

Escarificación química de semilla de papaya*

Chemical scarification of papaya seed

Jorge Arturo Romero Rodríguez¹, José Apolinar Mejía Contreras^{1§}, Aquiles Carballo Carballo¹, Alfredo López Jiménez², José Antonio Rangel Lucio³ y Catarino Ávila Reséndiz¹

¹Recursos Genéticos y Productividad. ²Fruticultura y Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados. Carretera México Texcoco, km 35.5. 56230 Montecillos Texcoco, Estado de México, México. (j_romero2@yahoo.com.mx; carballo@colpos.mx; lopezja@colpos.mx; cavire@colpos.mx). ³Instituto Tecnológico de Roque. Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8. A. P. 508. C. P. 38110. Tel. 01 461 61 17757. (arangen_l@yahoo.com). [§]Autor para correspondencia: mapolina@colpos.mx.

Resumen

La germinación tardía y errática de semilla de papaya es afectada por la presencia de la sarcotesta, membrana que contiene compuestos fenólicos inductores de latencia, misma que inhibe el intercambio de líquidos y gases, prolongar el período de secado y facilitar la colonización de fitopatógenos. Las técnicas utilizadas en el beneficio de semilla de papaya para eliminar la sarcotesta son limitadas, por tanto, el objetivo del presente estudio fue obtener tecnología útil en éste aspecto, para lo cual se comparó tratamientos a base de hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y clorhídrico, y evaluó su efecto en la calidad física, sanitaria y fisiológica de la semilla. La investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Estado de México, en 2011. El NaOH al 25% y 15 min de inmersión, eliminó 98% de sarcotesta, presentó sólo 2% de incidencia de micoflora, incremento y homogeneizó la germinación. El H₂SO₄ eliminó al 100% la sarcotesta, inhibió la colonización de hongos con sólo 6%, cuando se empleó en forma concentrada, pero afecto negativamente la germinación. El HCl fue ineficiente en eliminar la sarcotesta (9.6%), presentó la más alta colonización de hongos (97% de incidencia) y el menor porcentaje de germinación (7%). Los efectos positivos del uso de NaOH en el beneficio de semilla de papaya, simula la degradación natural de la sarcotesta y mejora la condición de la semilla por lo que resulta una alternativa viable para su empleo en el acondicionamiento de semilla.

Abstract

Late germinating and erratic seed from papaya is affected by the presence of sarcotesta, membrane containing phenolic compounds inducing latency same which inhibits the exchange of liquids and gases, prolongs the drying period and facilitates colonization of pathogens. The techniques used in benefit of the papaya seed to eliminate the sarcotesta are limited, therefore the aim of this study was to obtain useful technology in this aspect, which was compared to other treatments with sodium hydroxide, sulfuric acid and hydrochloric acid and assessed its effect on the physical, health and physiological quality of the seed. The research was conducted at the Seed Testing Laboratory of the Graduate College, *Campus* Montecillo, State of Mexico, in 2011. NaOH to 25% and 15 min of immersion, removed 98% of sarcotesta, presented just 2% of incidence of micoflora, an increased and homogenized germination. H₂SO₄ to 100% removed the sarcotesta, inhibited fungal colonization with only 6% when used in concentrated form, but negatively affected the germination. The HCl was ineffective in eliminating sarcotesta (9.6%) had the highest fungal colonization (97% incidence) and the lowest germination percentage (7%). The positive effects of the use of NaOH in the benefit of papaya seed, is that simulates natural degradation of sarcotesta and improves the condition of the seed, so it is a viable alternative for use in conditioning seed.

* Recibido: octubre de 2012
Aceptado: mayo de 2013

Palabras clave: *Carica papaya* L., sarcotesta, latencia, germinación, sanidad, vigor.

La papaya se propaga principalmente por semilla y el éxito de la producción depende, en gran medida, del manejo que se le dé durante el beneficio y germinación (Reboucas, 2000). El beneficio permite conservar o mejorar la condición física, proceso que varía según la especie y tipo de semilla.

