

# Morfología del fruto y semilla, y tratamientos pregerminativos de *Annona reticulata*

## Morphology of Fruit and Seed, and Pregerminative Treatments of *Annona reticulata*

Georgina Vargas-Simón <sup>1\*</sup>, Deyanira López-Méndez <sup>2</sup>, Reinaldo Pire <sup>3</sup>

- Recibido: 14/Oct/2020
- Aceptado: 02/Jun/2021
- Publicación en línea: 03/Jun/2021

Citación: Vargas-Simón G, López-Méndez D, Pire R. 2022. Morfología del fruto y semilla, y tratamientos pregerminativos de *Annona reticulata*. *Caldasia* 44(2):231-240. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v44n2.90873>

### ABSTRACT

*Annona reticulata* is a poorly domesticated native Annonaceae species of the neotropics, commonly found in home gardens and its fruit is of nice flavor. As part of the strategies for germplasm conservation, and, taking into account that certain pregerminative treatments may favor its germination capacity, two objectives were pursued: the morphological characterization of fruits and seeds, and the assessment of its response to pregerminative treatments. Samples were collected in two municipalities of Tabasco State, Mexico. Dimensions of fruits and seeds were measured, and seeds were submitted to six pre-germinative treatments as follows, control (T1), mechanical scarification (T2), soaking in gibberellic acid ( $GA_3$  100 mg L<sup>-1</sup> for 3 h) (T3), soaking in  $GA_3$  (100 mg L<sup>-1</sup> for 6 h) (T4), soaking in  $GA_3$  a 200 mg L<sup>-1</sup> for 3 h (T5), and mechanical scarification + soaking in  $GA_3$  (100 mg L<sup>-1</sup> for 24 h) (T6). The germination percentage (GP) and rate (GR) were evaluated in a completely randomized design with five replications. The fruit averaged 422.2 g, with 116.8 seeds. The pulp is 69.22 % of the total fruit weight. Epigeal cryptocotylar germination started on day 17 and reached its maximum (76.6 %) on day 31. The mechanical scarification (T2) produced the highest values of GP, and GR, while the use of  $GA_3$  tended to result in lower values as the concentrations and soaking times of the product increased.

**Keywords:** Epigeal cryptocotylar, germination rate, gibberellic acid, mechanical scarification.

<sup>1</sup> División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, km 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, Villahermosa, Tabasco, México, C.P. 86039. [georgina.vargas@ujat.mx](mailto:georgina.vargas@ujat.mx)

<sup>2</sup> División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, km 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, Villahermosa, Tabasco, México, C.P. 86039. [manedez.20@hotmail.com](mailto:manedez.20@hotmail.com)

<sup>3</sup> Posgrado de Horticultura, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Apartado 400. Barquisimeto, Venezuela. [rpire@ucla.edu.ve](mailto:rpire@ucla.edu.ve)

\* Autor para correspondencia.



## RESUMEN

*Annona reticulata* es una especie nativa del Neotrópico, poco domesticada, común en huertos familiares y su fruto es de sabor agradable. Como una estrategia de conservación del germoplasma, y considerando que determinados tratamientos pregerminativos pueden favorecer su capacidad de germinación, se plantearon dos objetivos: la caracterización morfológica de frutos y semillas, y el estudio de la respuesta a varios tratamientos pregerminativos. Las muestras provienen de Tabasco, México. Se midieron frutos y semillas. Las semillas se sometieron a seis tratamientos pregerminativos: Testigo (T1), escarificación mecánica (T2), remojo en ácido giberélico ( $AG_3$  100 mg L<sup>-1</sup> por 3 h) (T3), remojo en  $AG_3$  (100 mg L<sup>-1</sup> por 6 h) (T4), remojo en  $AG_3$  a 200 mg L<sup>-1</sup> por 3 h (T5), y escarificación mecánica + remojo en  $AG_3$  (100 mg L<sup>-1</sup> por 24 h) (T6). Se determinó el porcentaje total de germinación (PG) y la tasa de germinación (TG) en un ensayo completamente al azar con cinco repeticiones. El peso promedio del fruto fue de 422,2 g, con 113,8 semillas, de los cuales el 69,22 % estuvo representado por el peso de la pulpa. La germinación criptocotilar epígea inició el día 17 y alcanzó su máximo (76,6 %) el día 31. La escarificación mecánica (T2) promovió los mayores valores de PG y TG, mientras que el uso del  $AG_3$  afectó la germinación y produjo los menores valores a medida que se incrementaron las concentraciones y tiempos de remojo del producto.

**Palabras clave:** Ácido giberélico, epígea criptocotilar, escarificación mecánica, tasa de germinación.

## INTRODUCCIÓN

*Annona reticulata* L. es originaria de Mesoamérica, se distribuye en las zonas tropicales del sureste de México, tanto en la vertiente del Golfo, hasta la Península de Yucatán, como en el Pacífico (Romero-S y Cetzal-I 2015); en Sudamérica se le puede encontrar hasta Brasil (Morton 1987), naturalizada en ciertas regiones de África y Asia (Ngbolua *et al.* 2018, Chauhan *et al.* 2019). Proviene del bosque tropical caducifolio y se encuentra en huertos familiares entre 500-1000 m, Vidal-L *et al.* (2015) la registra como escasa en el estado de Veracruz, México.

Es un árbol de máximo 12 m de altura de corteza lisa, hojas deciduas, alternas, lanceoladas con nervaduras prominentes (Lawrence 2000). En Tabasco, México fructifica de diciembre a mayo, su fruto es un sincarpio, rojizo cuya superficie contiene areolas en forma de v; es apreciado por su sabor cremoso, además de ser rico en vitamina B (Morales *et al.* 2016); la pulpa es de color púrpura principalmente en la periferia, contiene una gran cantidad de semillas oscuras (Morton 1987).

