

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Caracterización Morfológica y Fisiológica de Semillas de *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto (Biznaga Burra)

Por:

RUBÉN ISAAC MARTÍNEZ GUTIÉRREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Enero 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Caracterización Morfológica y Fisiológica de Semillas de *Echinocactus
platyacanthus* Link & Otto (Biznaga Burra)

Por:

RUBÉN ISAAC MARTÍNEZ GUTIÉRREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

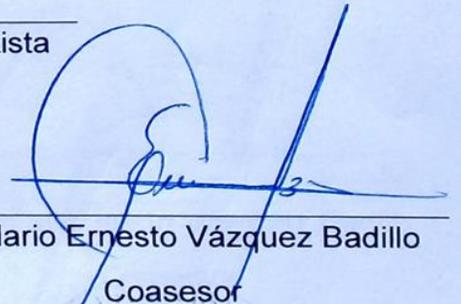
Aprobada por el Comité de Asesoría:



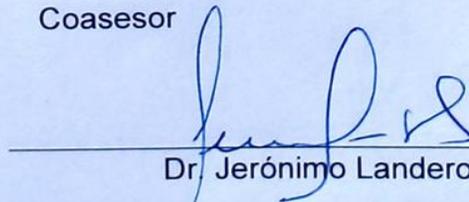
Dra. Adriana Antonio Bautista
Asesor Principal



M.P. Víctor Manuel Villanueva Coronado
Coasesor



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coasesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México
Enero 2023

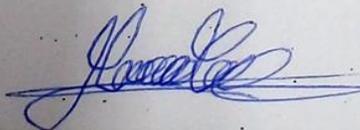
Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencias al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestado los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar el autor y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior, me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Rubén Isaac Martínez Gutiérrez

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Mi alma mater por la oportunidad de forjarme como Ingeniero Agrónomo con especialidad en Fitomejoramiento.

A los maestros de la universidad que me brindaron parte de su tiempo para que yo adquiriera conocimientos durante mi trayectoria de estudiante.

A la Doctora Adriana por su tiempo y asesorarme en el desarrollo de este trabajo. Por su apoyo y paciencia al momento de trabajar.

A todos los que me brindaron su mano cuando la necesitaba.

A la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Coahuila por el apoyo financiero y facilidades para realizar este trabajo en la obtención del material biológico y de la información.

A CONACYT a través del proyecto BP-FP-20201015120720825-813359 titulado “Conservación del germoplasma de especies de lento crecimiento o difícil regeneración, para el resguardo del capital natural del estado de Coahuila”, de Estancias Posdoctorales.

DEDICATORIA

A MIS PADRES.

MARGARITA GUTIÉRREZ HERNÁNDEZ Y RUBÉN MARTÍNEZ SÁNCHEZ

Por ser un ejemplo para mí, para ser una persona entregada y responsable han estado conmigo apoyándome en todo, juntos han sido mi motor para seguir adelante cada vez que decaía el ánimo, son y siempre serán lo más importante que tengo en la vida.

A MIS HERMANOS

MARISOL, ÓSCAR Y PEDRO DANIEL

Por ser un apoyo para mí, por alentarme en mi carrera universitaria, por darme consejos y escucharme cuando más lo necesitaba.

A MIS SOBRINOS

Que son los que, con su carisma tan peculiar, me sacaban una sonrisa cada vez que hablaba con ellos.

A MI OTRA FAMILIA

ALEJANDRO VICTORINO, GABRIEL LAZARO Y SELENE MARTINEZ

Quienes estuvieron conmigo durante la mayor parte de la carrera, son una gran inspiración como agrónomos y seres humanos y me demostraron que en la vida se puede encontrar a personas excepcionales.

LUPITA, MARISOL, JAZMIN Y YULISA

Que formaron parte de mi historia en la universidad.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA	ii
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
HIPÓTESIS	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Distribución	3
Clasificación taxonómica.....	3
Descripción de la planta.....	4
Tallos.....	4
Flores	4
Fruto	5
Semilla.....	5

Tipo de germinación	6
Hábitos y forma de crecimiento.....	7
Formas de dispersión de semillas	7
Importancia y usos	8
Importancia Forrajera	8
Importancia Ornamental	8
Importancia Alimenticia	9
Parte comestible.....	9
El dulce de acitrón.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS	10
Localización del experimento	10
Obtención del material biológico	10
Caracterización Morfológica.....	11
Caracterización fisiológica	12
Variables a Evaluar.	15
Variables morfométricas.....	15
Variables fisiológicas	15
Diseño experimental	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Caracterización Morfométrica.	17

Caracterización Fisiológica	21
CONCLUSIONES	28
BIBLIOGRAFIA.....	29

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos pre-germinativos empleados en el experimento.....	13
Cuadro 2. Valores medios ($H>5$ = existen diferencias significativas; $H<5$ No existen diferencias significativas), diferentes letras indican diferencia significativa entre tamaños promedio de las semillas.....	17
Cuadro 3. Cuadrados Medios del Análisis de varianza para de los tratamientos pre-germinativos en las variables fisiológicas evaluadas.....	22
Cuadro 4. Comparación de Medias para de media de Tukey ($P<0.05$), para las variables evaluadas en siete tratamientos pre-germinativos.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica de la medición, a) ancho y largo, b) espesor (vista lateral-acostada de la semilla) realizado por Martínez-Gutiérrez Rubén I. c) vista frontal de una semilla capturada a través de un estereoscopio (modelo DV4, marca ZEIZZ) 2X.....	18
Figura 2. a) Foto de una semilla capturada a 2X y después a 4x para una mejor vista de la textura a través de un estereoscopio (modelo DV4, marca ZEIZZ), b) textura registrada según el catálogo de Murley, 1951 adaptado por Davis en 1993.....	19
Figura 3. a) Foto de dos semillas, b) Foto de una semilla por separado para la determinación del color capturada 2X a través de un estereoscopio (modelo DV4, marca ZEIZZ).....	20
Figura 4. Gráfica para determinar la frecuencia del color en semillas.....	20
Figura 5. Comparación de medias de Tukey ($P > 0.05$) en TSG aplicando diferentes tratamientos pre-germinativos.....	24
Figura 6. Comparación de medias de Tukey ($P > 0.05$) en IVG aplicando diferentes tratamientos pre-germinativos.....	25
Figura 7. Comparación de medias de Tukey ($P > 0.05$) en LMR aplicando diferentes tratamientos pre-germinativos.....	26
Figura 8. Comparación de medias de Tukey ($P > 0.05$) en LMP aplicando diferentes tratamientos pre-germinativos.....	27