La semilla de papaya se caracteriza por ser bitementada, pues el tegumento interno origina el tegmen y el externo a la testa, la cual es multiplicativa hasta con 60 capas y tres estratos distintivos: endotesta, mesotesta y exotesta (sarcotesta). Ésta última de consistencia semipermeable, humedad alta y concentra compuestos fenólicos que, en conjunto, inducen latencia (Kubitzki, 2003). Lo anterior, ocasiona la inhibición del intercambio de líquidos y gases, deshidratación tardía y colonización de microorganismos patógenos (Tokuhisa *et al.*, 2007).

Diversos métodos se han desarrollado para aumentar la germinación de la semilla de papaya (Constantino *et al.*, 2010) y en la mayoría de ellos resulta positivo el desprendimiento de la sarcotesta. Procedimientos empleados para escarificar la semilla de papaya, incluyen métodos físicos, biológicos y químicos (Schmidt *et al.*, 1993). Los dos primeros requieren mayor tiempo, son laboriosos e inadecuados para acondicionar grandes cantidades de semilla; mientras que el último aun demanda mayor investigación. Por lo anterior, la investigación tuvo como objetivo generar tecnología mediante el beneficio de la semilla de papaya con tratamientos químicos para eliminar la sarcotesta, sin afectar la calidad física, sanitaria y fisiológica de la misma.

El experimento se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Estado de México, en 2011 y se utilizó semilla de papaya 'Maradol', colectada en una parcela del municipio de Soledad de Doblado, Veracruz a 184 msnm (19° 04' 38.20" latitud norte y 96° 29' 39.06" longitud oeste). Se muestrearon 15 frutos al azar de un lote de producción comercial de aproximadamente 5 ha (2 222 plantas ha⁻¹), que mostraban más de 90% de madurez comercial, de tamaño homogéneo (± 2 kg) y obtenidos de plantas hermafroditas. La semilla se extrajo del fruto y se depuró de los restos de mesocarpio, placenta y semillas vanas. A la vez, se logró homogeneizar el lote de semilla; posteriormente se procedió a pesar la semilla en estado fresco.

Key words: *Carica papaya* L., sarcotesta, dormancy, germination, health, vigor.

The papaya is spread primarily by seed and its production success depends to a large extent, of the management that is given during the benefit and germination (Reboucas, 2000). The benefit allows maintaining or improving physical condition, process that varies according to species and type of seed.

Papaya seed is characterized by being bitemic, as the integument originates tegmen and the external to the testa, which is multiplicative up to 60 layers and three strata layers: endotesta, mesotesta and exotesta (sarcotesta). The exotesta has a Semipermeable consistency, high moisture and concentrates a phenolic compound which together induces latency (Kubitzki, 2003). Above, causes the inhibition of liquid and gas exchange, late dehydration and colonization of pathogenic microorganisms (Tokuhisa *et al.*, 2007).

Various methods have been developed to increase seed germination of papaya (Constantino *et al.*, 2010) and in most of them result positive to detachment of the sarcotesta. Procedures used to scarify the seeds of papaya, include physical, biological and chemical methods (Schmidt *et al.*, 1993). The first two require more time, are laborious and unsuitable to condition large quantities of seed, while the latter still demands further investigation. Therefore, this research objective was to generate technology through the benefit of papaya seed with chemical treatments to eliminate sarcotesta, without affecting the physical, health and physiological of the same.

The experiment was conducted at the Seed Testing Laboratory of the Graduate College, *Campus* Montecillo, State of Mexico, in 2011 and was used seed of papaya 'Maradol', collected in a plot of the municipality of Soledad de Doblado, Veracruz at 184 masl (19° 04' 38.20" N and 96° 29' 39.06" W). 15 fruits were sampled at random from a field of commercial production of approximately 5 ha (2 222 plants ha⁻¹), which showed over 90% of commercial maturity, uniform size (± 2 kg) and obtained from hermaphroditic plants. The seed of the fruit was extracted and purified from the remains of the mesocarp, placenta and empty seeds. At the same time, it was possible to homogenize the seed lot; afterwards proceeded to weight fresh seed.