Crece en áreas sujetas a largos periodos de sequía y no tolera demasiada humedad en el suelo (Morton 1987, Vargas-S 2019). También tiene un importante uso medicinal, sus

hojas se usan como vermífugo, la pulpa para granos de la piel, abscesos y úlceras, puede aliviar la ictericia, su corteza contrarresta la disentería, actualmente se está trabajando para la síntesis de nanopartículas para su uso medicinal debido a la presencia de taninos, alcaloides, fenoles, flavonoides y esteroides, además funciona como patrón para anonas de mayor importancia comercial (Morton 1987, Hoyos 1994, Ngbolua *et al.* 2018, Chauhan *et al.* 2019); sus ramas y hojas se utilizan como tintóreas (Lawrence 2000), por su follaje escaso es útil en la región para el establecimiento de especies trepadoras como el melocotón (*Sicana odorifera* (Vell.) Naudin) (Vargas-S *et al.* 2010).

Los trabajos sobre esta especie se han enfocado principalmente al análisis fitoquímico por el interés de sus metabolitos secundarios, Jayaprakash (2017) realizó una importante revisión; en cuanto a la morfología de frutos y semillas, Morton (1987) los describe y García (2006) enfocó su estudio en características morfológicas de frutos recolectados en Guatemala y sus propiedades organolépticas; Pontes *et al.* (2018) y Castañeda-Garzón *et al.* (2016) realizaron un estudio morfométrico en frutos y semillas en Brasil y Colombia, respectivamente. Sobre su germinación y aplicaciones de tratamientos pregerminativos son escasos en comparación con las investigaciones realizadas en las

anonas cultivadas de importancia económica como *Annona muricata* L., *Annona squamosa* L. y *Annona cherimola* Mill., entre otras; resaltan los realizados por Cartagena y Barreto (1998) con ejemplares de Colombia, Nadukeri et al. (2018) y Rana et al. (2020) en India. Ante la alta deforestación que sufre el trópico húmedo mexicano, los huertos familiares representan un reservorio de germoplasma, cumplen un papel etnobotánico esencial, socioeconómico y de seguridad alimentaria (Van der Wal et al. 2019), siendo *A. reticulata* una especie nativa, importante como parte de la biodiversidad de las Annonaceae (Castañeda-Garzón et al. 2016, Escobedo-López et al. 2018), con pocos estudios en la zona, los resultados de este trabajo contribuirán a su aprovechamiento, mediante la descripción de la morfología del fruto y semillas, así mismo del proceso germinativo y con la aplicación de métodos pregerminativos se mejorará su comportamiento germinativo para elevar su comercialización regional y la conservación de su germoplasma.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Morfología del fruto y de la semilla

Se recolectaron 30 frutos maduros de seis árboles en los municipios de Centro y Nacajuca, Tabasco, México a los que se les midió la longitud y el diámetro en la parte media, se registró su peso total y el porcentaje de pulpa. Se extrajeron las semillas y se cuantificó su número por fruto, así como su ancho, longitud y peso unitario con una balanza analítica Ohaus con 1 mg de precisión, después de dejarlas secar por cuatro días a temperatura ambiente ( $25,3 \pm 1,0$  °C). Para la obtención del corte mediano de las semillas, se escarificaron mecánicamente igual que en el tratamiento pregerminativo y se remojaron por 48 h para facilitar el corte y poder observar su estructura interna.

### Germinación

Las semillas extraídas se sometieron a los siguientes tratamientos pregerminativos: T1: Testigo, T2: Escarificación mecánica con tijera de podar. T3: Remojo en ácido giberélico ( $100 \text{ mg L}^{-1}$  por 3 h), T4: Remojo en ácido giberélico ( $100 \text{ mg L}^{-1}$  por 6 h), T5: remojo en ácido giberélico a  $200 \text{ mg L}^{-1}$  por 3 h, T6: Escarificación mecánica + remojo en ácido giberélico ( $100 \text{ mg L}^{-1}$  por 24 h). La escarificación mecánica consistió en realizar un corte en la cubierta seminal de 5 mm en la zona opuesta al micrópilo.

Como fuente de ácido giberélico se utilizó un producto comercial, equivalente a  $3,46 \text{ g L}^{-1}$  de i.a. Las semillas se sem-

braron en vasos plásticos de 300 mL de capacidad, utilizando un sustrato con una mezcla de arena, tierra negra y fibra de coco (1:1:2 v/v); el sustrato se desinfectó a saturación con fungicida (Captán,  $2 \text{ mg L}^{-1}$ ). El trabajo experimental se realizó en condiciones de laboratorio: temperatura máxima:  $25,6 \pm 0,9$  °C, temperatura mínima:  $25,0 \pm 1,0$  °C y una humedad relativa promedio de  $75 \pm 6$  %.

La descripción de las plántulas se realizó con base en Duke (1969) e Ibarra-Manríquez et al. (2001) de acuerdo al tipo de cotiledones (foliáceos o de reserva) y si emergen o no al germinar (fanerocotilar o criptocotilar). Se llevó registro del desarrollo de la plántula en días después de la siembra (dds).

### Diseño experimental y análisis de datos

A los datos morfológicos de los frutos y semillas se les aplicó estadística descriptiva con registro de medias y desviación estándar.

El diseño experimental de la germinación fue completamente aleatorio de seis tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento de seis semillas como unidad experimental. Se calcularon: porcentaje de germinación (PG) y tasa de germinación (TG); el primero se obtuvo con la relación porcentual de semillas germinadas luego de 37 días; para el cálculo de la TG se sumaron los cocientes de los porcentajes de germinación y su respectivo día de evaluación con base en la fórmula de Maguire (1962), ajustada por Pire y Vargas-Simón (2019). Se realizó un análisis de varianza luego de comprobar los supuestos de normalidad y homocedasticidad; y prueba de medias de Tukey utilizando el programa Statistix 8.0 (2005). Para el análisis, los porcentajes de germinación fueron transformados a  $\arcsen\sqrt{x}$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Morfología del fruto y de la semilla

El fruto es un sincarpio ovoideo a ovoideo esférico, específicamente en forma acorazonada con una depresión en la base (Fig. 1a). El pericarpio es de color rojizo, tiene una superficie más o menos lisa, las uniones de los carpelos apenas visibles (Fig. 1a), su pulpa es rojiza en los márgenes y blanca en la zona central (Fig. 1b), originalmente donde fue la zona de los pedicelos; tiene una consistencia cremosa y sabor dulce, representa una alta proporción con respecto al total del peso del fruto, de casi el 70 %. Los datos morfológicos de los frutos se observan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características morfológicas del fruto y semillas de *Annona reticulata*. Medias  $\pm$  desviación estándar.