RESUMEN

Echinocactus platyacanthus conocida como biznaga dulce o burra es una cactácea endémica de México, se encuentra protegida por la NOM-059 SEMARNAT-2010, bajo la categoría “sujeta a protección especial”. La propagación por semillas es el mejor método que poseen las especies vegetales para asegurar su prevalencia. El objetivo de la presente investigación fue determinar las características morfométricas y fisiológicas de las semillas de *E. platyacanthus*. Las muestras de semillas se obtuvieron de frutos que fueron colectados en plantas de una población natural, en el ejido Buñuelos del municipio de Saltillo, Coahuila. Posteriormente fueron llevados al laboratorio de producción y almacenamiento de semillas del CCDTS de la UAAAN, se tomaron 22 frutos al azar para la extracción de semillas y fueron homogenizadas, se seleccionaron al azar siete repeticiones de 100 semillas de cada fruto y con ayuda de un calibrador vernier digital se obtuvieron los datos métricos de largo, ancho y espesor en mm, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis, los resultados mostraron que, para el largo de las semillas hubo diferencias significativas ($H = 18; p > 0.05$) Para ancho y espesor no se encontraron diferencias significativas ($H = 4.90; p < 0.05$) y ($H = 4.63; p < 0.05$) respectivamente, de acuerdo a el análisis de diferentes dimensiones registradas, para las variables fisiológicas se tomaron al azar cuatro repeticiones de 25 semillas y para descartar latencia se utilizaron siete tratamientos pre-germinativos, se realizó un análisis de varianza y se obtuvo que PG, PPN y PPA, el tratamiento que presentó los resultados más bajos fue

el 2, con valores de 33.75%, 56.84% y 43.15% respectivamente, con respecto a la variable PSD, el tratamiento que resulto con menor porcentaje en semillas duras fue el Testigo (12.50%), sin embargo, el tratamiento con agua oxigenada resultó con un porcentaje mayor de semillas duras (94.76%), con respecto a la TSG y IVG, el tratamiento cinco resulto ser el más bajo 5.17 y 6.96, resultando diferente al testigo en la comparación de medias, en las variables PG, PPN y LMR el tratamiento 2 es inferior, las variables PPA el tratamiento 2 resultó superior. Las semillas de *E. platyacanthus* tiene una la longitud 2.15 ± 0.08 mm; un ancho de 1.56 ± 0.06 mm y un espesor de 1.10 ± 0.04 mm, es una semilla que no presenta latencia ya que se obtuvieron altos porcentajes de germinación, después de 6 días de la siembra en el testigo.

Palabras clave: *E. platyacanthus*, semilla, germinación, tratamientos.

INTRODUCCIÓN

En México *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto (*Biznaga Burra*), es una especie que se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010, bajo la categoría “sujeta a protección especial” (SEMARNAT, 2010). Entre los casos más críticos de afectación a las especies y sus poblaciones se ha registrado el saqueo, que es efectuado por extranjeros y por pobladores de las localidades con mayor riqueza de especies (Chávez-Martínez R. J. 2007).

Es evidente que se requiere la aplicación de medidas de control y vigilancia más estrictas por parte de las autoridades competentes, además de un programa de manejo integral que incluya el control de especies invasoras como las que conforman la ganadería extensiva, ya que se está afectando la diversidad biológica de una de las zonas más ricas a nivel mundial de especies de la familia *Cactaceae*. (Chávez-Martínez R. J. 2007).

La propagación por semillas es el mejor método que poseen las cactáceas para asegurar su prevalencia (Castillo-Reyes *et al.*, 2014). Por ello resulta fundamental estudiar aspectos relacionados con la reproducción sexual de familia *Cactaceae*, entre ellas *E. platyacanthus* (SEMARNAT, 2010). Los estudios morfológicos, fisiológicos micro-estructurales de las semillas pueden determinar las estructuras tegumentarias externas e internas que se presentan como adaptaciones para su dispersión en ambientes semiáridos (Elizondo-Elizondo, *et al.* 1994).

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar morfométrica y fisiológicamente semillas de *E. plantyacanthus*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar las estructuras morfológicas cuantitativas y cualitativas de la semilla de *E. plantyacanthus*.
2. Evaluar las características fisiológicas de las semillas de *E. plantyacanthus*.

HIPÓTESIS

1. Las estructuras morfológicas de las semillas de la especie *E. plantyacanthus* no tienen diferencias.
2. Las características fisiológicas de las semillas de la especie *E. plantyacanthus* no tienen diferencias.

REVISIÓN DE LITERATURA

Distribución

E. platyacanthus conocida como biznaga dulce es una cactácea endémica de México utilizada tradicionalmente para la elaboración del acitrón y como forraje para el ganado (Jiménez-Sierra y Torres-Orozco, 2003. Citado por: Jiménez-Sierra, 2019). Es una cactácea globosa toneliforme que se encuentra catalogada como amenazada debido a la destrucción de su hábitat y a su extracción para comercialización. (Díaz et al., 2008). Distribuida naturalmente por las zonas áridas de Querétaro, Puebla e Hidalgo, así como en Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y, en general, el norte y centro de México, en la región ecológica del desierto Chihuahuense. (Vásquez, et al. 2021)

Clasificación taxonómica

REINO *Plantae*

DIVISIÓN *Magnoliophyta* Cronquist, Takht. & W. Zimm. ex Reveal

CLASE *Magnoliopsida* Brongn.

SUBCLASE *Caryophyllidae*

ORDEN *Caryophyllales* Benth. & Hook.

FAMILIA: *Cactaceae* juss.

GÉNERO *Echinocactus* Link & Otto

ESPECIE *platyacanthus* Link & Otto

(VILLAVICENCIO, et al., 2010)

Descripción de la planta

Tallo

La biznaga *E. plantyacanthus* presenta un tipo de tallo de color verde claro, algunas veces glauco, subglobular a ampliamente globular hasta columnar, sin ramificaciones, de alrededor de 45 cm de diámetro, o un poco más, con un número bastante variable de costillas, de 5-60 verticales bien definidas; presenta areolas grisáceas con espinas de color café grisáceo, de las cuales generalmente 8-10 son radiales, de 3-4cm de largo: además presenta 3-4 centrales, formando una cruz, de alrededor de 2-3.9cm de largo, algo curvadas. (Vásquez, *et al.* 2021).

Flores

E. plantyacanthus presenta flores numerosas, que nacen en una corona lanuda de color amarillento de 5-7 cm de diámetro, que la planta presenta en la parte apical, abren durante el día en verano, de alrededor de 3-3.5cm de largo, con los segmentos del perianto exterior lanceolados, mucronados, y los del interior obtusos: estigma de 10 lobos (Vásquez, *et al.* 2021).

Su ovario presenta escamas lineares, con axilas provistas de abundante lana que cubre de manera completa el pericárpelo y forma una masa densamente afelpada; las escamas superiores son angostas, rígidas, con la punta más o menos como espina; los segmentos exteriores del perianto son ovados, largamente apiculados, aserrados (Bravo-Hollis & Sanchez-Mejorada, 1991. Citado por: Aragón-Gastelum, 2011).

Fruto

La especie *E. plantyacanthus* posee un fruto que se caracteriza por ser una baya seca en la etapa madura, oblonga, amarillenta, de 5-7cm de largo, con numerosas escamas delgadas, seca y membranosas, con lana y con pelos, y con las partes del perianto persistentes. (Vásquez, *et al.* 2021).

La producción de frutos es muy alta en los meses de julio y agosto, al acumularse los frutos de los primeros dos periodos de floración. Los frutos del primer periodo maduran a finales de junio, los del segundo a principios de agosto y los del tercero a principio de septiembre (Trujillo-Argeta, 1982. Citado por: Aragón-Gastelum, 2011).