Los tratamientos estuvieron compuestos por los reactivos H₂SO₄ al 95-98%, NaOH al 96% y HCl al 37.3%, concentraciones de 25, 50 y 100% v/v en el caso del H₂SO₄, mientras que para los otros reactivos fue de 10, 25 y 50% v/v y tiempo de inmersión de 5, 15 y 25 min., que originaron en total 27 tratamientos más un testigo. Se colocaron 230 g de semilla fresca por tratamiento en vasos de precipitado de cristal de 50 mL, con el reactivo correspondiente y se agitó. Inmediatamente después, se enjuagaron con agua corriente a presión por 1 min, extendieron sobre papel y expusieron a temperatura ambiente de laboratorio (26 ± 1 °C) para su deshidratación durante 7 d. El tratamiento testigo consistió en remojar en agua la semilla por 72 h y la fricción de la semilla entre la yema de los dedos, el secado fue el mismo.

La calidad física fue determinada por el porcentaje de semillas sin sarcotesta y aspecto físico de la semilla: grado de secado, coloración y daño externo a 7 d del tratamiento, en comparación al testigo. Dos repeticiones de 50 semillas por tratamiento se utilizaron. Mientras que la calidad fisiológica se determinó por el porcentaje de germinación con el método sobre papel, con dos repeticiones de 50 semillas cada una, distribuidas sobre doble capa de papel secante ("sanitas"), humedecido con agua destilada y colocada al interior de recipiente plástico transparente (14 x 22 x 5 cm). Previamente, a la semilla se aplicó un tratamiento desinfectante por 5 min, con una solución hecha al 1% de hipoclorito de sodio (NaOCl/ 5.25% i.a.). La incubación se hizo en cámara germinadora CLELAND, modelo 1000 FAATR-1500, 80% de humedad relativa, 30 ± 2 °C y luz continua. Los caracteres evaluados fueron porcentaje de germinación 30 d después de la siembra, con base al número de plántulas normales (ISTA, 1985).

A las semillas sin germinar resultantes de la prueba de germinación, se les realizó la prueba de viabilidad con Tetrazolio al 1% (cloruro 2, 3, 5, trifenil-2H, tetrazolio) con remojo por 17 h en oscuridad y a 24±2 °C, y que además permitió verificar la presencia del embrión en la semilla. El vigor de la semilla se estimó por la velocidad de germinación con la fórmula citada por Scott *et al.* (1984), con recuentos realizados cada 48 h y que finalizó 30 después de la siembra. Se consideró a la semilla germinada, cuando la protrusión radicular fue ≥ 1 mm. La calidad sanitaria se determinó mediante la observación de las evidencias del desarrollo de micoflora sobre la semilla, durante el ensayo de germinación; al séptimo día de la siembra se decidió cambiar el papel absorbente de las cajas y se aplicó una solución de 2 g L⁻¹ de Captan 50 PH® (N-triclorometiltio-4-

The treatments were composed of the reactants H₂SO₄ to 95-98%, NaOH to 96% and HCL to 37.3%; at concentrations of 25, 50 and 100% v / v, for H₂SO₄, while for the other reagents was 10 , 25 and 50% v / v and immersion time of 5, 15 and 25 min., originating a total of 27 treatments plus a control. 230 g of fresh seed were placed by treatment in glass beakers of 50 mL, with the corresponding reagent and stirred. Then immediately rinsed with running water for 1 min, spread on paper and exposed to ambient laboratory temperature (26 ± 1 °C) for dehydration for 7 days. The control treatment consisted of soaking the seeds in water for 72 hours and seed friction between the fingertips and drying was the same.

The physical quality was determined by the percentage of seeds without sarcotesta and the physical appearance of the seed by: degree of drying, color and external damage to 7 days of treatment, in comparison to control. Two replicates of 50 seeds per treatment were used. While the physiological quality was determined by the percentage of germination with paper method, with two replications of 50 seeds each, distributed over a double-layer on blotting paper ("sanitas"), moistened with distilled water and placed into clear plastic container (14 x 22 x 5 cm). Previously, was applied a disinfectant treatment to the seed for 5 min, with a solution made of sodium hypochlorite 1% (NaOCl / 5.25%). The incubation was done in germination chamber CLELAND, 1000 FAATR-1500 model, 80% relative humidity, 30±2 °C and continuous light. The evaluated traits were germination percentage, 30 days after sowing, based on the number of normal seedlings (ISTA, 1985).