	Peso (g)	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Porcentaje de pulpa	Número de semillas/fruto
Fruto (N=30)	422,2 $\pm$ 45,9	9,28 $\pm$ 0,40	9,8 $\pm$ 0,40	69,22	116,8 $\pm$ 19,7
Semilla (N=300) <sup>1</sup>	0,381 $\pm$ 0,063	1,45 $\pm$ 0,13	0,7 $\pm$ 0,05		

<sup>1</sup> tomadas al azar de 30 frutos.

Las semillas son lisas, comprimidas lateralmente café oscuras y brillosas, se cuantificaron en promedio: 116,8 por fruto, con una longitud de 14,5 mm y un peso de 0,3 g (Tabla 1); cuentan con un endospermo ruminado con placas de color café y un embrión pequeño, de aproximadamente 3 mm en semillas embebidas (Fig. 2).

Los frutos descritos fueron uniformes, aunque Morton (1987) y García (2006) afirman que pueden ser ovoides u obloides; el porcentaje de pulpa y el ancho de los frutos obtenidos es mayor que el referido por García (2006), las demás características coinciden con la literatura (León 2000, Pinto *et al.* 2005, García 2006).

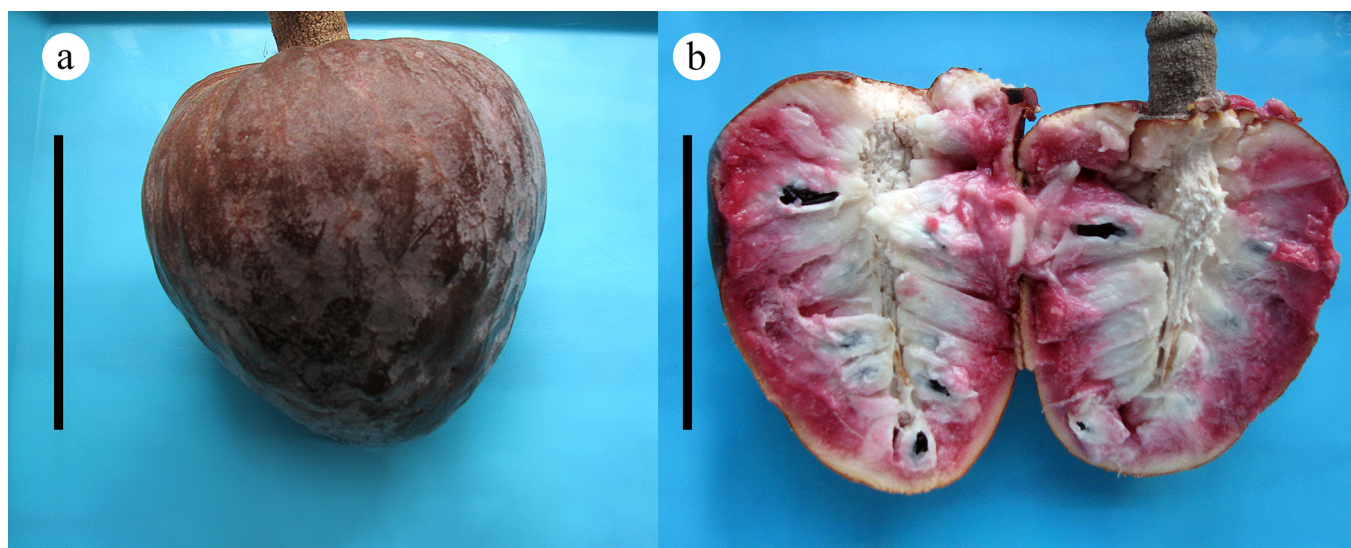
Los valores del número y largo de semillas obtenidos en este trabajo son mayores que los descritos por García (2006) y Pontes *et al.* (2018), prácticamente el doble para ambas variables, dichos autores reportan 52,8 semillas por fruto, de 6,9 mm de largo; García (2006) especifica 20,7 g como peso de semilla total.

El endospermo ruminado y el embrión basal pequeño (de 1/4) son característicos del género *Annona* (Niembro 1988, Svoma 1998). El tejido ruminado es resultado de pliegues formados por fibras de la mesotesta y endotesta, peculiar en la familia Annonaceae (Velázquez *et al.* 2016).

### Germinación

La germinación de *A. reticulata* se registró como criptocotilar epígea con cotiledones de reserva, similar a las anonáceas *Malmea depressa* (Baill.) R.E. Fr. (Ibarra-Manríquez *et al.* 2001), a *Monodora myristica* (Gaertn.) Dunal y a *M. tenuifolia* Benth (Ariwaodo 2019), pero diferente al de otras anonas como *Annona glabra* L. (Zamora-C *et al.* 2009) y *Rollinia sylvatica* (A. St.-Hil.) Martius (Mayer *et al.* 2008), quienes tienen una germinación fanerocotilar epígea con cotiledones foliáceos. Describir la morfología de las plántulas es importante porque explica procesos de sucesión ecológica, la identificación de juveniles ayuda a distinguir taxonómicamente a las especies y a diferenciarlas de los individuos adultos, además es un conocimiento que se puede aplicar durante el manejo de vivero (Matos Landim 2016).