Los frutos son consumidos principalmente por ratas y ratones silvestres, pero también por algunas aves como el pájaro carpintero y el ceniztonle (Trujillo-Argeta, 1982. Citado por: Aragón-Gastelum, 2011).

Semilla

Las semillas de la especie *E. plantyacanthus* están reportadas como reniformes, 2.1-2.5 mm de largo; testa negra, brillante, con ornamentación celular; micrópilo pequeño, próximo al hilo basal lateral (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada, 1991. Citado por: Navarro *et al.*, 2014).

El número de semillas por fruto va desde 101 hasta 1050. (Trujillo-Argeta, 1982. Citado por: Aragón-Gastelum, 2011). Las semillas de esta especie no presentan latencia (Flores *et al.*, 2011).

Las semillas se consideran fisiológicamente maduras cuando alcanzan el máximo peso seco y esta etapa suele coincidir con la mayor germinación y vigor. A partir de este momento, se inicia un proceso de deterioro en la calidad de la semilla (Polaca *et al.*, 2009 citado por: Méndez-López *et al.*, 2020).

Tipo de germinación

E. plantyacanthus presenta una germinación epigea la cual inicia con el rompimiento de la testa, posteriormente, surge la raíz primaria, el hipocotilo y la parte inferior de los cotiledones; el epicotilo es más pequeño con respecto al hipocotilo y con presencia de areolas separadas con algunos tricomas microscópicos (Gomez- Serrano, 2021).

Los requerimientos de germinación para esta especie son: suficiente humedad e iluminación, altas temperaturas como las que prevalecen en verano en el área de distribución de la especie y que las semillas sean recientes (Trujillo-Argeta, 1982. Citado por: Aragón-Gastelum, 2011).

Los reportes sobre germinación para la especie *E. platyacanthus*, se basan mayormente en la aplicación de tratamientos pre-germinativos, por ejemplo, mediante el empleo de ácidos fuertes (Navarro *et al.*, 2014). o con el uso de semillas vivíparas (Aragón-Gastélum *et al.*, 2017).

Con respecto a la micropropagación, a través de la técnica de cultivo de tejidos vegetales son escasos los estudios reportados y de manera general están dirigidos hacia la formación de brotes (Rodríguez González, 2006).

Hábitos y forma de crecimiento

Las especies como lo es la biznaga *E. platyacanthus* presentan un tipo de crecimiento columnar. (...) con esta forma de crecimiento son monopódicas. (Vázquez-Sánchez *et al.*, 2012).

Formas de dispersión de semillas

En la especie *E. platyacanthus* se presentan frutos secos que no son atractivos para ser consumidos por animales. Por lo que podemos deducir que el modo de dispersión, está fuertemente asociado con las características estructurales tanto del fruto, como de la semilla, ya que estas son transportadas principalmente por dos vías y por diferentes vectores: Anemocora, constituye el modo menos común de dispersión de semillas en las cactáceas y es por medio del viento; Zoocora: dispersión por animales (Hernandez-Lopez, 2005).

La dispersión de semillas es uno de los procesos determinantes en el reclutamiento, rango de expansión, demografía y estructura espacial y genética de las poblaciones de plantas, particularmente a escalas locales e intermedias (Hubbell 1979, Schupp 1990, Nathan y Muller-Landau 2000, Wenny 2000 citado por: Parrado-Roselli, 2007).

La planta madre durante un largo periodo de tiempo permite por un lado asegurar la dispersión de las semillas (Víctor & Margarita, 2016).

Importancia y usos

Importancia Forrajera

Teniendo en cuenta que la especie *E. platyacanthus* tiene un crecimiento lento y su valor como forraje es nulo ya que, bajo condiciones de pastoreo natural el ganado no manifiesta preferencia por esta especie para incluirla en su dieta, aspecto seguramente determinado por la densa protección espinosa que presenta (Vásquez, *et al.* 2021). Pero se comprobó que algunos pastores destruyen una parte del tejido externo de las biznagas para eliminar las espinas y así facilitar el inicio del consumo; sin embargo, no en todos los casos se presenta el mismo procedimiento, ya que, de acuerdo con los testimonios de algunos habitantes locales, estos animales han aprendido a eliminar las espinas por sí solos y así comienzan con la destrucción de los ejemplares. (Chávez-Martínez R. J. 2007).

Importancia Ornamental

La planta suculenta *E. plantyacanthus* es muy apreciada por la estética que le proporciona al paisaje natural. (Vásquez, *et al.* 2021).

Las formas distintivas de las biznagas las hacen una de las plantas favoritas en los jardines de las ciudades a lo largo de toda el área de distribución de *E. plantyacanthus*. (Del Castillos & Trujillo, 1991. Citado por: Aragón-Gástela, 2011).

Importancia Alimenticia

Dado que la especie *E. plantyacanthus* es peculiarmente dulce y de porte grande tiene relevancia en el sector alimentario ya que de la pulpa se elabora dulces que se comercializan en establecimientos dedicados a la venta de dulces típicos o regional (Vásquez, *et al.* 2021) como por ejemplo el dulce de acitrón.

Parte comestible

La parte útil en la especie *E. plantyacanthus* es el tejido succulento obtenido del tallo, que comprende más del 90% del peso fresco de la planta. Se ha utilizado comúnmente como alimento, fuente de agua y medicamento (Del Castillo & Trujillo, 1991. Citado por: Hernández. 2021).

El dulce de acitrón

El acitrón o dulce de biznaga se elabora a partir del parénquima de los cactus de barril (el relleno carnoso del cuerpo de la planta), principalmente de tres especies; la biznaga gigante (*Echinocactus plantyacanthus*) (Hernández, 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

El experimento se realizó en laboratorio de producción y almacenamiento de semillas de la UAAAN, localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro #1923 COL. Buenavista, Saltillo Coah. C.P. 25315 (25° 23 ' 42 N, 100° 59' 57 O).

Obtención del material biológico

Las semillas se obtuvieron de 22 frutos tomados al azar que fueron colectados en 50 plantas de una población natural, en el ejido Buñuelos del municipio de Saltillo Coahuila, (25° 3'33.07"N, 101°14'0.40"O), posteriormente se llevó a cabo una extracción de semillas por fruto con un macerando en seco, se eliminó el mucilago con un soplador de semillas. Las semillas limpias, fueron llevadas a un proceso de homogenización para tomar las muestras representativas de semillas para cada caracterización.

Caracterización Morfológica

Para la obtención de las características morfométricas, se utilizaron semillas obtenidas al azar y en siete repeticiones de 100 semillas.

Para los datos de largo, ancho y espesor se midieron las semillas una por una, con un calibrador vernier digital (Marca: Fisher Brand) y fueron reportadas en milímetros.

Para obtener el peso, se pesaron siete repeticiones de 100 semillas con una balanza analítica (modelo aventure Pro AV264, marca OHAUS) y fueron reportados en gramos.