Non-germinated seeds from the germination test, underwent a viability test with tetrazolium to 1% (2, 3, 5, triphenyl-2H, tetrazolium chloride) to soak for 17 hours in dark at 24±2 °C, and besides allowed to verify the presence of embryo in the seed. The vigor of the seed was estimated by the speed of germination using the formula cited by Scott *et al.* (1984), with counts every 48 h and finished 30 days after planting. The seed was considered germinated, when radicle protrusion was ≥ 1 mm. The health quality was determined by observing the evidence of the development of microflora on seed germination during the germination trial; on the seventh day of planting was decided to change the absorbent paper of the boxes and applied a solution of 2 g L⁻¹ of Captan 50 PH® (N-trichloromethylthio-4-cyclohexene-1,2-dicarboximide), due to the visual manifestation of severe fungal activity in the soil of certain treatments.

ciclohexeno-1, 2-dicarboximida), debido a la manifestación visual de una actividad fungosa intensa en el sustrato de ciertos tratamientos.

El diseño experimental empleado fue completamente al azar, con arreglo factorial 3³, más el testigo. Para determinar los factores determinantes en las variables estudiadas. Los datos obtenidos del porcentaje de eliminación de sarcotesta por algún producto químico y colonización de hongos, fueron transformados por el método arco-seno $(\%/100)^{1/2}$, mientras que la germinación y el coeficiente de velocidad de germinación (CVG) con arco-seno $[(\%/100)+0.5]^{1/2}$, a fin de cumplir los supuestos de las varianzas. El análisis de varianza y comparación de medias (Duncan; α , 0.05), así como el análisis de correlación entre variables y la prueba de Pearson, se realizó con el programa estadístico SAS V9 (2002).

La eliminación de sarcotesta y colonización de la microbiota en la semilla de papaya, respondió significativamente a efectos simples y de interacción provocados por los reactivos (R), concentración (C) y tiempo de inmersión (T) de la semilla. Mientras que, para la germinación y CVG, los efectos principales de R, C y la combinación de R x C, fueron de igual forma significativos. La comparación de medias de los efectos principales, mostró al Hidróxido de Sodio, a la concentración de la solución y tiempo de inmersión más altos, como los tratamientos con mayor eficacia para eliminar por completo la sarcotesta de la semilla de papaya (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de medias del efecto de la escarificación química, en las variables sanitarias y fisiológicas.
Table 1. Comparison of means of the effect of chemical scarification, in health and physiological variables.

Factor	Nivel	Eliminación de sarcotesta (%)	Colonización de hongos (%)	Germinación (%)	CVG
Reactivo	H ₂ SO ₄	34.88 b	47.44 b	0.88 b	1 b
	NaOH	64.22 a	42.22 b	28.88 a	40 a
	HCl	9.66 c	97.22 a	7.55 b	9 b
Concentración	1	5.55 c	93.77 a	5.33 b	5 b
	2	30.44 b	54.11 b	25.76 a	36 a
	3	72.77 a	36.22 c	6.22 b	9 b
Tiempo de inmersión	5 min	29.55 c	78.22 a	15.55 a	12 a
	15 min	37.11 b	58.33 b	13.11 a	20 a
	25 min	42.11 a	50.33 b	8.66 a	19 a

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan, $\alpha=0.05$).

Sin embargo, la manifestación de significancia en las interacciones indica que los efectos de los factores no son independientes entre sí; por lo que cada compuesto químico podría responder de manera diferente al cambio de concentración y período de inmersión. En este sentido, H₂SO₄ al 100% y tres tiempos de inmersión, fueron

The experimental design was completely randomized, with factorial arrangement 3³, plus control. To determine the factors in the variables studied. The data obtained from the percentage sarcotesta removal by a chemical product and fungal colonization, were transformed by the arc-sine method $(\%/100)^{1/2}$; while the germination and germination rate coefficient (CVG) arc-sine- $[(\%/100)+0.5]^{1/2}$, in order to meet the assumptions of variances. Analysis of variance and comparison of means (Duncan; α , 0.05) as well as the correlation analysis between variables and Pearson's test was performed with the statistical program SAS V9 (2002).