En la primera etapa se observó la curvatura del hipocótilo, este fue el estadio en que se consideró una semilla germinada (Fig. 3a), en este tipo de germinación los cotiledones de reserva no emergen (de Voguel 1980). Posteriormente pasaron tres días para que el tallo se situara en una posición vertical. A los 40 dds emergieron sus eófilos alternos, simples, con limbo lanceolado, base cuneada, ápice largamente acuminado y nervaduras prominentes (Fig. 3b),



**Figura 1.** Aspectos del fruto de *Annona reticulata*. **a.** fruto entero, **b.** fruto diseccionado. Escala = 10 cm.

esta descripción coincide en forma con las hojas adultas (Lawrence 2000), esta secuencia fenológica es similar a la registradas en *M. myristica* y *M. tenuifolia* (Ariwaodo 2019).

A los 60 dds, las plántulas midieron 12 cm de longitud, se formaron dos eófilos de 5-6 cm de longitud y dos primordios foliares (Fig. 3b), posiblemente su tallo alcance los 35 cm en seis meses como lo describió Nadukeri *et al.* (2018) en la misma especie, en India. Los eófilos son las primeras láminas foliares desarrolladas en las plántulas, se consideran hojas verdaderas juveniles (Duke 1969), son más pequeñas que las adultas, en este caso llegan a medir entre 10-20 cm de largo (Morton 1987, Lawrence 2000). La cubierta seminal permaneció alrededor de 70 dds, posteriormente se suscitó su senescencia y abscisión.

Las semillas bajo el T2 y T3 iniciaron el proceso de germinación a partir del día 17 (26,6 y 16,6 %, respectivamente), los demás tratamientos el día 19 (Fig. 4). El máximo porcentaje de germinación (76,6 %) se logró hasta el día

31 por el T2 (escarificación mecánica); en los tratamientos asociados al ácido giberélico no mejoraron sustancialmente la velocidad de germinación ni el porcentaje. El T3 (remojo en ácido giberélico a 100 mg L<sup>-1</sup> por 3 h) concluyó su germinación a los 29 días, pero resultando baja (56,6 %). El tratamiento combinado (T6: escarificación + AG<sub>3</sub>) sólo alcanzó el 66,6 % y la última semilla germinada se registró hasta el día 37. Resultados análogos en cuanto a la velocidad de germinación los registraron Meza y Bautista (2004), quienes realizaron un trabajo con semillas de guanábana (*A. muricata*), donde el inicio del proceso fue a los 16 días; las semillas de *A. muricata* pueden terminar su proceso de germinación hasta los 71 dds, tiempo registrado después de un remojo en agua fría por 96 horas (Joseph-Adekunle 2014).

El mínimo de germinación fue del 40 % que ocurrió en el T5 (remojo en ácido giberélico a 200 mg L<sup>-1</sup> por 3 h), el testigo tuvo una germinación de 43,3 % (Tabla 2), este valor fue mayor que el registrado por Cartagena y Barreto



**Figura 2.** Semillas de *Annona reticulata*. Izquierda en corte mediano, mostrando endospermo ruminado (Er) y embrión (E), semilla embebida en agua por 48 h; derecha semilla completa, se observa la cubierta seminal y el micrópilo en la parte basal (M). Escala = 10 mm.

**Tabla 2.** Porcentaje de germinación y Tasa de germinación de semillas de *Annona reticulata* con diferentes tratamientos pregerminativos. T1: Testigo, T2: Escarificación mecánica con tijera de podar. T3: Remojo en ácido giberélico (100 mg L<sup>-1</sup> por 3 h), T4: Remojo en ácido giberélico (100 mg L<sup>-1</sup> por 6 h), T5: remojo en ácido giberélico a 200 mg L<sup>-1</sup> por 3 h, T6: Escarificación mecánica + remojo en ácido giberélico (100 mg L<sup>-1</sup> por 24 h).

Tratamiento	Porcentaje de germinación (PG)	Tasa de germinación (TG)
T1	43,3 bc	1,8 ab
T2	76,6 a	3,5 a
T3	56,6 abc	2,7 ab
T4	53,3 abc	2,2 ab
T5	40,0 c	1,6 b
T6	66,6 ab	2,8 ab
Media	56,0	2,44
CV (%)	27,6	38,6
DMS	17,8	1,8

CV = Coeficiente de variación. DMS = Diferencia Mínima Significativa. Medias seguidas por letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

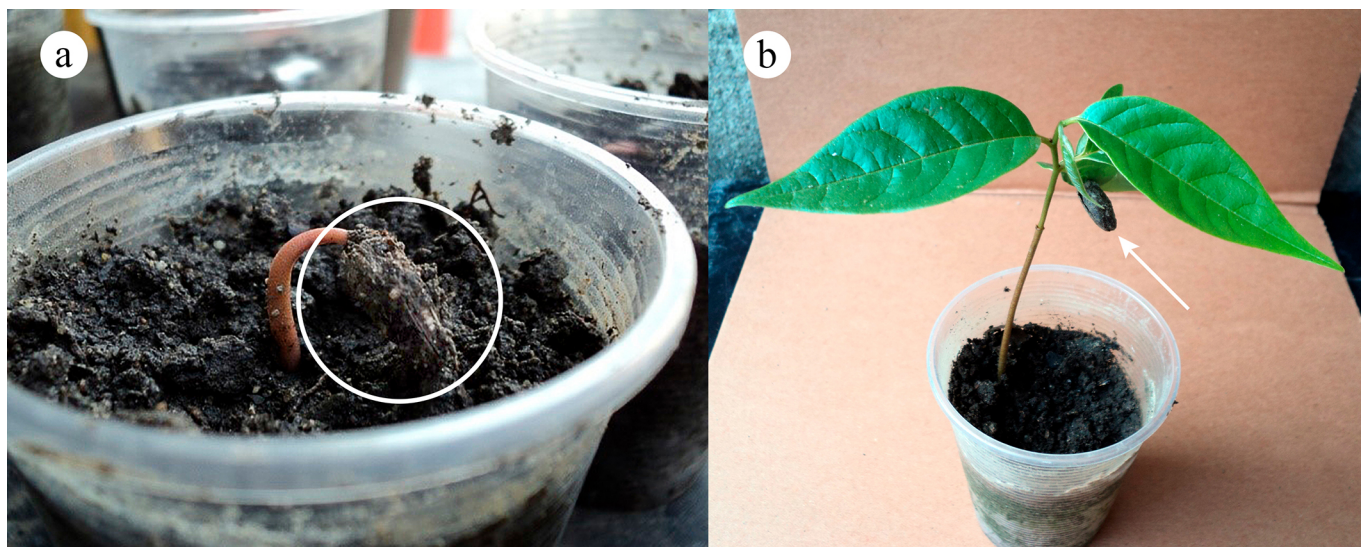
(1998), quienes obtuvieron 32,9 % con semillas sin tratamiento de la misma especie provenientes de Colombia.

El ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) a la concentración y tiempos de remojo no fue eficiente para promover una germinación alta en esta especie (Fig. 4); el porcentaje de germinación en

el tratamiento T5 fue menor incluso que el testigo (Tabla 2). El efecto del ácido giberélico sobre la germinación de *A. reticulata* fue similar al obtenido por Stenzel *et al.* (2003), quienes aplicaron una dosis de 100 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> en semillas de *A. squamosa*, resultando un 44 % de germinación. Braga *et al.* (2010), aplicaron dosis de 100 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> en semillas de *A. cherimola* x *A. squamosa*, obteniendo un 60 % de germinación es decir un 16,6 % menos que el porcentaje obtenido en este trabajo por el T2.

Cabe resaltar que dentro del género *Annona*, salvo el estudio de Singh y Maheswari (2018) quienes lograron un 100 % de germinación aplicando AG<sub>3</sub> 500 mg L<sup>-1</sup> por 24 horas en *A. muricata*, las semillas de Annonaceae raras veces alcanzan la total germinación aun con tratamientos pregerminativos: en *A. reticulata*, Sneha (2016) obtuvo un 83,3 % utilizando escarificación con ácido sulfúrico concentrado y 70,6 % con semillas remojadas durante 24 hs en AG<sub>3</sub> (Khot *et al.* 2019). Otros autores han registrado valores máximos de 95,83 % para *A. muricata* con escarificación mecánica (Campos *et al.* 2008), 85,5 % en *A. cherimola* x *A. squamosa* utilizando concentraciones de 778 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>, (de Oliveira *et al.* 2010) y 77 % en semillas de *A. squamosa* usando 250 mg L<sup>-1</sup> i.a. de AG<sub>3</sub> (Ferreira *et al.* 2019). Da Silva *et al.* (2007), promovieron la germinación de *A. crassiflora* Mart. en un 43 % con la aplicación de 500 µM de AG<sub>3</sub>.

El ácido giberélico es una fitohormona conocida por interrumpir el reposo en algunas especies de semillas mediante la síntesis de enzimas. Estas enzimas, incluyendo a



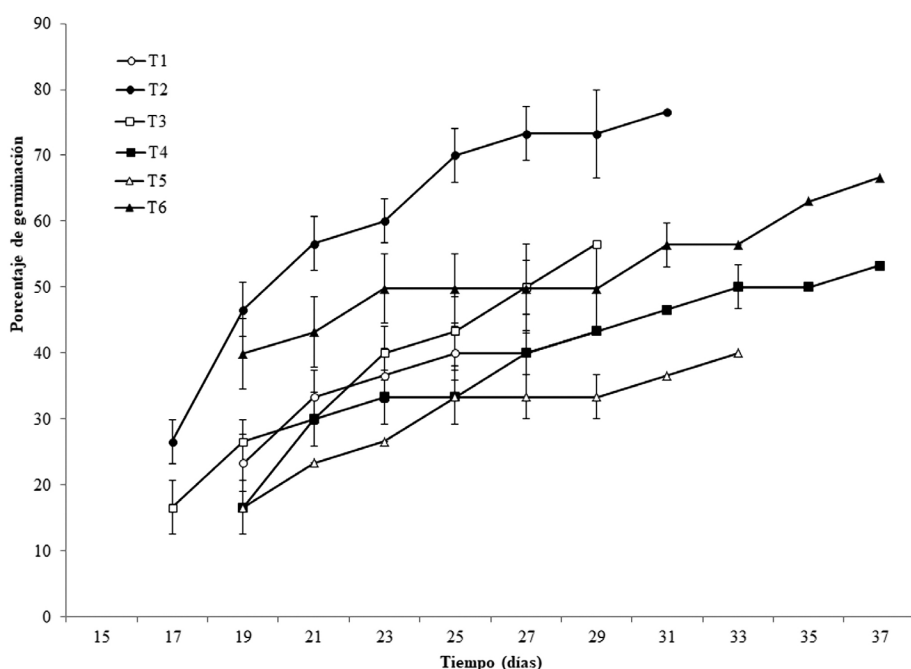
**Figura 3.** Aspectos de la germinación de *Annona reticulata*: **a.** Semilla recién germinada (17 dds), mostrando el hipocótilo y la cubierta seminal (círculo); **b.** plántula de *Annona reticulata* de 60 días con un par de eófilos bien desarrollados. La flecha señala la cubierta seminal.

amilasas, proteasas y lipasas, descomponen rápidamente las paredes celulares del endospermo e hidrolizan los almidones y las proteínas, liberando así las sustancias y la energía necesaria para la germinación, aunque el efecto de las giberelinas es distinto en cada especie, porque depende de la concentración, exposición y sensibilidad a la fitohormona (Azcón-B y Talón 2008, Mendes et al. 2019). Según Khot et al. (2019), aparte del remojo de las semillas en ácido giberélico ( $250 \text{ mg L}^{-1}$ ) por 24 horas y usando un sustrato de suelo + FYM (mezcla de suelo y estiércol), facilitaron la germinación de *A. reticulata*, combinando la fitohormona con el suelo, mejorando en su estudio la disponibilidad de agua suficiente para ablandar la cubierta seminal.