Para las características de textura y forma se utilizó el catálogo de Murley, 1951 adaptado por Davis en 1993, con la ayuda de un estereoscopio (modelo DV4, marca ZEIZZ).

El color se determinó de acuerdo a la tabla de colores de suelo de Munsell.

Caracterización fisiológica

Para la caracterización fisiológica se llevó a cabo mediante el análisis y evaluación de germinación en las semillas de *E. plantyacanthus* y para descartar la presencia de latencia en las semillas éstas fueron sometidas a siete tratamientos pre-germinativos según el cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos pre-germinativos empleados en semillas de *E. plantyacanthus*.

Tratamiento	Descripción
1	Remojo por 24 horas a temperatura ambiente en agua destilada
2	Remojo por 24 horas a temperatura ambiente en agua oxigenada
3	Remojo por 24 horas a temperatura ambiente en Biogib (ácido giberélico) a una concentración de 0.1gr/0.5L
4	Remojo por 3 horas a temperatura ambiente en Biogib (ácido giberélico) a una concentración de 0.1gr/0.5L
5	Remojo por 24 horas en agua caliente a 60° C
6	Remojo por 24 horas a temperatura ambiente en agua del grifo o de la llave
7	Testigo

Para llevar a cabo esta caracterización se obtuvo el porcentaje de germinación (PG) y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$PG = \frac{\text{numero de semillas germinadas}}{\text{numero de semillas totales}} * 100$$

A demás se llevó a cabo una clasificación de plántulas Porcentaje de Plántulas Normales (PPN), una planta normal se consideró cuando tenía un crecimiento uniforme y un crecimiento de 2 mm de la radícula y plúmula.

Porcentaje de Plántulas anormales (PPA), se clasificaron así cuando su crecimiento no cumplía con el crecimiento uniforme de 2 mm.

El porcentaje de semillas duras (PSD), se clasificaron en ésta categoría cuando al finalizar la prueba quedaron intactas y no absorbieron agua.

El porcentaje de semillas muertas (PSM) se cuantificaron cuando al terminar la prueba las semillas no germinaron y se mostraron flácidas y enmohecidas.

La tasa de germinación (TG), se obtuvo mediante el conteo diario de semillas germinadas y obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$TG = \frac{(N1T1 + N2T2 + \dots + NnTn)}{(N1 + N2 + \dots + Nn)}$$

donde N es el número de semillas germinadas no acumuladas y T es el tiempo en días (Hartmann & Kester, 2001).

El índice de velocidad de germinación (IVG) se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$IVG = \sum \left[\frac{N}{\sum t_i} \right]$$

dónde: N es el número de semillas germinadas en el intervalo de tiempo t y $\sum t$ es el período en días desde la siembra hasta el día final de la experimentación (Ranal y Santana, 2006).

La longitud media de plúmula (LMP) se obtuvo con la ayuda de una hoja milimétrica y unas pinzas de laboratorio midiendo desde el punto de crecimiento de la raíz hacia el meristemo apical.

La longitud media de radícula (LMR) se obtuvo igual con la ayuda de una hoja milimétrica y unas pinzas de laboratorio midiendo desde el punto de crecimiento de la raíz hacia el final de esta.

Variables a Evaluar.

Variables morfométricas

Largo

Ancho

Espesor

Peso

Textura

Color

Variables fisiológicas

Porcentaje de Germinación (PG).

Porcentaje de Plántulas Normales (PPN)

Porcentaje de Plántulas anormales (PPA)

Porcentaje de semillas duras (PSD)

Porcentaje de semillas muertas (PSM)

Tasa de germinación (TG)

Índice de velocidad de germinación (IVG)

Longitud media de plúmula (LMP)

La longitud media de radícula (LMR)

Diseño experimental

Para el análisis de las variables morfológicas ancho, largo y espesor se realizó una prueba de Kruskal-Wallis (un test que emplea rangos para contrastar la hipótesis que k muestras han sido obtenidas de una misma población de William Kruskal y W. Allen Wallis) y se estableció el tamaño promedio de los 7 grupos en los distintos parámetros que se evaluaron de las semillas para probar que si la media de un grupo es diferente del resto.

En las variables fisiológicas se realizó un análisis completamente al azar, bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor observado.

μ = Efecto de la media general.

k = Repeticiones.

T_i = Efecto de los tratamientos.

R_j = Repeticiones.

E_{ijk} = Error experimental.

Cuando las variables resultaron estadísticamente significativas se llevó a cabo una comparación de medias mediante la prueba según Tukey.

Todos los análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias se realizaron en el software estadístico R studio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización Morfométrica.

El resultado que se muestra en el análisis de tamaño, el largo de las semillas mostró diferencias significativas ($H = 18$; $p > 0.05$) Para ancho y espesor no se encontraron diferencias significativas ($H = 4.90$; $p < 0.05$) y ($H = 4.63$; $p < 0.05$) respectivamente y para peso se encontró diferencias significativas ($H = 30.36$; $p > 0.05$), (cuadro 1).

Cuadro 2. Valores medios ($H > 5$ = existen diferencias significativas; $H < 5$ No existen diferencias significativas), diferentes letras indican diferencia significativa entre tamaños promedio de las semillas.

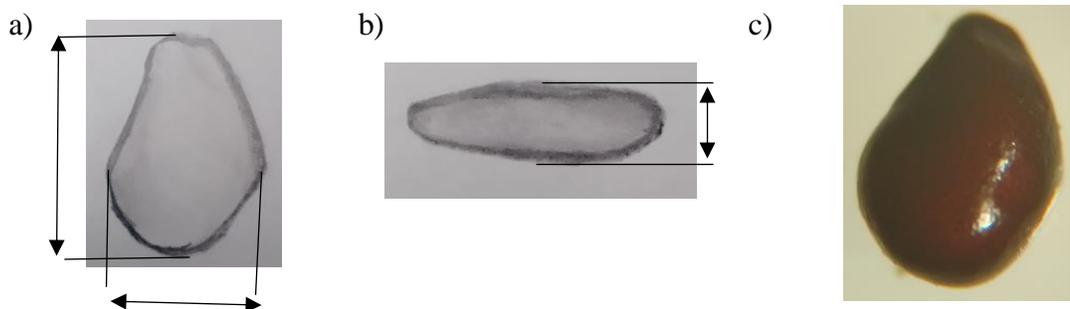
Fruto	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso de 100s (mg)
1	2.22 ab	1.56 a	1.06 a	239.6 a
2	2.08 bc	1.56 a	1.08 a	239.6 a
3	2.06 bc	1.62 a	1.14 a	224.8 bc
4	2.24 a	1.56 a	1.12 a	230.8 b
5	2.08 bc	1.54 a	1.08 a	224.9 bc
6	2.26 a	1.52 a	1.10 a	238.6 ab
7	2.02 c	1.58 a	1.08 a	223.8 c
H	18	4.9	4.63	30.36

Diferentes letras indican diferencia significativa entre tamaños promedio de las semillas.

El análisis de diferentes grupos de semillas de la especie, de acuerdo al tamaño de las semillas estudiadas tiene una relación entre sí. En esta especie los tamaños de semillas se consideran pequeñas (2.15 ± 0.08 mm de longitud; 1.56 ± 0.06 mm de espesor, 1.10 ± 0.04 mm de espesor y un peso de 2.30 ± 0.05 mg).