Sarcotesta removal and colonization of microflora in papaya seed, responded significantly to simple effects and interaction caused by the reagents (R), concentration (C) and immersion time (T) of the seed. While, for germination and CVG, the main effects of R, C and the combination of R x C, were equally significant. Comparison of means of the main effects, showed that sodium hydroxide, at the solution concentration and immersion time higher as the most effective treatments to completely remove the sarcotesta from papaya seed (Table 1).

However, the demonstration of significance in the interactions indicates that the effects of the factors are not independent inwardly; so that each chemical may respond differently to changes in concentration and immersion

time. In this regard, H₂SO₄ to 100% and three immersion times were statistically equal to removal of sarcotesta in papaya seed. A similar effect H₂SO₄ occurred when using NaOH in combinations at 50% with of immersion times of 5, 15 and 25 min, and another one with a concentration to 25% and immersion time of 25 min. With the above,

estadísticamente iguales al eliminar la sarcotesta de la semilla de papaya. Efecto semejante al H_2SO_4 ocurrió al emplear NaOH en combinaciones de 50% con tiempo de inmersión de 5, 15 y 25 min, y una más con la concentración al 25% y tiempo de inmersión de 25 min. Con lo anterior, se observa que los reactivos no siguen la misma tendencia respecto a la concentración (interacción R x C) y que el NaOH requiere menor concentración y tiempo para eliminar la sarcotesta de la semilla de papaya, lo que denota su mayor grado corrosivo.

Las semillas que conservaron la sarcotesta no se decoloraron con la solución de NaCl, a diferencia de aquellas que si lo hicieron. De acuerdo con Lange (1961) y Tokuhisa *et al.* (2007), esto es debido a la función de barrera que cumple la sarcotesta, contra el intercambio de sustancias; con lo que se evita la lixiviación de compuestos inhibitorios de la germinación (ácido p-Hidroxibenzoico), imbibición rápida y contacto con sustancias estimulantes de la germinación. Además, evidencio al término del período de secado, que los tratamientos que no lograron eliminar la cubierta externa de la semilla, permanecieran con mayor humedad; lo que concuerda con los resultados de Schildt *et al.* (1993).

Al tercer día de iniciada la prueba de germinación se apreció a simple vista el desarrollo de tres tipos de hongos; sin embargo, sólo uno de ellos se logró identificar, el cual pertenece al género *Rhizopus* sp., hongo considerado de almacén. El ácido clorhídrico fue el de mayor incidencia; también fue el tratamiento con el menor porcentaje de sarcotesta eliminada. El testigo no presentó desarrollo de hongos, a simple vista. La colonización de hongos en la semilla, pudo ocurrir debido a que sus estructuras reproductivas se encuentran suspendidas en el aire de la atmósfera y que con la temperatura, humedad, luz, nutrientes y pH con los cuales se manejó la semilla (o propios de ella), facilitaron su desarrollo.

Los efectos principales muestran a los tratamientos a base de NaOH y H_2SO_4 con una misma tendencia al minimizar la colonización de microbiota, cuando se aumenta la concentración de R y tiempo de inmersión de la semilla. Lo anterior, se explica debido al grado de eliminación de sarcotesta, pues al relacionar ésta con la presencia de hongos, se encontró un valor para $R = -0.77^{**}$; lo que indica que las semillas que conservaron la sarcotesta, se caracterizaron por mayor presencia de hongos. Ello es posible debido a la naturaleza endozoocoria de la semilla de papaya, donde la sarcotesta, pulposa y compuesta de reservas (con alto contenido

is noted that the reactants do not follow the same trend regarding to the concentration (interaction R x C) and that NaOH requires lower concentration and time to remove sarcotesta from papaya seed, indicating its corrosiveness.

The seeds preserving the sarcotesta did not decolorize with the NaCl solution, unlike those that did. According to Lange (1961) and Tokuhisa *et al.* (2007), this is due to the barrier function that comply the sarcotesta against substance exchange; thereby preventing leaching of inhibitor compounds of germination (p-hydroxybenzoic acid), quick inhibition and contact with stimulant compounds of germination. At the end of the drying period showed, that the treatments that did not succeeded in removing the external cover of the seed remained with higher moisture, which agrees with the results of Schildt *et al.* (1993).