La escarificación mecánica cumple la función de eliminar la barrera física que pudiera ofrecer una cubierta seminal dura o cerosa, lo que involucra hacer a la semilla más permeable al agua y a los gases (Coelho et al. 2010), en el caso de las Annonaceae, la mesotesta de las semillas tiene células de paredes radiales engrosadas y lignificadas (Svoma 1998), razón por la cual, en este trabajo la escarificación mecánica fue un tratamiento adecuado para esta especie o la aplicación de ácido sulfúrico en el estudio de Sneha (2016) en África; al respecto, Ferreira et al. (2019) afirman que la lenta imbibición pudiera evitar una germinación homogénea. Según Baskin y Baskin (2004), cuando una semilla escarificada germina, se trata de una dormancia física no profunda.

El mayor porcentaje y la tasa de germinación están asociados para definir cuando una semilla podría tener la capacidad de producir una plántula normal (Barboza y Herrera 1990, Still 1999), el T2 fue el que presentó mayor TG (3,5) encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos ( $P \leq 0,05$ ) (Tabla 2), por lo tanto la germinación diaria (TG) y el porcentaje de germinación son estimadores de un buen desempeño de la semilla (Marcos-F 2005). Comparando con otras especies de Annonaceae y variables similares como índice de vigor de las semillas e índice de velocidad de germinación, Najorda y Rosales (2019) consiguieron en el testigo dos semillas germinadas por día cuando el porcentaje de germinación fue de 78 %; Braga et al. (2010) obtuvieron valores entre 2,88-5,21 para *A. cherimola* x *A. squamosa* en tratamientos con diferentes fitohormonas (giberelinas, purinas y ácido indolbutírico) en diversas concentraciones y Campos et al. (2008) calcularon valores de 10,23-13,37 con un porcentaje de germinación del 95-95,8 % trabajando con *A. muricata*.

Es importante señalar que *A. reticulata* es de las especies de anonas comestibles menos domesticada, aunque los valores de las diferentes variables fueron similares a otras especies como *A. emarginata* 26-70,5 % (Corsato et al. 2012) y entre 20-40 % de germinación en *A. deceptrix* (Pico-Mendoza et al. 2020). Estudios posteriores deben enfocarse en revisar otros tratamientos pregerminativos para estimular la maduración del embrión. Da Silva et al.



**Figura 4.** Promedios y EE del porcentaje de germinación acumulado en función del tiempo de semillas de *Annona reticulata* en diferentes tratamientos T1= testigo; T2= escarificación mecánica con tijera; T3= remojo en ácido giberélico a  $100 \text{ mg L}^{-1}$  por 3 h; T4= remojo en ácido giberélico a  $100 \text{ mg L}^{-1}$  por 6 h; T5= remojo en ácido giberélico a  $200 \text{ mg L}^{-1}$  por 3 h; T6= escarificación mecánica con tijera + remojo en ácido giberélico ( $100 \text{ mg L}^{-1}$  por 24 h). Las líneas se truncan al alcanzar su máximo valor.

(2007) realizaron estudios con *A. crassifolia* y la clasificación por tener una dormancia morfo-fisiológica superficial. A pesar de que las semillas se mantuvieron por seis días en ácido giberélico se promovió una germinación máxima del 43 %, aún menor a lo registrado en este trabajo para *A. reticulata*. Cabe resaltar que en observaciones directas, algunas semillas examinadas carecían de embrión, debido posiblemente a fallas en la polinización como afirman Lobo *et al.* (2007) en Annonaceae, lo que pudiera explicar también que aunque se aplica el tratamiento de escarificación, varias semillas fueron vanas.

Se puede deducir que aún se requieren varios estudios sobre la especie, el tratamiento de escarificación mecánica en las semillas de *A. reticulata* puede ser el ideal para promover un alto porcentaje de germinación y en consecuencia se pueden establecer programas de propagación para su conservación y aprovechamiento intensivo en huertos familiares como se viene realizando como frutal o como sostén para especies trepadoras útiles, ya que el árbol por su arquitectura facilita este mecanismo, aparte tiene bajo índice de hojas que permite el crecimiento de otras plantas epífitas o trepadoras (Chávez-S *et al.* 2002, Rebollar *et al.* 2008, Vargas-S *et al.* 2010).

## PARTICIPACIÓN DE AUTORES

GVS concepción de la investigación, recolección, fotografías, análisis e interpretación de los resultados y redacción del manuscrito; DLM recolección, toma de datos y conformidad con la redacción del manuscrito; RP diseño, análisis de los resultados y conformidad con la redacción del manuscrito.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses

## LITERATURA CITADA

Ariwaodo JO. 2019. Systematic evaluation of seed germination and early seedling development of *Monodora myristica* (Gaertn) Dunal and *M. tenuifolia* Benth (Annonaceae). *J. Res. For. Wildlife Env.* 11(3): 180-184.

Azcón-B J, Talón M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Madrid: Interamericana.

Barboza R, Herrera J. 1990. El vigor en la semilla de café y su relación con la temperatura de secado, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento. *Agron. Costarric.* 14(1):1-8.

Baskin JM, Baskin CC. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Sci. Res.* 14(1):1-16. doi: <https://doi.org/10.1079/SSR2003150>

Braga JF, Ferreira G, Pinho SD, Braga LF, Sousa MP. 2010. Germination of atemoya (*Annona cherimola* Mill. x *A. squamosa* L.) CV. Gefner seeds subjected to treatments with plant growth regulators. *I.J.S.N.* 1(2): 120-126.

Campos CMC, Marques FJ, de Lima AG, de Mendonça RMM. 2008. Crescimento de porta-enxerto de graviroleira (*Annona muricata* L.) em substratos contendo doses de rejeitos de caulim. *Rev. Biol. Cienc. Terra.* 8(1):61-66.

