

Artículo Original

Efecto del tamaño y el tiempo de conservación en la calidad de la semilla de papaya (*carica papaya* L.)

Effect of the size and the time of conservation in the quality of the papaya (*carica papaya* L.) seed

Ing. Iramis Vargas Díaz. Especialista Gestión de la Calidad. Unidad Empresarial de Base Granma. Empresa Productora y Comercializadora Semillas. Ministerio de la Agricultura. Cuba.

ivd9791@nauta.cu; iramisvargas@gmail.com. 

Dr.C. Sergio Rodríguez Rodríguez. Profesor Titular. Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Granma. Bayamo, Granma,

Cuba. srodriguezr@udg.co.cu; sfrodriquez1964@gmail.com. 

Ing. Pastora Verdecia Pompa. Investigadora auxiliar. Estación Experimental Jucaibama, Instituto de Investigación Agropecuaria Jorge Dimitrov. Granma. Cuba. pverdecia56@nauta.cu. 

Recibido: 4 de febrero 2021 | **Aceptado:** 12 de junio 2021

Resumen

La calidad de la semilla es un elemento determinante para lograr altos porcentajes de germinación y vigor de la semilla, la cual está influenciada como en el caso de la papaya por el tamaño y el tiempo de conservación. Con el objetivo de evaluar el efecto del tamaño de la semilla de papaya en la calidad de la misma y su influencia a través del tiempo de almacenamiento bajo condiciones de conservación se realizó esta investigación con semillas de frutos procedentes de una plantación comercial en la Estación Experimental de Jucaibama del Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov. El experimento se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Semillas de la Unidad Estatal de Base Semillas ambas ubicadas en el municipio Bayamo, provincia de Granma. Se montaron 6 tratamientos T₁ (inferior a 3.0 mm); T₂ (3 mm); T₃ (3.25 mm); T₄ (3.50 mm); T₅ (3.75 mm) y T₆ (superior a los 4.0 mm), al cual se les evaluó la calidad física y sanitaria por el método visual, y la calidad fisiológica a través de las variables vigor, germinación, afectación por microorganismos nocivos, tiempo de germinación e índice de sincronización a los 0; 120; 240 y 360 días de producidas las semillas. Los resultados mostraron diferencias significativas para todas las variables estudiadas entre las semillas con

Calidad de la semilla de papaya

calibres inferiores a los tres milímetros con el resto de los tratamientos, excepto para la incidencia de los organismos nocivos al cual les fue indiferente el tamaño de la semilla.

Palabras claves: *carica papaya*; latencia; germinación; vigor; calidad.

Abstract

The seed quality is a determining element to achieve high percentages of germination and seed vigor, which is influenced, as in the case of papaya, by size and conservation time. In order to evaluate the papaya seed size effect on its quality; and its influence through the storage time under conservation conditions, an investigation was carried out with fruit seeds from a commercial plantation at the Jucaibama Experimental Station of the Jorge Dimitrov Agricultural Research Institute. The experiment was carried out in the Laboratory of Trial of Seeds of the State Unit Base of Seeds, both located in the Bayamo municipality, Granma province, Cuba. Were prepared 6, T₁ treatments (less than 3.0 mm); T₂ (3.0 mm); T₃ (3.25 mm); T₄ (3.50 mm); T₅ (3.75 mm) and T₆ (greater than 4.0 mm), to which the physical and sanitary quality were evaluated by the visual method, and the physiological quality through the variables Vigor, germination, affectation by harmful microorganisms, time of germination and synchronization index at 0; 120; 240 and 360 days after produced seed, where the results showed significant differences for all the variables studied between the seeds with calibers lower than three millimeters with the rest of the treatments, except for the incidence of harmful organisms to which the seed size was indifferent.

Keywords: *carica papaya*; latency; germination; vigor; quality.

Introducción

De los seis géneros que integran la familia Caricaceae, la Fruta bomba (*Carica papaya* L.) es el de mayor importancia económica; siendo una de las frutas tropicales más importantes por su valor nutritivo y por considerarse como un mejorador de la digestión, así como también por el empleo de la papainasa en la industria farmacéutica Ramos, Hernández y Ramos (2018).

