la germinación a partir de las 48 h bajó al 33% y a las 96 h bajó hasta el 5%, en tanto que el índice de velocidad de emergencia disminuyó también a partir de las 48 h de EA cayendo al 2.40, y a las 96 h cayó al 0.270; lo que sugiere que las semillas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. son susceptibles a condiciones inadecuadas de almacenamiento ya que perdieron viabilidad relativamente rápido. Con estos resultados se pudo generar un protocolo para la evaluación de la germinación de las semillas de esta especie en el laboratorio.

## 6. AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) como fuente financiera del proyecto No. 1138523270 "Fomento y Operación del Subsistema de Recursos Genéticos Forestales dentro del Centro Nacional de Recursos Genéticos - INIFAP".

## 7. REFERENCIAS

- Aníbal, V. (2003). Algarrobos como especies para reforestación; una estrategia de mejoramiento. SAGPyA Forestal 2000 16(5). Recuperado de <http://www.sagpya.mecan.gov.ar/04/revistas/revista16/algarrob>
- Bonner, F.T. (1998). Testing tree seeds for vigor: A Review. *Seed Technology*, 20 (5).
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2019. *Acacia farnesiana*. SIRE: CONAFOR-CONABIO. Paquetes tecnológicos. México. Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/906Cordia%20dodecandra.pdf>
- Delouche, J.C. & Baskin, C.C. (1973). Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, 1(2), 427-452.
- FAO, FLD, Bioversity International. (2007). *Conservación y manejo de recursos genéticos forestales*. Vol. 1: visión general, conceptos y algunos métodos sistemáticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia.
- Flores, T.F.J. (1993). Estudio de las primeras etapas de desarrollo del mezquite *Prosopis laevigata* en el estado de Aguascalientes. *Agrociencia (serie recursos naturales renovables)* 3(3), 42-52.
- Foroughbakh, P.R. (1989). Tratamiento a la semilla de catorce especies forestales de uso múltiple de zonas de matorral y su influencia en la germinación. *Facultad de Ciencias Forestales*. U.A.N.L. Linares, Nuevo León México, 11,1-25

Gutiérrez, C. B. y Koch, L. (2015). Conservación de germoplasma ex situ: protocolos y estrategias para la mantención de un banco in vitro. *Ciencia e Investigación Forestal INFOR Chile*, 21(1), 69-82.

**Este artículo puede citarse de la siguiente forma:**

**Citación estilo APA sexta edición**

Pichardo González, J.M., Raygoza Saucedo, D.A. & Torres García, E. (enero-abril de 2020). Indicadores físicos y fisiológicos del deterioro artificial de semilla de huizache (*Acacia farnesiana* [L.] Willd.) recolectada en Colón, Querétaro, México. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, 6(1), 24-33.

**Citación estilo Chicago decimoquinta edición**

Pichardo-González, Juan Manuel, Raygoza-Saucedo, Diego Alonso & Torres-García, Edgar. Indicadores físicos y fisiológicos del deterioro artificial de semilla de huizache (*Acacia farnesiana* [L.] Willd.) recolectada en Colón, Querétaro, México. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, 6 No. 1 (enero-abril de 2020): 24-33.

**Citación estilo Harvard Anglia**

Pichardo González, J.M., Raygoza Saucedo, D.A. & Torres García, E. 2020. Indicadores físicos y fisiológicos del deterioro artificial de semilla de huizache (*Acacia farnesiana* [L.] Willd.) recolectada en Colón, Querétaro, México. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, 6(1), pp. 24-33.

**Citación estilo IEEE**

[1] J.M. Pichardo-González, D. A. Raygoza-Saucedo y E. Torres-García. Indicadores físicos y fisiológicos del deterioro artificial de semilla de huizache (*Acacia farnesiana* [L.] Willd.) recolectada en Colón, Querétaro, México. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, vol. 6 No. 1, pp. 24-33, enero-abril de 2020.