


Emergencia y características de plántulas de *Chrysophyllum cainito* L. (Sapotacea) bajo diferentes tratamientos pregerminativos y posición de siembra de la semilla

Emergency and seedlings characteristics from *Chrysophyllum cainito* L. under different preemergence treatments and sowing seed position

Roger ÁLVAREZ¹, Ibis QUINTERO ¹, Juan MANZANO MÉNDEZ² y Daniel GÓNZALEZ¹

¹Universidad de los Andes. Núcleo Universitario “Rafael Rangel”, Trujillo, estado Trujillo, Venezuela y

²Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Decanato de Agronomía, Posgrado de Horticultura, Barquisimeto, estado Lara, Venezuela. Emails: rogeralvarez64@hotmail.com, iquintero2001@yahoo.com, manzajuan46@hotmail.com, jmanzano@ucla.edu.ve y dgonzalez@ula.ve  Autor para correspondencia

Recibido: 30/05/2008 Fin de primer arbitraje: 19/03/2009 Primera revisión recibida: 28/04/2009
Fin de segundo arbitraje: 03/08/2009 Segunda revisión recibida: 20/09/2009 Aceptado: 23/09/2009

RESUMEN

Se determinó la emergencia y características de plántulas de *Chrysophyllum cainito* L. bajo diferentes tratamientos pregerminativos: escarificación mecánica, remojo en agua destilada 24h (testigo), escarificación mecánica más remojo GA₃ 2000 mgL⁻¹ por 24h, remojo en GA₃ 2000 mgL⁻¹ por 24h, y posición de siembra (semilla con el micropilo hacia abajo y micropilo hacia arriba). El ensayo se condujo bajo un diseño completamente al azar en arreglo factorial 4x2 con ocho tratamientos, cinco réplicas y tres semillas por réplica. Se evaluaron las variables inicio de emergencia (IE), tiempo en alcanzar el 50% de emergencia (T₅₀), tiempo transcurrido del 10 al 90% de emergencia (T₁₀-T₉₀), emergencia total (ET), longitud y diámetro del hipocotilo, longitud y diámetro de raíz primaria, número de raíces secundarias. El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SAS®. La germinación del caimito es epigea y la plántula es fanerocotilar; en los diferentes tratamientos se alcanzó el (IE) y (T₅₀) entre los 25 y 28 días después de la siembra (dds), el (T₁₀-T₉₀) entre los 25 y 29 dds y una emergencia total (ET) entre 80-87%. Para los diferentes tratamientos el rango de los valores promedios fueron (207-491 mm), (2,84-3,52 mm), (319-540 mm), (2,18-3,31mm) y (7,89-26,56) para longitud del hipocotilo, diámetro del hipocotilo, longitud de raíz, diámetro de raíz y número de raíces secundarias respectivamente. Con la combinación de GA₃ a 2000 mgL⁻¹ y escarificación mecánica conjuntamente con la posición de siembra micropilo hacia abajo, las plántulas obtenidas presentaron las mejores características morfométricas.

Palabras clave: *Chrysophyllum cainito*, tratamientos pregerminativos, emergencia de plántulas, posición de la semilla, características morfométricas de plántulas.

ABSTRACT

It was determined emergency and seedling characteristics from *Chrysophyllum cainito* L. under different preemergence treatments: mechanical scarification, seeds soaked in distilled water for 24 hours (control), mechanical scarification on seed with soaking on GA₃ 2000 mgL⁻¹ for 24 h, soaking on GA₃ 2000 mgL⁻¹ for 24 hr and the sowing seed position (seeds with micropile down and seeds with micropile up). This experiment was conducted as a complete randomized design in factorial set 4x2 with eight treatments, five replications and three seeds for each one replicates were used. The variables evaluated were the initial seed emergency (IE), the necessary time for reach 50% of seed emergency (T₅₀), the time in reach between 10 and 90 % of seed emergency (T₁₀ – T₉₀), the total seed emergency (ET), length and diameter of hypocotile, primary roots and secundaries roots. The statistics analysis used was the SAS® methodology. The caimito seed germination is characterized as epygea and the seedlings are fanerocotilar, the results from the different treatments studied were between 25 to 28 dds for (IE) and for (T₅₀), between 25 and 29 dds for (T₁₀-T₉₀) and for the total emergency (ET) between 80-87%. For the different treatments evaluated the average values was ranged between (207-491 mm), (2,84-3,52 mm), (319-540 mm), (2,18-3,31 mm) y (7,89-26,56) respectively for hypocotile length, hypocotile diameter, root length, root diameter and secondary root number. With the treatments combination of GA₃ 2000 mgL⁻¹ and mechanical scarification with the sowing seed position micropile down, the caimito seedlings obtained showed the best morphometrics characteristics.