Cartagena VJR, Barreto JDO. 1998. Efecto del ácido giberélico y el método de siembra en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de anona colorada (*Annona reticulata* L.). *Rev. Fac. Nat. Agr.* 51(2):235-244.

Castañeda-Garzón SL, Ligarreto MGA, Miranda-L D. 2016. Morphological evaluation of an *in situ* collection of species from the Annonaceae family in Colombia. *Agron. Colomb.* 34(2):131-140. doi: <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n2.54527>

Chauhan N, Singh A, Singhal D, Johri S. 2019. Characterisation of copper oxide nano particles using *Annona reticulata* extract and their antioxidant and photocatalytic activities. *Int. J. Chem. Pharm. Sci.* 10(1): 14-19.

Chávez-S JL, Arias-Reyes LM, Jarvis DI, Tuxil J, Lope-A D, Eyzaguirre C. 2002. Manejo de la diversidad cultivada en los agroecosistemas tradicionales. Roma: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI).

Coelho MFB, Maia SSS, de Oliveira AK, Diógenes FEP. 2010. Superação da dormência tegumentar em sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart ex Tul. *Rev. Bras. Cienc. Agr.* 5(1):74-79. doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119012589012>

Corsato JM, Ferreira G, Barbedo CJ. 2012. Desiccation tolerance in seeds of *Annona emarginata* (Schldtl.) H. Rainer and action of plant growth regulators on germination. *Braz. J. Plant Physiol.* 24(4): 253-260. doi: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202012000400004>

Da Silva EAA, de Melo DLB, Davide AC, de Bode N, Abreu GB, Faria JMR, Hilhorst, HWM. 2007. Germination ecophysiology of *Annona crassiflora* seeds. *Ann. Bot. London* 99(5):823-830. doi: <https://doi.10.1093/aob/mcm016>

De Oliveira MCD, Ferreira G, Guimarães VF, Dias GB. 2010. Germinação de sementes de atemoia (*Annona cherimola* Mill. x *A. squamosa* L.) cv 'Gefner' submetidas a tratamentos com ácido Giberélico (GA<sub>3</sub>) e ethephon. *Rev. Bras. Frutic.* 32(2): 544-554. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000062>

De Voguel EF. 1980. Seedlings of dicotyledons. Structure, development, types. Descriptions of 150 woody Malesian taxa. Wageningen, The Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation.



- Duke JA. 1969. On tropical seeds, seedlings, systems and systematics. *Ann Mo Bot Gard.* 56(2):125-161. doi: <https://doi.org/10.2307/2394836>
- Escobedo-López D, Campos-Rojas E, Rodríguez-Núñez R, Alia-Tejaca I, Núñez-Colín CA. 2018. Priority areas to collect germplasm of *Annona* (Annonaceae) in Mexico base on diversity and species richness indices. *Genet. Resour. Crop. Evol.* doi: <https://doi.org/10.1007/s10722-018-0718-2>
- Ferreira G, De-La-Cruz-Chacón I, Boaro CSF, Baron D, Lemos EEPD. 2019. Propagation of Annonaceous plants. *Rev. Bras. Frutic.* 41(1):1-14. doi: <https://doi.org/10.1590/0100-29452019500>
- García BSE. 2006. Caracterización agromorfológica de frutos de cuatro especies de *Annona* en los Departamentos de Santa rosa y Jutiapa. [Tesis]. [Guatemala]: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hoyos JF. 1994. Frutales en Venezuela. Caracas: Sociedad de Ciencias Naturales. Editorial La Salle.
- Ibarra-Manríquez G, Martínez Ramos M, Oyama K. 2001. Seedlings functional types in a lowland rain forest in Mexico. *Am. J. Bot.* 88(10):1801-1812. doi: <https://doi.org/10.2307/3558356>
- Jayaprakash A. 2017. Phytochemicals, antimicrobial and antioxidant properties of *Annona reticulata* Linn. *JAIR.* 6(6): 90-95.
- Joseph-Adekunle TT. 2014. Influence of seed treatments on germination and seedling growth of Soursop-*Annona muricata*. *J. Biol. Agric. Hlthc.* 4(21):1-6.
- Khot AA, Kulkarni MM, Nirmal OA, Jadhav RA. 2019. Effect of different potting media on success of Bullock's heart (*Annona reticulata* L.). *Int. J. Chem. Stud.* 7(3): 4265-4266.
- Lawrence MK. 2000. Annonaceae. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. p. 1-5.
- León J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. San José: Editorial Agroamérica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Lobo M, Cartagena JR, Fernández E, Medina CI. 2007. Categorization of germination and dormancy of cherimoya (*Annona cherimola* L.) and soursop (*Annona muricata* L.) seeds as a support for germplasm conservation programs. *Agron. Colomb.* 25(2): 231-244.
- Maguire JD. 1962. Speed of germination - Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2(2):176-177. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X00020020033X>
- Marcos FJ. 2005. Fisiología de semillas de plantas cultivadas. Piracicaba: Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz.
- Matos IS, Landim MF. 2016. Ecología morfofuncional de plántulas de 15 espécies da Floresta Atlântica Sergipana. *Sci. Plena* 12(9): 1-15. doi: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2016.091003>
- Mayer JLS, Alves ACA, Souza LAD, Bona C. 2008. Morfoanatomía da plântula e tirodendro de *Rollinia sylvatica* (A. St.-Hil.) Mart. (Annonaceae). *Braz. J. Bot.* 31(4): 689-700. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042008000400014>
- Mendes RG, Bonetti da Silva LL, Filho GJ, de Menezes DP, de Santi SL, Rezende AS, Menezes QLH, Silva AFP. 2019. Germinação e vigor de sementes de Araticum-Cagão influenciados por GA<sub>3</sub> em diferentes substratos. *Braz. J. Anim. Env. Res.* 2(1): 632-645.
- Meza N, Bautista D. 2004. Efecto de remojo y escarificación sobre la germinación de semillas y emergencia de plántulas en guanábana. *Agr. Trop.* 54(3): 331-342.
- Morales de LJC, Bourges RH, Camacho PME. 2016. Tablas de Composición de Alimentos y Productos Alimenticios Mexicanos (Versión Condensada 2015). Ciudad de México: Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.
- Morton FJ. 1987. Fruits of warm climates. Miami: Julia F. Morton.
- Nadukeri S, Thanuja PC, Kolakar S, Hanumanthappa M, Kumar R. 2018. Effect of pre-sowing treatments on seed germination and seedling growth of *Annona reticulata* L. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 7(3S):457-460.
- Najorda DJA, Rosales RJG. 2019. Priming Methods: Alternative Strategy to Improve Seed and Seedling Performance of Soursop (*Annona muricata*). *AJAHR.* 4(2): 1-7. doi: <https://doi.org/10.9734/ajahr/2019/v4i230014>
- Ngbolua KN, Inkoto CL, Bongo GN, Mokel LE, Lufuluabo LG, Ashande CM, Tshibangu DST, Tshilanda DD, Mpiana PT. 2018. Phytochemistry and Bioactivity of *Annona reticulata* L. (Annonaceae): A Mini-review. *S Asian Res. J. Nat. Prod.* 1(1): 1-11.
- Niembro RA. 1988. Semillas de árboles y arbustos. México: Editorial Limusa.
- Pico-Mendoza J, Pinoargote M, Madrid L, Flor J, Álava J, Sancán G, Carrasco B, Limongi R, Peña G, Quiroz K. 2020. Germination capacity of *Annona deceptrix* (Westra) H. Rainer (Annonaceae) an endemic and endangered species in Manabi, Ecuador. *Indian J. Agric. Res.* 54(3): 329-335.
- Pire R, Vargas-Simón G. 2019. Recurrent inconsistencies in publications that involve Maguire's germination rate formula. *For. Syst.* 28(1): 1-5. doi: <https://doi.org/10.5424/fs/2019281-14063>
- Pinto AC, Cordeiro MCR, de Andrade SRM, Ferreira FR, Filgueiras HAC, Alves RE, Kimpara DI. 2005. *Annona reticulata*, custard apple. En: Williams JT, Smith RW, Hughes A, Haq N, Clements CR, editores. *Annona species*. West Sussex: International Centre for Underutilized Crops, University of Southampton.
- Pontes da SM, Santiago EF, dos Santos NMA, de Mauro BFV. 2018. Caracterização morfológica usando dimensões lineares sobre os atributos biométricos em sementes de *Annona reticulata* (L.) Vell. (Annonaceae). *Cienc. Florest.* 28(2):696-707. doi: <https://doi.org/10.5902/1980509832070>
- Rana G, Lal RS, Deb P. 2020. Effect of various treatments on breaking seed dormancy and germination enhancement in Custard apple (*Annona reticulata* L.). Local cultivar. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 9(3): 787-789.
- Rebollar DS, Santos JVJ, Tapia TNA, Pérez OCP. 2008. Hueritos familiares, una experiencia en Chanchah, Veracruz. *Polibot.* 25:135-154.