On the third day of germination was appreciated at glance the development of three types of fungus; however, only one of them was identified, which belongs to the genus *Rhizopus* sp., fungus considered from warehouses. Hydrochloric acid was the one with higher incidence; also was the treatment with the lowest percentage of sarcotesta removal. The control did not show fungal growth, at glance. The colonization of fungi in the seed could occur due to their reproductive structures are suspended in the air of the atmosphere and that with temperature, humidity, light, nutrients and pH which handled the seed (its own), facilitated its development.

The main effects show the treatments based on NaOH and H_2SO_4 with a same trend by minimizing microflora colonization, when the concentration of R and immersion time of the seed are increased. Above is explained by the degree of removal of sarcotesta, as to relate this to the presence of fungus, was found a value for $R = -0.77^{**}$, indicating that the seeds retained the sarcotesta, were characterized by higher presence of fungus. This is possible due to the endozoochory nature of papaya seed, where the sarcotesta, pulpy and composed of reserves (high protein content), allows the attraction of dispersing agents and at the same time an appropriate growth medium for colonization and microflora development (Takhtajan, 2009).

Germination of papaya seed had a significant response to the main effects of the chemicals products (R) and concentration (C), as well as the simple effect of the combination R x C (Figure 1).

de proteínas), permite la atracción de agentes de dispersión y, a la vez un medio apropiado para la colonización y desarrollo de la microbiota (Takhtajan, 2009).

La germinación de la semilla de papaya tuvo respuesta significativa a los efectos principales de los productos químicos (R) y concentración (C), así como al efecto simple de la combinación R x C (Figura 1).

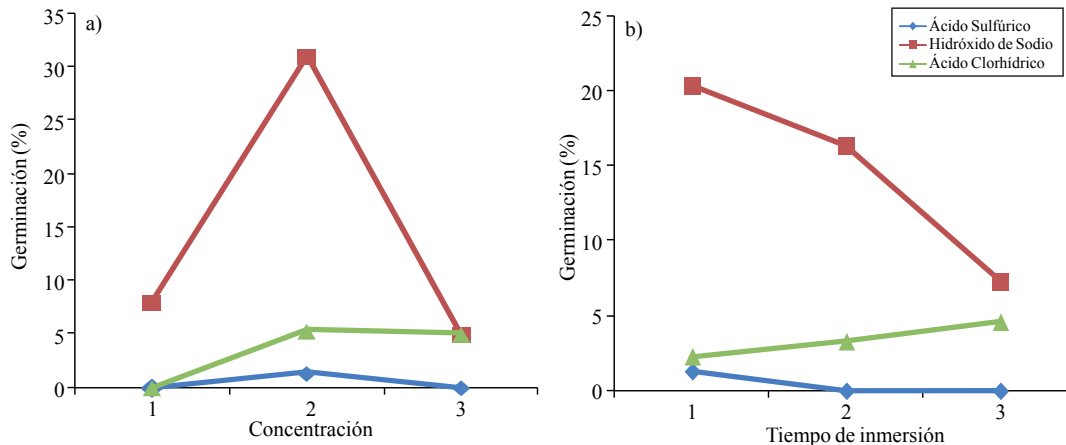


Figura 1. Efecto de las interacciones (a) reactivo x concentración; y (b) reactivo x tiempo de inmersión en la germinación de la semilla de papaya.

Figure 1. Interaction effect of (a) reagent x concentration and (b) reagent x immersion time in seed germination of papaya.

El valor de R de la correlación existente entre remoción de sarcotesta y germinación, fue bajo y significativo (0.26*); lo que permite asumir que la mayor germinación de semilla de papaya, fue debida a la mayor y mejor remoción de la sarcotesta con el NaOH; respuesta que también fue encontrada por Lange (1961). En general, los promedios de germinación fueron bajos, tal es el caso del tratamiento con 25% de NaOH y 15 min de imbibición, que presentó el mayor porcentaje con sólo 47%, que si bien fue 20 veces superior a los valores de germinación obtenidos con el testigo, es menor al que se pudiera considerar para una semilla de papaya de buena calidad; es decir, 70% como mínimo (Quintero *et al.*, 2006).