Es por ello, que mantener una producción estable de semillas no solo garantiza seguridad desde el punto de vista alimentario; sino, que también influye en la garantía de materias primas para otras ramas de la economía donde todas las propiedades o características de la semilla parten de la calidad fisiológica, determinando el establecimiento del cultivo, el nivel potencial y conducta de las semillas, incluyendo además los aspectos genéticos, físicos y sanitarios

(Velázquez, 2014). La cuantificación precisa de germinación y de los factores que influyen en el logro de una planta normal, los cuales son herramientas importantes para determinar el desempeño de un lote de la semilla.

El conocimiento de la fisiología de la semilla y la tecnología han provisto herramientas valiosas para la producción de semillas con alta calidad, sin embargo, durante la producción, os referidos componentes de calidad pueden ser afectados generalmente de forma adversa en el proceso de beneficio, almacenamiento y transporte de las semillas (Webster, Waterworth, Stuppy, West, Ennos y Bray (2016). De esta manera, se impone ejecutar un sistema de gestión y control de la calidad con la finalidad de cumplir con los patrones de germinación y vigor. Aportándole mayor relevancia aún, el incremento de su valor y la globalización que ha experimentado el mercado de las semillas en los últimos años (Wall y Tripathi, 2014).

Partiendo del hecho, de que en la practica la principal forma de propagación de este cultivo está basada en la semilla botánica, por ser un método menos costoso y de fácil manejo, sin tomar en cuenta la heterogeneidad generada por la polinización cruzada (Rodríguez *et al.*, 2019); además, encontrando entre los factores determinantes en la producción y conservación de las semillas con calidad, la identidad genética, el manejo agrícola y el manejo durante el beneficio y conservación. El calibre de la semilla adquiere dentro de estos aspectos un importante papel, al presentar relación directa con las reservas nutricionales presentes en la misma (Amorim, Oliveira, Ferreira, Fontes, Lima y Ramos (2008). En la actualidad se han establecido parámetros que regulan la producción de la misma con el fin de tener una mejor garantía cualitativa en el proceso comercial, acordándose un calibre superior a los 4.0 mm de diámetro, para las semillas con destino a la exportación, y a 3.25 mm para el mercado nacional, reduciendo considerablemente la capacidad productiva, si se tiene en cuenta que aproximadamente de las semillas presentes en un fruto entre un 10 % y el 20 % tienen calibres entre 3.0 - 3.25 mm, y aproximadamente entre el 25 % y 40 % se encuentran por encima de los 4.00 mm. En tal sentido el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del tamaño de la semilla de fruta bomba en la calidad de la misma; y su efecto a través del tiempo de almacenamiento bajo condiciones de conservación.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Semillas de la Planta de Beneficio Manuel Espinosa Ramírez de la Unidad Empresarial de Base Semillas Granma, perteneciente a

Calidad de la semilla de papaya

la Empresa Productora y Comercializadora de Semillas, utilizándose semillas de papaya, cultivar 'Maradol Roja', colectadas en áreas de la Estación Experimental Jucaibama el Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov del municipio Bayamo, provincia Granma.

La muestra estuvo compuesta por 60 frutos escogidos al azar de plantas hermafroditas en un lote de producción comercial de aproximadamente 1 ha (2 222 plantas. ha⁻¹), que mostraban madurez comercial (dos rayas), de tamaño homogéneo (± 2.0 kg). Las semillas se extrajeron, fueron fermentadas y beneficiadas por la vía tradicional lográndose homogeneizar el lote y calibrar las mismas.

Se montaron seis tratamientos con las semillas calibradas a T₁ (inferior a 3.0 mm); T₂ (3.0 mm); T₃ (3.25 mm); T₄ (3.50 mm); T₅ (3.75 mm) y T₆ (superior a los 4.0 mm). El tratamiento seis se empleó como testigo.