Según la figura 1a el promedio del largo fue de (2.13 mm), del ancho (1.56 mm) y en la figura 1b el promedio del espesor (1.09 mm), la forma de la semilla con la cara frontal es ovada 6:5 como se observa en la figura 1c.

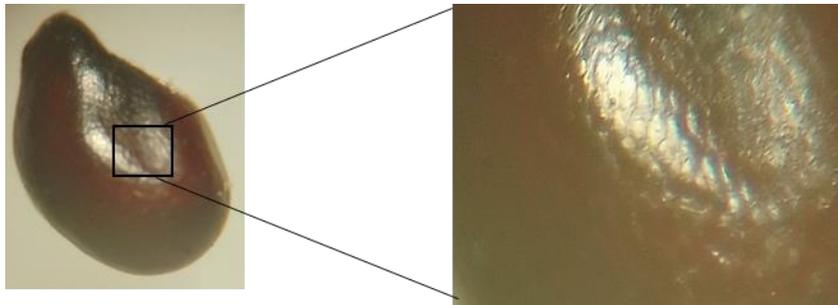
Figura 1. Representación gráfica de la medición, a) ancho y largo, b) espesor (vista lateral-acostada de la semilla) realizado por Martínez-Gutiérrez Rubén I. c) vista frontal de una semilla capturada a través de un estereoscopio (modelo DV4, marca ZEIZZ) 2X



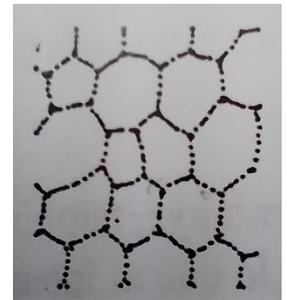
De acuerdo con la figura 2, se determinó que la textura es areolada.

Figura 2. a) Foto de una semilla capturada a 2X y después a 4x para una mejor vista de la textura a través de un estereoscopio (modelo DV4, marca ZEISS), b) textura registrada según el catálogo de Murley, 1951 adaptado por Davis en 1993.

a)



b)



Los colores que se observaron fueron el negro (con clave: 10yr-2/1) y Rojo muy oscuro (con clave: 5R-2.5/2), basado en el catálogo de Munsell, (figura 3a y figura 3b). En la figura 4, se puede observar que el color negro se presenta con mayor frecuencia que las semillas de color rojo muy oscuro.

Figura 3. a) Foto de dos semillas, b) Foto de una semilla por separado para la determinación del color capturada 2X a través de un estereoscopio (modelo DV4, marca ZEISS).

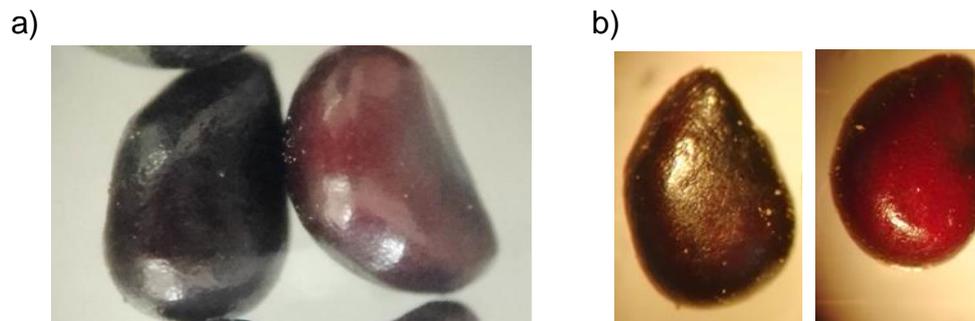
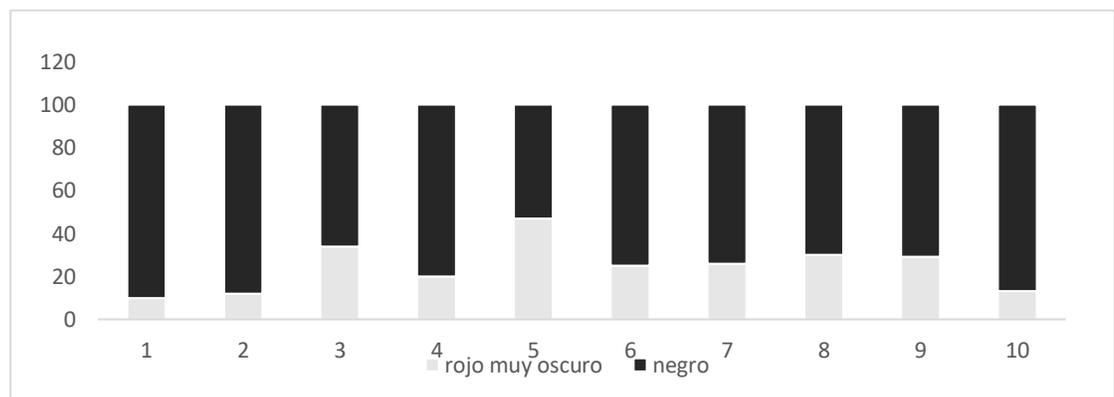


Figura 4. Gráfica para determinar la frecuencia del color en semillas.



Con respecto a las características de tamaño, peso y textura no presentan diferencias para clasificarlas en dos grupos con excepción del color.

Caracterización Fisiológica

Cuadro 3. Cuadrados Medios del Análisis de varianza para de los tratamientos pre-germinativos en las variables fisiológicas evaluadas.

FV	PG	PPN	PPA	PSM	PSD	TSG	IVG	LMR	LMP
Trat	2004.5*	826.19*	826.06*	1433.9	3104.4	30.64**	22.41*	5.00 *	15.04**
Error	116.0	273.55	273.54	1614.7	1822.2	5.20	6.10	1.41	3.26

Significancia ** al 0.01 y * al 0.05; FV= Factor de variación; PG= Porcentaje de germinación; PPN=Porcentaje de Plántulas normales; PPA= Porcentaje de Plántulas anormales; PSM= Porcentaje de Semillas muertas; PSD= Porcentaje de Semillas duras; TSG= tasa de Semillas Germinadas; IVG= Índice de Velocidad de germinación; LMR=Longitud Media de radícula; LMP=Longitud Media de Plúmula.

De acuerdo al cuadro 3, que muestran los resultados del análisis de varianza que para la fuente de variación tratamientos resultaron altamente significativas las variables, PG, TSG y LMP; para PPN, PPA Y el IVG presentaron diferencias significativas; PSM y PSD resultaron no significativas.

Cuadro 4. Comparación de Medias para de media de Tukey ($P < 0.05$), para las variables evaluadas en siete tratamientos pre-germinativos.