Tokuhisa *et al.* (2007) suponen que resultados como los aquí obtenidos se deben a la expresión de latencia combinada en la semilla de papaya, aun sin sarcotesta; por lo que sugieren lixiviar previamente los compuestos que acompañan a la semilla y que inhiben la germinación. Otro hecho que pudo conducir a la germinación baja del ensayo, es que no se hayan brindado las condiciones adecuadas de temperatura y luminosidad, pues estas se mantuvieron constantes, y tal vez se haya inducido latencia secundaria, pues el testigo tampoco germinó adecuadamente.

The R value of the correlation between sarcotesta removal and germination was low and significant (0.26*); allowing to assume that the higher seed germination was due to the high and best sarcotesta removal with NaOH; results that were also found by Lange (1961). In general, germination averages were low, such is the case of treatment with NaOH to 25% and 15 min of immersion, which had the highest percentage 47%; although the germination was 20 times

higher to the values obtained with the control, is less than that could be considered for papaya seed of good quality; i.e. at least 70% (Quintero *et al.*, 2006).

Tokuhisa *et al.* (2007) assume that results like this are due to the combined latency expression in papaya seed, even without sarcotesta; so it suggest to leach the compounds that accompany the seed previously and inhibit seed germination. Another fact that could lead to lower germination of the trial is that the appropriate conditions of temperature and light were not given, as these were kept constant, and maybe secondary dormancy was induced, since the control did not germinate properly.

The Tetrazolium viability test was ineffective, since the absence of staining of embryos in the chemical treatments and control, confirm it. Subsequent research should examine the proper development of this technique. However, the cut made in the seed allowed to confirm that the proportion of those without embryo was less than 1%; value that discards that this was the reason of low germination.

La prueba de viabilidad con Tetrazolio, resultó ineficaz, pues la ausencia de tinción de los embriones en los tratamientos químicos y testigo, así lo confirman. En posteriores trabajos de investigación se deberá analizar el adecuado desarrollo de ésta técnica. No obstante, el corte realizado en la semilla permitió confirmar que la proporción de éstas sin embrión fue inferior a 1%; valor que descarta que ésta hubiese sido la razón de la germinación baja.

El NaOH tendría un efecto estimulante de la germinación, al actuar como posible oxidante como lo sugieren Bewley y Black (1994) en algunas semillas. Sin embargo, las concentración al 50% del NaOH y H₂SO₄ al 100% probablemente dañen el embrión, con la consecuente falta de germinación. En trabajo similar Cossa *et al.* (2009), mencionan la remoción exitosa de sarcotesta de semilla de *Jacaratia spinosa* (Caricaceae), mediante NaOH al 20% y remojo de 15 min, sin causar daño a la viabilidad; mientras que la aplicación de HCl y H₂SO₄, provocó la colonización de hongos y redujo la viabilidad de la semilla; lo que coincide con los resultados obtenidos.

Los tratamientos a base de NaOH, además de producir el mayor porcentaje de emergencia, demostraron inducir mayor vigor a la semilla de papaya (Figura 2).

Los efectos positivos de la utilización de compuestos químicos, simula la degradación natural de la sarcotesta (paso por el tracto digestivo o degradación por microorganismos del suelo), por lo que podría sustituir la destrucción manual que con regularidad realizan los productores de papaya, pues la evidencia estadística muestra lo eficiente que puede ser su utilización en el beneficio de semilla.

Literatura citada

- Bewley, J. D. and Black, M. 1994. Seeds: physiology of development and germination. 2nd (Ed.). Plenum Press. New York, 445 p.
- Constantino, M.; Gómez-Álvarez, R.; Álvarez-Solís, J. R.; Pat-Fernández, J. y Espín, G. 2010. Efecto de la biofertilización y los biorreguladores en la germinación y el crecimiento de *Carica papaya* L. Rev. Colomb. Biotecnol. 2:103-115.
- Cossa, C. A.; Lima, B. C.; Osipi, F. E. A.; Sorace, F. M. A.; Batista, A. N.; Lourenço, C. C. e Polônio, U. V. D. 2009. Remoção da mucilagem e análise da viabilidade de sementes de *Jacaratia spinosa* (Aubl.) A. DC. Rev. Bras. Agroecol. 4:41-44.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International rules for seed testing. (Ed.) Basersdorf, CH-Switzerland, 243 p.
- Kubitzki, K. 2003. Caricaceae *In*: Kubitzki, K. and Bayer, C. (Eds.). The families and genera of vascular plants. Vol. 5. Springer-Verlag. Berlin. 57-61 pp.