La calidad física de la semilla se determinó de forma visual por el aspecto físico de las semillas; para la calidad sanitaria se determinó montando todos los tratamientos con el método "Entre Papel" (BP), evaluada también mediante la observación, comprobando la presencia de microflora sobre la semilla. Durante todo el ensayo de germinación; la calidad fisiológica se determinó por el porcentaje de germinación siete días después de la siembra (Vigor) y 28 días para la germinación final utilizando el método en arena (S). La semilla fue remojada por un término de 24 horas y colocando cuatro tratamientos al azar por cada bandeja de aluminio previamente desinfectadas a temperatura de 100°C; asumiendo la semilla como germinada cuando la radícula supera el milímetro de largo.

Se realizó la prueba de viabilidad a las semillas sin germinar de la prueba de germinación montada por el método BP, con el fin de comprobar la actividad celular en la misma, se pusieron a imbibir en agua por un tiempo de 24 horas, una vez transcurrido el tiempo, se seccionó cada semilla en forma longitudinal dejando los cotiledones visibles, estos se colocaron en tubos de ensayos envueltos con papel aluminio agregando una solución de 2,3,5 -Trifenil Cloruro de Tetrazolio al 1 %, los tubos se colocaron en una incubadora a 35.0 ± 1.0 °C por un tiempo de dos horas.

La incubación se realizó en cámara germinadora PAUL POLIKEIT, modelo HALLE S.A, 80 % de humedad relativa, 40.0 ± 2.0 °C y luz natural. Las variables evaluadas fueron presencia de microorganismos nocivos, vigor y germinación (%), a los (0; 120; 240 y 360 días de conservación a 4-8 °C) según metodología (ISTA, 2007), así como el tiempo medio de

germinación (TMG), en días y la sincronía de la germinación (adimensional) o Índice de Sincronización (Z) utilizando las siguientes formulas:

$$TMG = \frac{\sum_{i=1}^k n_i * t_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

Dónde: TMG → Tiempo medio de germinación; n_i → número de semillas germinadas en cada uno de los días; t_i → número de días en que germinaron esas semillas; $\sum_{i=1}^k n_i$ → número total de semillas germinadas en todo el ensayo.

$$C_{ni,2} = \frac{n_i (n_i - 1)}{2} \rightarrow \left\{ \text{Solo se calcula para los días donde } n_i > 1 \right\}$$

$$N = \frac{\sum n_i \left(\sum n_i - 1 \right)}{2}$$

$$Z = \frac{\sum C_{ni,2}}{N}$$

Dónde: Z → Índice de Sincronización; n_i → número de semillas germinadas en cada uno de los días; $\sum_{i=1}^k n_i$ → número total de semillas germinadas en todo el ensayo.

El diseño experimental empleado fue completamente al azar con cuatro repeticiones. A cada variable medida se le comprobó estadísticamente la distribución normal de los datos por la prueba Kolmogorov-Smirnov ($p < 0.05$) y la prueba de Levene para la homogeneidad de las varianzas. Los datos obtenidos de la colonización de microorganismos, la germinación, el vigor y la viabilidad fueron transformados por la ecuación del arco-seno $[(\%/100) + 0.5]^{1/2}$, a fin de cumplir los supuestos de las varianzas homogéneas. Se realizó un análisis de varianza, y se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($p < 0.05$), con el empleo del paquete estadístico STATISTICA versión 8.0.

Análisis de los resultados

Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tamaños de semillas en los distintos momentos de evaluación para el vigor (Tabla 1). Las semillas evaluadas en el momento de la extracción (0 días) no tuvieron diferencia significativa para los tratamientos de semillas con calibres superiores a los 3.0 mm de diámetro, pero estas sí difirieron de las que presentaron calibres inferiores a estos, exponiendo los mejores valores de vigor las que presentaron calibres superiores a los 3.5 mm, incluso superiores al tratamiento testigo, manteniéndose de forma similar durante todo el tiempo de conservación en condiciones controladas, excepto para el calibre entre 3.0-3.25 mm el cual si mantuvo diferencia significativa con este último. Varios investigadores les atribuyen este comportamiento en primer lugar a la calidad en la nutrición del cultivo siendo un factor determinante en el nivel de sustancias de reservas presentes en las semillas y a la calidad del proceso de beneficio y conservación de la misma por la influencia de este en la ruptura de la latencia de la semilla Wang, Mo, Long, Fan, Wang y Wang (2016). Steinbrecher y Leubner (2018); debido a que la fermentación tradicional (sin utilizar catalizadores) no afecta la calidad fisiológica, pero retrasa la emergencia de la plántula y requiere mayor tiempo en el proceso de beneficio.