Trat	PG	PPN	PPA	PSD	TSG	IVG	LMR	LMP								
1	87.5	a	88.58	a	11.41	b	32.14	ab	6.65	cd	6.77	a	6.65	a	9.28	ab
2	33.75	b	56.84	b	43.15	a	94.76	a	13.57	a	0.55	b	3.24	b	4.53	c
3	81.33	a	87.53	a	12.44	b	45.0	ab	10.34	ab	2.46	b	5.29	a	9.78	ab
4	96.25	a	98.68	a	1.31	b	37.50	ab	10.14	b	2.55	b	6.08	a	10.03	a
5	95.0	a	98.75	a	1.25	b	37.50	ab	5.15	d	6.96	a	6.21	a	9.47	ab
6	91.05	a	90.64	a	9.35	b	75.00	ab	8.73	bc	2.86	b	5.99	a	8.14	ab
7	96.18	a	93.61	a	6.38	b	12.50	b	7.71	bcd	4.09	ab	5.52	a	7.36	b

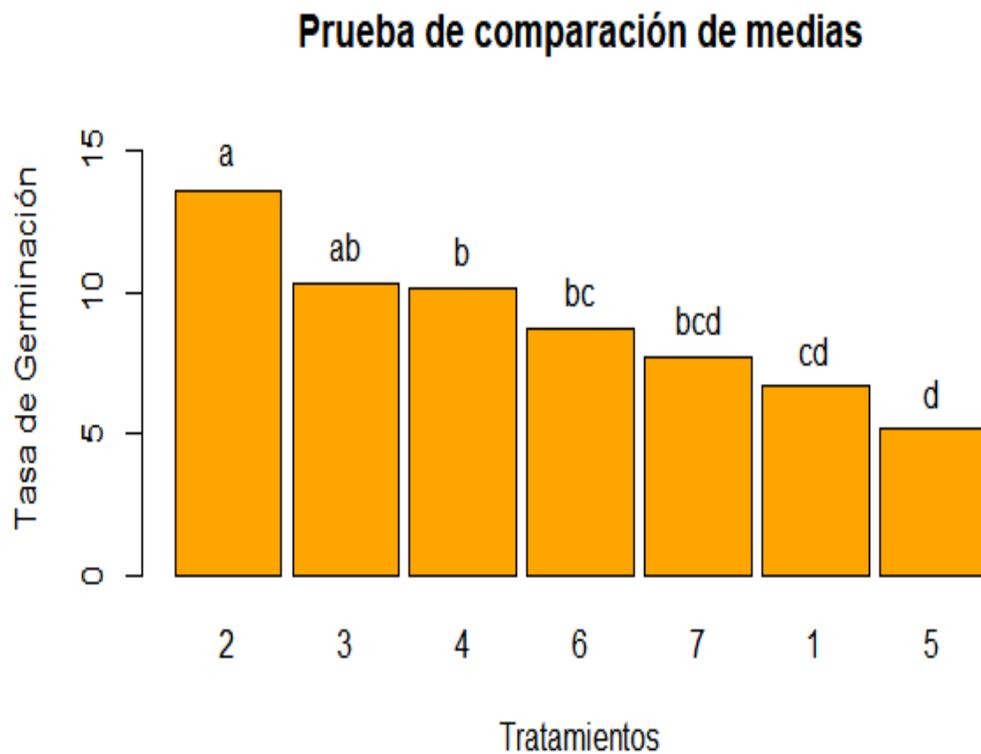
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. (Tukey $P < 0.05$); diferentes letras indican diferencia significativa entre tamaños promedio de las semillas. PG= Porcentaje de germinación; PPN=Porcentaje de Plántulas normales; PPA= Porcentaje de Plántulas anormales; PSM= Porcentaje de Semillas muertas; PSD= Porcentaje de Semillas duras; TSG= tasa de Semillas Germinadas; IVG= Índice de Velocidad de germinación; LMR=Longitud Media de radícula; LMP=Longitud Media de Plúmula; 1 imbibición por 24 horas a temperatura ambiente en agua destilada; 2 imbibición por 24 horas a temperatura ambiente en agua oxigenada; 3 imbibición por 24 horas a temperatura ambiente en Biogib (ácido giberelico) a una concentración de 0.1gr/0.5; 4 imbibición por 3 horas a temperatura ambiente en Biogib (ácido giberelico) a una concentración de 0.1gr/0.5L; 5 imbibición por 24 horas en agua caliente a 60° C; 6 imbibición por 24 horas a temperatura ambiente en agua del grifo o de la llave; 7 Testigo

De acuerdo al cuadro 4, para las variables fisiológicas, PG, PPN y PPA, el tratamiento que presentó los resultados más bajos fue el 2, con valores de 33.75%, 56.84% y 43.15% respectivamente, con respecto a la variable PSD, el tratamiento que resulto con menor porcentaje en semillas duras fue el Testigo (12.50%), sin embargo, el tratamiento con agua oxigenada resultó con un porcentaje mayor de semillas duras (94.76%), con respecto a la TSG y IVG, el tratamiento cinco resulto ser el más bajos 5.17 y 6.96, resultando diferente a al testigo en la comparación de medias, las variables dependientes PG,

PPN, Y LMR el tratamiento 2 es inferior a los demás al igual que en las variables en las variables PPA el tratamiento 2 es superior a los demás.

En la figura 5, se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias donde se observa la Tasa de Germinación de acuerdo a los tratamientos pre-germinativos, el cual se puede diferenciar que el tratamiento 2 es superior al resto incluyendo el testigo, pero este comparte una letra igual con el tratamiento 3.

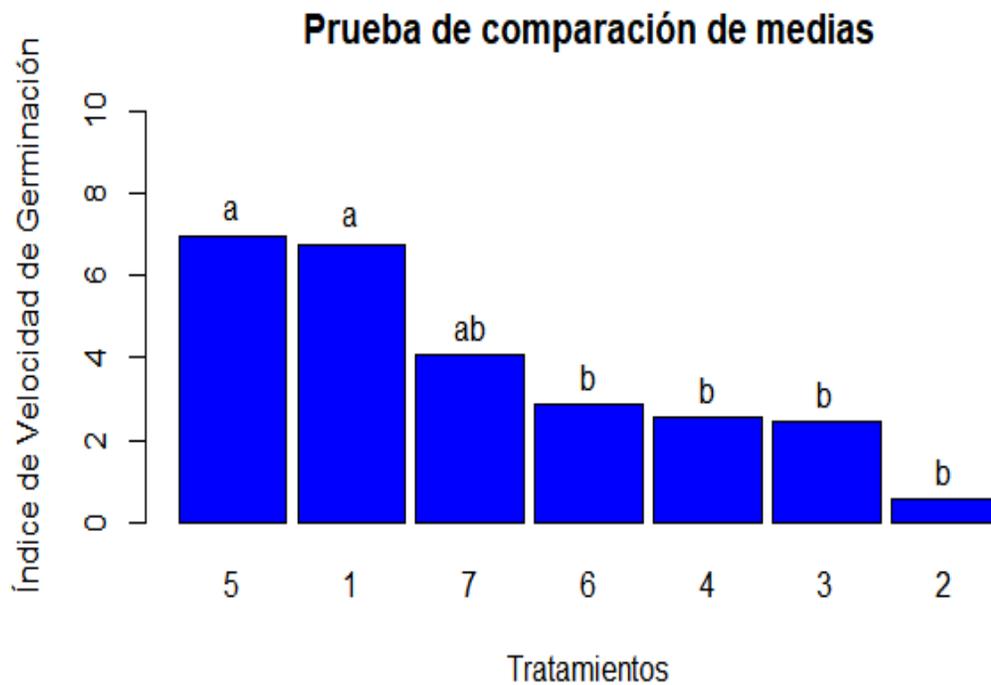
Figura 5. Comparación de medias de Tukey ($P > 0.05$) en TSG aplicando diferentes tratamientos pre-germinativos.