- Romero-S KJ, Cetzal-I W. 2015. Las especies del género *Annona* (Annonaceae) cultivadas de la Península de Yucatán, México. Desde el Herbario CICY. 7:147-153.
- Singh SJ, Maheswari TU. 2017. Influence of pre-sowing seed treatments on the performance of soursop (*Annona muricata* L.) seedlings. *Plant Arch.* 17(2):1215-1218.
- Sneha C. 2016. Effect of pre-treatment on germination of *Annona reticulata* seeds. *J. Funct. Res. Sir Syed Coll.* 670142: 52-55.
- Statistix8.0.2005. Analytical software version 8.0®. Tallahassee, FL.
- Stenzel NMC, Murata IM, Neves CSVJ. 2003. Superação da dormência em sementes de atemoia e fruta-do-conde. *Rev. Bras. Frut.* 25(2):305-308. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000200031>
- Still DW. 1999. The development of seed quality in Brassicas. *Hortic. Tech.* 9(3):335-340. doi: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.9.3.335>
- Svoma E. 1998. Seed morphology and anatomy in some Annonaceae. *Plant Syst. Evol.* 209(3-4):177-204. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00985228>
- Van der Wal H, Viveros SJJ, Pérez RI, Vargas DM, Poot PWS. 2019. Diversidad en huertos familiares. Usos tradicionales y convencionales. En: *La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado. Vol. 1.* México: Conabio. p. 185-191.
- Vargas-S G, de la Cruz AA, Gómez ZG. 2010. Growth and production of cassabanana (*Sicana odorifera* Vell. (Naudin) fruits. Preliminar report. Xalapa, The 51st Annual Meeting of the Society for Economic Botany.
- Vargas-S G. 2019. Frutales subexplotados. En: *La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado. Vol 1.* México: Conabio. p. 211-218.
- Velázquez TLC, Andrés-Hernández AR, Figueroa-Castro DM, Villanueva AC. 2016. Anatomy of the reproductive structures of *Stenanona flagelliflora* (Annonaceae). *Braz. J. Bot.* 39(2): 679-687. doi: <https://doi.org/10.1007/s40415-016-0252-4>
- Vidal-L E, Sáenz PGA, Curiel RA, Segura LSD, Cuevas SJA, Campos RE. 2015. Propagación sexual de cinco especies de anonáceas. Una breve revisión. En: Vidal-L E, Vidal MNA, Vidal HL (Comp.). 2015. Anonáceas. Plantas antiguas. Estudios recientes. Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo. p. 73-121.
- Zamora-Cornelio LF, Ochoa-Gaona S, Vargas Simón G, Castellanos Albores J, de Jong BHJ. 2009. Germinación de semillas y clave para la identificación de plántulas de seis especies arbóreas nativas de humedales del sureste de México. *Rev. Biol. Trop.* 58(2): 717-732. doi: <https://10.15517/RBT.V58I2.5241>