Calibres	0 días		120 días		240 días		360 días	
	Ā	± DE	Ā	± DE	Ā	± DE	Ā	± DE
<3.00 mm	54.6 ^b	± 4.1	38 ^c	± 3.8	23.1 ^c	± 4.2	14.3 ^c	± 6.4
3.00-3.25 mm	78.2 ^a	± 2.1	69.4 ^b	± 1.8	61.3 ^b	± 2.1	59.4 ^b	± 4.6
3.25-3.50 mm	82.1 ^a	± 1.8	73.3 ^{ab}	± 1.7	69.6 ^{ab}	± 2.6	62.4 ^{ab}	± 2.1
3.50-3.75 mm	84.1 ^a	± 1.9	76.2 ^{ab}	± 2.3	68.5 ^{ab}	± 2.1	62.6 ^{ab}	± 1.6
3.75-4.00 mm	83.4 ^a	± 1.6	81.2 ^a	± 1.8	74.5 ^a	± 2.3	69.3 ^a	± 2.3
>4.00 mm	82.8 ^a	± 1.3	78.5 ^{ab}	± 2.1	76.4 ^a	± 2.4	72.1 ^a	± 1.8

Tabla 1. Efecto del tamaño de la semilla en el vigor (%) durante diferentes tiempos de conservación (días). Valores con letras diferentes dentro de una misma columna difieren significativamente para p < 0.05 con el empleo de Tukey. Se muestran los valores de las medias y su desviación estándar (DE).

Los resultados demostraron que los tamaños de las semillas evaluadas mediante las pruebas de germinación (Tabla 2), presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$); durante todo el periodo de almacenamiento; no obstante, al evaluar la germinación solo difirió del testigo en el momento de extracción de las semillas y hasta los 120 días de conservación las que se encontraban con un calibre inferior a 3.0 mm, aunque el resultado más sobresaliente lo presentó el tratamiento con los calibres entre 3.75-4.00 mm en el momento de la extracción. A partir de los 120 días los mejores resultados los exhibe el testigo; corroborando la tesis planteada por Tomášková, Vítámvás yKorecký (2014). al explicar cómo la reserva lograda durante la etapa agrícola de las plantas es determinante en la longevidad de la semilla.

Calibres	0 días		120 días		240 días		360 días	
	\bar{X}	\pm DE	\bar{X}	\pm DE	\bar{X}	\pm DE	\bar{X}	\pm DE
<3.00 mm	66.6 ^b	\pm 4.1	53 ^b	\pm 3.8	41.1 ^c	\pm 4.2	26.3 ^c	\pm 6.4
3.00-3.25 mm	89.2 ^a	\pm 2.1	79.4 ^a	\pm 1.8	71.3 ^b	\pm 2.1	70.4 ^b	\pm 4.6
3.25-3.50 mm	91.1 ^a	\pm 1.8	83.3 ^a	\pm 1.7	78.6 ^{ab}	\pm 2.6	75.4 ^{ab}	\pm 2.1
3.50-3.75 mm	92.1 ^a	\pm 1.9	85.2 ^a	\pm 2.3	80.5 ^{ab}	\pm 2.1	74.1 ^{ab}	\pm 1.6
3.75-4.00 mm	95.4 ^a	\pm 1.6	86.2 ^a	\pm 1.8	84.2 ^a	\pm 2.3	77.3 ^{ab}	\pm 2.3
>4.00 mm	93.8 ^a	\pm 1.3	87.5 ^a	\pm 2.1	87.1 ^a	\pm 2.4	80.5 ^a	\pm 1.8

Tabla 2. Efecto del tamaño de la semilla en la germinación (%) durante diferentes tiempos de conservación (días). Valores con letras diferentes dentro de una misma columna difieren significativamente para $p < 0.05$ con el empleo de Tukey. Se muestran los valores de las medias y su desviación estándar (DE).