Medias con la misma literal, estadísticamente no presentan diferencias

En la figura 6, se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias del Índice de Velocidad de Germinación donde se observa que los valores más altos se obtuvieron en los tratamiento 1 y 5 , y el valor más bajo fue el tratamiento1.

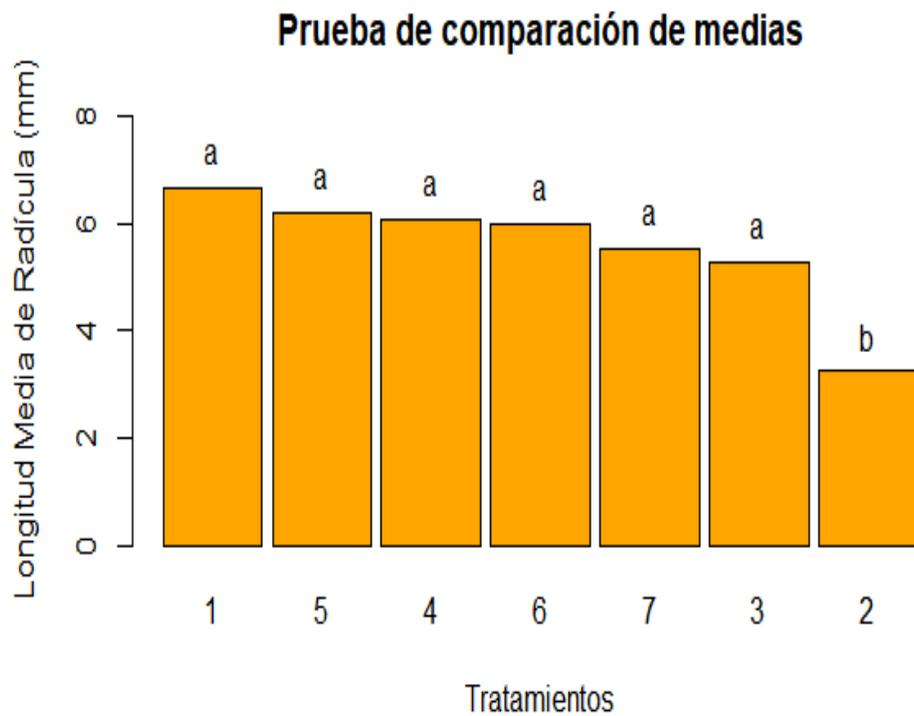
Figura 6. Comparación de medias de Tukey ($P > 0.05$) en IVG aplicando diferentes tratamientos pre-germinativos.



Medias con la misma literal, estadísticamente no presentan diferencias

En la figura 7, se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias de la Longitud Media de Radícula de acuerdo a los tratamientos pre-germinativos, donde se observa que el tratamiento 2 es inferior a todos los tratamientos.

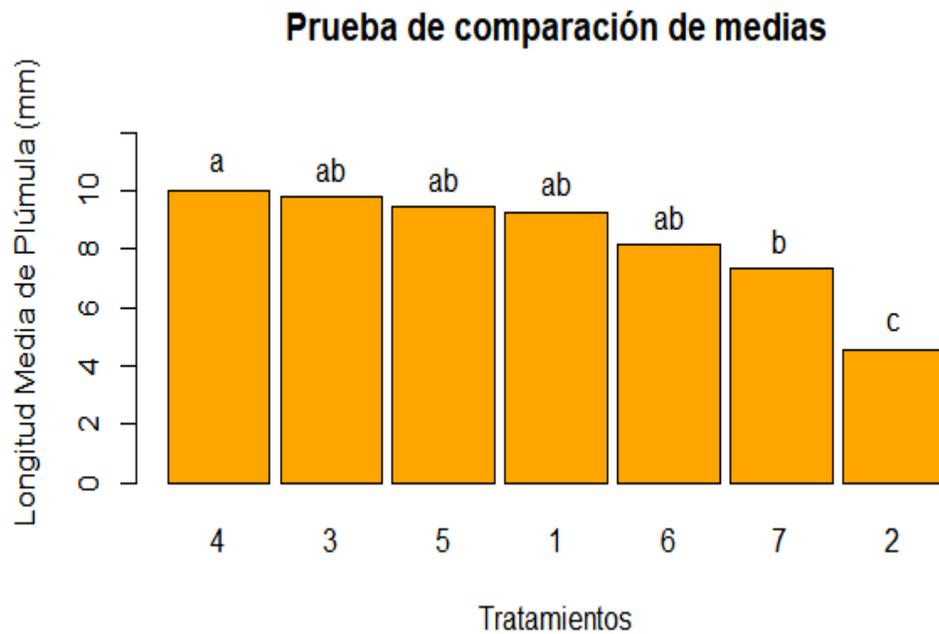
Figura 7. Comparación de medias de Tukey ($P > 0.05$) en LMR aplicando diferentes tratamientos pre-germinativos.



Medias con la misma literal, estadísticamente no presentan diferencias .

En la figura 8, se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias la Longitud Media de Plúmula se observa que el tratamiento 4 es superior y 2 es inferior

Figura 8. Comparación de medias de Tukey ($P > 0.05$) en LMR aplicando diferentes tratamientos pre-germinativos.



Medias con la misma literal, estadísticamente no presentan diferencias

(Manzo-Rodriguez *et al.* 2022) describen que la germinación en las diferentes concentraciones de sales del medio MS inició a los trece días en los tratamientos de 0, 50 y 100 %; en *E. platyacanthus* la respuesta fue entre los días 16, 17 y 24 para 100%. (Gómez-Serrano *et al.*, 2021) encontró que el porcentaje de germinación obtenido fue del 70% de germinación en 28 días con el mismo medio, pero sin escarificación química ya que se considera que los ácidos fuertes con tiempos de exposición altos pueden dañar al embrión. Además, es conocido que los frutos junto con las semillas de *E. platyacanthus* no son carnosos, en este sentido es difícil que un animal los ingiera y, de esta forma, la posibilidad de que las semillas sean escarificadas en su tracto digestivo disminuye lo que significa que el pretratamiento para romper latencia en estas especies también se refleja en un mejor vigor, lo que se asocia con el rompimiento de testas duras, eliminación de taninos e inhibidores que tienen las semillas.

Es este trabajo el agua oxigenada fue el tratamiento pre-germinativo que presentó los resultados más bajos, sin embargo, (Díaz-Vivancos, 2013) ha descrito que tratamientos con H_2O_2 estimulan la germinación de semilla. El efecto positivo del H_2O_2 sobre la germinación de semillas puede ser atribuido al hecho de que la eliminación de H_2O_2 resulta en la producción de oxígeno necesario para diversos procesos metabólicos.