NaOH would have a stimulatory effect of germination by acting as possible oxidant as suggested by Bewley and Black (1994) in some seeds. However, the concentration of NaOH to 50% and H₂SO₄ to 100% probably damages the embryo, with the consequent lack of germination. In a similar work Cossa *et al.* (2009), mention the successful removal of sarcotesta of *Jacaratia spinosa* (Caricaceae) seed, using NaOH to 20% and 15 min immersion, without damaging the viability; whereas the application of HCl and H₂SO₄, caused colonization of fungus and reduced the viability of the seed; which coincides with the results.

Treatments based on NaOH, besides producing the highest percentage of emergency, demonstrated to induce higher vigor to papaya seed (Figure 2).

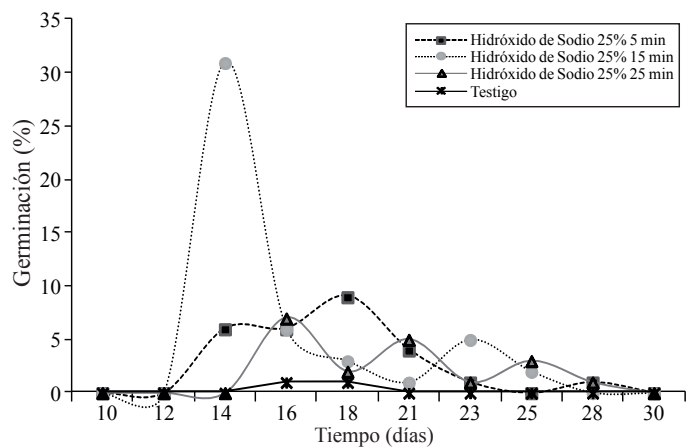


Figura 2. Cinética de la germinación de semilla de papaya tratada con hidróxido de sodio, concentración y tiempo de inmersión.

Figure 2. Germination kinetics of papaya seed treated with sodium hydroxide, concentration and immersion time.

The positive effects of using chemical compounds, simulates the natural degradation of sarcotesta (passage through the digestive tract or degradation by soil microorganisms), so it may replace the manual destruction regularly performed by papaya producers, since the statistical evidence shows how efficient it can be its use in benefit of seed.

End of the English version



- Lange, A. H. 1961. Effect of sarcotesta on the germination of papaya (*C. papaya*) Bot. Gaz. 122:305-311.
- Quintero, F. S.; Rodríguez, N. A. y Didut, A. 2006. Estimulación de la germinación de la semilla de la fruta bomba (*Carica papaya* L.). Agrotecnia 30(2):117-123.

- Reboucas, S. J. A. 2000. Aspectos sobre la producción de la papaya. Chemonics International. Managua, Nicaragua. 9 p.
- Statistical Analysis System Institute (SAS). 2002. SAS/SAT User's Guide. Version 9. Cary, N.C. USA.
- Schmidt, R. E.; Fronza, V.; Saavedra, D. J. L.; Unêda, S. L. e Mantovani, A. E. 1993. Comparação de métodos físicos de remoção da sarcotesta e de métodos de secagem de sementes de mamoeiro (*Carica papaya* L.). Rev. Bras. Sem. 15:147-151.
- Scott, S. J.; Jones, R. A. and Williams, W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Sci. 24:1192-1199.
- Storey, B. W. 1987. Papayo. *In*: Genotecnia de cultivos tropicales perennes. Ferwerda, P. F. y Wit, F. (Ed.). AGT. México. 374- 391 pp.
- Takhtajan, A. 2009. Flowering plants. Springer-Verlag, New York. 871 p.
- Tokuhisa, D.; Dias, D. C. F. S.; Alvarenga, E. M.; Dias, L. A. S. e Marin, S. L. D. 2007. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. Rev. Bras. Sem. 29:131-139.