En cuanto a los resultados de la comparación múltiple de medias, se comprobó que el porcentaje más alto de germinación fue para todos aquellos tratamientos que superaron a la germinación mínima permisible (60 % para el mercado nacional) al inicio del ensayo, no manteniéndose de esta forma para el resto del ciclo investigativo al descender de forma drástica la germinación en las semillas de menor calibre (<3.00 mm), siendo el único tratamiento que no alcanza cumplir este requisito; y aunque presentaron diferencias significativas entre el resto de los tratamientos a los 240 y 360 días de conservación, todos superaron la estándares mínimos de germinación para este cultivo, en el cual las semillas calibradas a diámetros superiores a los 3.50 mm cumplen incluso con el requisito de

Calidad de la semilla de papaya

germinación mínima para la exportación según la Norma Ramal de la Agricultura 191:2011 citada por Ramos *et al.*, (2018) hasta los 240 días de conservación.

A pesar de contar con buenas condiciones de almacenamiento (temperaturas entre 4 - 8 °C y una humedad relativa inferior al 60 %) el deterioro aumentó en la medida que se incrementaba el período de almacenamiento, corroborándose de esta forma el declive de este parámetro a través del tiempo al cual está sometida la semilla durante la conservación (Romero, Mejía, Carballo, López, Rangel y Ávila (2013). FAO (2019). Por otro lado, la semilla sale del periodo de latencia durante el almacenamiento, lo cual concuerda con Tokuhisa, Fernández, Mantovani, Santos y David (2007). quienes señalan que un periodo de almacenamiento de semillas entre tres a seis meses, es suficiente para superar la latencia de la semilla de papaya.

Los resultados para el análisis de la presencia de microorganismos nocivos en las plántulas (Tabla 3), demostraron que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados y tampoco se nota un incremento durante el tiempo de almacenamiento; o sea que su comportamiento está regido por factores que intervienen en la reproducción de los microorganismos en la semilla tales como: método y calidad en el proceso de beneficio de la semilla y los tratamientos pre-germinativos a los cuales son sometidas, así como tiempo y condiciones de conservación, entre otros (Romero *et al.*,2013); por lo que se desestima la existencia de relación alguna de la aparición de microorganismos con el tamaño de la semilla.

Calibres	Tiempos de conservación			
	0 días	120 días	240 días	360 días
<3.00 mm	2.2 ^{ns}	2.3 ^{ns}	1.5 ^{ns}	1.2 ^{ns}
3.00-3.25 mm	2.1 ^{ns}	1.3 ^{ns}		2.1 ^{ns}
3.25-3.50 mm			2 ^{ns}	
3.50-3.75 mm	3.1 ^{ns}			
3.75-4.00 mm			2.1 ^{ns}	
>4.00 mm		1.1 ^{ns}		

Tabla 3. Efecto del tamaño de la semilla en la presencia de microorganismos durante diferentes tiempos de conservación. Nota: ns, no difieren significativamente para $p < 0.05$.

Los resultados logrados para la variable tiempo medio de germinación (TMG), entiéndase este último como el termino necesario para expresar la capacidad de respuesta de las semillas antes determinadas condiciones del medio (Tabla 4), mostró como disminuye sin diferencias significativas en la medida que aumenta el tamaño de la semilla y hasta los 120 días de conservación, a partir de ese momento se inicia un significativo y considerable ascenso en la medida que aumenta el tiempo de conservación, presentando diferencias significativas entre los tratamientos a los 360 días de conservación siendo los tratamiento con calibres inferiores a 3.25 mm los que presentaron los resultados más discretos.