CONCLUSIONES

Las semillas de *Echinocactus platyacanthus*, morfológicamente posee forma ovada u ovoide, el tamaño oscila entre 2.15 mm de longitud; 1.56 mm de ancho, 1.10 mm de espesor y un peso de 2.30 mg y de textura areolada.

La semilla de *E. platyacanthus* presenta dos tipos de color, negro y rojo muy oscuro siendo el más frecuente el negro.

Las semillas de *E. platyacanthus* no presentaron latencia, ya que el testigo obtuvo mejores resultados de germinación con respecto a los tratamientos de romper latencia.

Las semillas *E. platyacanthus* estudiadas alcanzaron su máxima germinación en cinco días después de la siembra y germinaron siete semillas por día.

BIBLIOGRAFIA

- Aragón-Gastélum, J. L., Flores, J., Yáñez-Espinosa, L., Reyes-Olivas, Á., Rodas-Ortiz, J. P., Robles-Díaz, E., & González, F. J. (2017). Advantages of vivipary in *Echinocactus platyacanthus*, an endemic and protected Mexican cactus species. *Journal of Arid Environments*, 141, 56-59.
- Aragón G. J. L., (2011). Viviparidad en *Echinocactus Plantyacanthus* en el Altiplano Potosino y su posible beneficio para las etapas iniciales de desarrollo [tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias Aplicadas, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica].
- Bahin E, Bailly C, Sotta B, Kranner I, Corbineau F, Leymarie J. (2011) Crosstalk between reactive oxygen species and hormonal signalling pathway regulates grain dormancy in barley. *Plant Cell & Environment* 34, 980-993.
- Catillo-Reyes, F. J. D., Sánchez-Chaparro. S. E., Rangel-Estrada, J. Canul-Ku. 2014. Efecto de microorganismos en la promoción de la germinación de semillas de la cactácea *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto. *Interciencia* 39(12): 863-867.
- Chávez-Martínez R. J., Hernández-Oria J. G., y Sánchez-Martínez E. 2007. Documentación de factores de amenaza para la floracactológica del semidesierto queretano. *Bol. Nakari* 2007, 18(3): 89-95.
- Díaz, P. 2013. Agua oxigenada y germinación de semillas. CEBAS-CSIC. Consultado 16 ago. 2018. Disponible en <https://cienciacebas.wordpress.com/2013/02/28/agua-oxigenada-y-germinacion-de-semillas/>
- Elizondo-Elizondo. J. J. Valdés, S. A., y L.S. Hatch., 1994. "Micromorfología de las semillas de algunas cactáceas de la tribu Cacteeae (Cactaceae)". *Cact. Suc. Mex.*, 39(3): 59-67.

- Flores, J., Jurado, E., Chapa-Vargas, L., Ceroni-Stuva, A., Davila-Aranda, P., Galíndez, G., Gurvich, D., León-Lobos, P., Ordoñez, C., Ortega-Baes, P., Ramirez-Bullón, N., Sandoval, A., Seal, C. E., Ulian, T., Pritchard, H. W. (2011). Seeds photoblastism and its relationship with some plant traits in 136 cacti species. *Environmental and Experimental Botany*, 71: 79-88.
- Glafiro J. A., Flores C. G., y Velazco M. 2008. Importancia de las cactáceas como recurso natural en el noreste de México, *Ciencia UANL / VOL. XI*, No.1, Pág. 6-8,
- Gómez-Serrano, G., Martínez, Joel, Arreguín-Sánchez, M.L., & García Ochoa, F.. (2021). Germinación y crecimiento de *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto (Cactaceae). *Polibotánica*, (52), 117-133. Epub 18 de octubre de 2021. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.52.9>
- Hernández-Flores , S. D., & Vargas-Licona , G. (2021). Acitrón, dulce elaborado con especies en riesgo de extinción. *Uno Sapiens Boletín Científico De La Escuela Preparatoria No. 1*, 4(7), 1-5. Recuperado a partir de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa1/article/view/7287>
- Jimenez-Sierra C. L., Gonzalez-Adán M.A., Vazquez-Sanchez K., Salinas-Moreno E., Lara C. A. M., Sanchez-Lozano L. E. Flores de *Echinocactus platyacanthus* Link & otto y sus visitantes.. In: Fernández-Luqueño F, López-Valdez F, MartínezÁvalos J.G. (Eds.). *Avances Internacionales de Cactáceas y Suculentas: Manejo y Conservación ante el Cambio Global*. Cinvestav, México. pp. 22 - 26.
- Jiménez-Sierra, C., y R. Torres-Orozco. 2003. Estado actual de las poblaciones de la biznaga dulce *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) en el SE de Puebla. *Contactos* 47: 28-34.

- Manzo-Rodriguez, S. M., González-Rosas, H., De los Santos, G. G., Moya, E. G., Espinosa-Hernández, V., Corona-Torres, T., & Paz, A. R. (2022). Viabilidad y germinación de semillas de cuatro especies amenazadas de cactáceas. *Caldasia*, 44(2).
- Navarro, M. del C., Tzompa, R., & María González, E. M. (2014). Propagación de *Echinocactus platyacanthus*: efectos del sustrato, viabilidad y escarificación de semillas. *Zonas Áridas*, 15(1), 31–47.
- Parrado-Rosselli, Ángela. (2007). La dispersión de semillas: una herramienta para comprender la composición y estructura de los Bosques Amazónicos. 10.13140/2.1.2731.3281.
- Pérez G. F., y Pita V. J. M., 2001. viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas, Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, NUM. 2112HD Madrid, España.
- Ruiz-Pérez A., Vázquez-Díaz E., Ibarra-Moncada Ma. C., y García-Nava J. R. 2021. calidad de semilla y sobrevivencia de plántulas de *Echinocactus platyacanthus* de tres regiones de México, *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 44 (1): 33 - 40, 2021. Ciudad de Mexico.
- SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010) NOM-059-ECOL Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de Riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 6 marzo de 2002. Ciudad de México.
- Vázquez-Aldape R., Villareal Q.J.A. & Valdes R. J. (2021). Plantas de pastizales del norte de México. México, quintanilla ediciones, Pag. 133-134.

Vázquez-Sánchez, M., T. Terrazas y S. Arias. 2012. El hábito y la forma de crecimiento en la tribu Cacteeae (Cactaceae, Cactoideae). Bot. Sci. 90: 97-108.

Víctor, L. L. J., & Margarita, C. O. Banco de semillas de Echinocactus platyacanthus Link y Otto (Cactaceae) y especies asociadas en una región semiárida de la Reserva de la Biosfera "Barranca de Metztitlán", Hidalgo.

VILLAVICENCIO G. E. E., ARREDONDO G. A., CARRANZA P. M., MARES A. O., COMPARAN S. S. & GONZALEZ C A. Cactaceas ornamentales del desierto chihuahuense. Gob. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/225082/Cact_ceas_ornamentales_del_Desierto_Chihuahuense.pdf