En cuanto a la sincronía de la germinación también tiende a incrementarse significativamente con el incremento del tamaño de la semillas, que de forma general puede considerarse como una asincronía entre baja y media, y es indicativo de que predomina la no sincronía o la heterogeneidad de la germinación de las semillas a través del tiempo en este cultivo, la cual no se comporta similar al TMG, debido a que disminuye en la medida en que la semilla lleva más tiempo almacenada, sugiriendo que este descenso inicial del TMG responde en mayor medida a la perdida de la latencia de la semillas y la relación del vigor con la reservas presentes en las mismas y su consiguiente ascenso a partir de los 240 días al deterioro de la semilla durante el almacenamiento, por lo que de la relación de estos factores estará la respuesta del tiempo medio y la sincronía de la germinación Zulhisyam, ChuahTse, Ahmad, Azwanida, Shazani y Jamaludin, (2013)

Calibres	Tiempo Medio de la Germinación				Sincronía de la Germinación			
	0 días	120 días	240 días	360 días	0 días	120 días	240 días	360 días
<3.00 mm	7.42	7.22	8.02	12.82 ^b	0.192 ^c	0.152 ^c	0.112 ^c	0.062 ^c
3.00-3.25 mm	6.95	6.75	8.25	10.35 ^b	0.280 ^b	0.240 ^b	0.210 ^b	0.180 ^b
3.25-3.50 mm	6.71	6.51	7.91	9.41 ^a	0.297 ^b	0.257 ^{ab}	0.227 ^b	0.197 ^b
3.50-3.75 mm	6.52	6.32	7.92	9.22 ^a	0.315 ^{ab}	0.275 ^{ab}	0.245 ^{ab}	0.215 ^{ab}
3.75-4.00 mm	6.42	6.52	8.02	9.32 ^a	0.333 ^{ab}	0.293 ^a	0.263 ^{ab}	0.233 ^a
>4.00 mm	6.12	6.52	7.62	8.42 ^a	0.331 ^a	0.311 ^a	0.281 ^a	0.251 ^a

Tabla 4. Tiempo medio de germinación (días) y sincronía de la germinación para los diferentes calibres y días de conservación. Datos con letras diferentes en una columna difieren significativamente para $p < 0.05$.

Calidad de la semilla de papaya

Estos resultados corroboran que en el proceso germinativo para esta especie hay que tener en cuenta el tamaño de la semilla, así como el tiempo de producción y las condiciones de almacenamiento, los cuales influyen en el porcentaje, la velocidad y el tiempo de germinación de la misma. La Food and Agriculture Organization (FAO) (2019) refiere que los factores ambientales son determinantes en los resultados germinativos de las semillas, y menciona a la temperatura como el factor más importante, debido a que su efecto ocasiona cambios sobre el porcentaje, la velocidad y el tiempo de germinación.

La prueba de viabilidad (Tabla 5) mostró como el mayor por ciento de las semillas inviables o sin actividad celular, se concentraron en las que tenían calibres inferiores a los tres milímetros, difiriendo significativamente con el resto, igualmente, se encontró un promedio de 7.8 semillas en este tratamiento con defecto en el embrión o ausencia total del mismo durante todo el tiempo de ensayo, estos resultados difieren de los obtenidos por Romero *et al* (2013), a quienes, la prueba de viabilidad con Tetrazolio, resultó ineficaz, por la ausencia de tinción de los embriones en los tratamientos.

Calibres	Semillas inviables (%)			
	0 días	120 días	240 días	360 días
<3 mm	7.70 ^b	7.40 ^b	6.60 ^b	9.50 ^b
3.0-3.25 mm	1.00 ^a		1.00 ^a	0.50 ^a
3.25-3.50 mm	1.50 ^a		1.50 ^a	
3.50-3.75 mm	0.50 ^a	1.30 ^a		2.30 ^a
3.75-4.00 mm		0.60 ^a	0.20 ^a	0.50 ^a
>4.0 mm	0.50 ^a	0.90 ^a		0.80 ^a

Tabla 5. Promedio de semillas inviables para los diferentes calibres y días de conservación. Datos con letras diferentes en una columna difieren significativamente para $p < 0.05$.

Conclusiones

1. El tamaño de las semillas influye en aspectos tales como vigor, germinación, tiempo medio y la sincronía de germinación, principalmente en las semillas con calibres inferiores a los tres milímetros, pero les es indiferente al ataque de microorganismos nocivos.

2. La calidad de la semilla es afectada por el tiempo de conservación debido al deterioro de la semilla.

Referencias bibliográficas

Amorim, B. P., Oliveira, C. V., Ferreira, S. R., Fontes, A. E., Lima, T. J., & Ramos, O. M. (2008). Qualidade fisiológica de semente de mamão em função da secagem e do armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*. 30(1):40-48.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). *Materiales para capacitación en semillas*. Módulo 6: Almacenamiento de semillas. Roma, p. 15-20.

International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing Edition (2007). *Basserdorf, CH-Switzerland: International Seed Testing Association (ISTA)*; 2007. 243 p.

Ramos, R., Hernández, V., & Ramos, J. 2018. *Tecnología para la producción y beneficio de semillas de la papaya (Carica papaya L)*. Empresa de Semillas, MINAG, ACTAF. La Habana. Editora Agroecológica. p. 2-35.

Rodríguez, S., Vargas, I., Hijuelo, A., Loumeto, F., Silva, J.J., Pérez, J. et al. (2019). *Analysis of the effect of scarification process on papaya (Carica papaya Lin.) seeds germination. Seed Dormancy and Germination Book*. IntechOpen. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.88012>

Romero, J. A., Mejía, J. A., Carballo, A., López, A., Rangel, J.A., & Ávila, C. (2013). Escarificación química de semilla de papaya. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(6):947-954.

StatSoft, Inc. (2007). *STATISTICA (Data Analysis Software System)*, version 8.0. www.statsoft.com.

Steinbrecher, T., & Leubner-Metzger, G. (2018). Tissue and cellular mechanics of seeds. *Current Opinion in Genetics & Development*, 51:1–10. <https://doi.org/10.1016/j.gde.2018.03.001>

Tokuhisa, D., Fernández, S. D., Mantovani, A. E., Santos, D. L., & David, M. L. (2007). Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. *Revista Brasileira de Sementes*. 29(1):131-139.

Tomášková, I., Vítámvás, J., & Korecký, J. (2014). Testing of germination of spruce, pine and larch seed after 10 years from collection - Short communication. *Journal of Forest Science*, 60(12):540–543.

Calidad de la semilla de papaya

- Velázquez, H. (2014). *Estudio fisiológico en familias prolíficas de un lote de producción de semilla de la variedad de maíz Jaguan*. Tesis de Maestría Profesional. Especialidad en Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 55 p. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7476/Vel%C3%A1zquez%20Rey%C3%A9s%20H%C3%A9ctor%20Hugo%20Tesis%20Maestr%C3%ADa.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Wall, M. M., & Tripathi, S. (2014) *Papaya nutritional analysis*. In: *Genetics and Genomics of Papaya*. R. Ming and P. H. Moore (eds.). Springer-Verlag. New York. pp:377-390.
- Wang, P., Mo, B., Long, Z., Fan, S., Wang, H., & Wang, L. (2016). Factors affecting seed germination and emergence of *Sophora davidii*. *Industrial Crops and Products*, 87:261–265.
- Webster, R., Waterworth, W., Stuppy, W., West, C., Ennos, R., Bray, C. (2016). Biomechanical, biochemical, and morphological mechanisms of heat shock-mediated germination in *Carica papaya* seed. *Journal of Experimental Botany*, 67:6373-6384.
- Zulhisyam, A.K., ChuahTse, S., Ahmad, A.I., Azwanida, N., Shazani, S., & Jamaludin, M.H. (2013). Effect of storage temperature and seed moisture contents on papaya (*Carica papaya* L.) seed viability and germination. *Journal Sustainability Science Management*, 8(1): 87-92.