Key Words: *Chrysophyllum cainito*, preemergence treatments, seedlings emergency, sowing seed position, seedling characteristics.

INTRODUCCIÓN

Chrysophyllum cainito L. (caimito) es una especie perteneciente a la familia de las Sapotáceas originaria de América Central y México, ampliamente conocida en otros países tropicales de América y del continente Asiático (Hawai y Filipinas). En estos países es muy apreciada por su valor forestal, ornamental y medicinal; existiendo una creciente demanda de los frutos, por su exquisito sabor y valor nutricional en calcio, fósforo, vitaminas A y C (García, 1988) y el contenido de antioxidantes (Luo *et al.*, 2002). Se conocen dos razas de caimito que se diferencian por el color del fruto al estado de madurez total, los que tienen un epicarpio púrpura y los que presentan un color verde pálido. Se indica que la primera tiene más sabor y la segunda más olor (Álvarez *et al.*, 2006).

El fruto es una baya lisa, subglobosa de 5 a 10 cm de diámetro, con pulpa carnosa y dulce; de color rojo rosáceo o blanco crema. Al madurar contiene de 7 a 12 semillas dispuestas en forma de estrella; con un embrión recto de color crema, foliado, espatulado e insertado en el centro de la semilla. La radícula es corta, de protrusión sintropa y dirigida hacia el hilo; el cual se encuentra adyacente al micropilo, en la sección más angosta de la semilla (Salazar y Soihet, 2001). Similar a la semilla de nispero amarillo *Mastichodendrum capiri* (Sapotaceae) descrita por Salazar *et al.*, (2000).

La semilla es grande de 1,5 a 2 cm de largo, elipsoidal y con una cicatriz blanca en el margen interior, que al sembrarse debe colocarse con su parte angosta (región distal) hacia abajo y la emergencia de plántulas se inicia entre 14 a 40 días desde de la siembra, finalizando de 20 a 50 días después (Avilán *et al.*, 1992; Hoyos, 1994; Salazar y Soihet, 2001).

El caimito se reproduce por semillas, con un crecimiento lento a mediano (Hoyos, 1994). Perozo *et al.*, (2003) señalan para *Manilkara zapota*, 3% de emergencia a 28 días después de la siembra (dds) y 30% a los 56 dds, mientras que Meza y Bautista (1999) reportan 30% de emergencia a los 56 dds, coincidiendo estos autores en un lento crecimiento inicial de las plántulas.

Campbell (1974) informa que plantas provenientes de semilla de frutos de caimito inician la producción de 7 a 8 años después de haber sido plantadas, mientras que las plantas injertadas

fructifican entre los 4 a 6 años; práctica señalada por Avilán *et al.*, (1992) como satisfactoria para multiplicar árboles seleccionados por su capacidad productiva y calidad de fruto.

Las semillas de algunos frutos recién cosechados presentan inhibidores como ácido absísico, fenoles y cumarina que interfieren el proceso de germinación (latencia química); estos compuestos se caracterizan por ser muy solubles en agua. La latencia también puede ser de tipo primaria externa (exógena) cuando la causa se encuentra en la cubierta seminal, impermeable a los gases, al agua, o cuando ofrece resistencia mecánica al embrión (Jara, 1996; Flores-Vindas, 1999); por lo cual la germinación puede mejorarse lixiviando las semillas en agua, removiendo la cubierta de la semilla o la combinación de ambos métodos (Hartman y Kester, 2001).

Diversos tratamientos como remojo en agua, escarificación mecánica y remojo en ácido giberélico (GA₃) a diferentes concentraciones se prueban en semillas de *M. zapota*, *Annona squamosa*, *M. achras* y *Genipa americana* para mejorar la germinación (Ferre *et al.*, 1999; Duarte y Hurtado, 2001; Meza y Bautista, 2004; Wagner *et al.*, 2006 y Prado Neto *et al.*, 2007). Reportando la efectividad de los tratamientos pregerminativos utilizados, para reducir las barreras físicas y químicas que pueden retrasar los procesos de germinación y emergencia.

García (1988), observa que la semilla de *C. cainito* conserva su viabilidad por varios meses y germina a los 50 días sin aplicar ningún tratamiento pregerminativo. En tanto que Anaya y Vega (1991), señalan que semillas de caimito sembradas en arena de río y en tierra negra; alcanzan los máximos porcentajes de emergencia (88 y 95% respectivamente) a los 95 días desde la siembra. En *Calocarpum sapota* especie emparentada con *C. cainito*, se reporta que la semilla tarda de 40 a 70 días en alcanzar una emergencia del 70 al 80% y la mejor calidad de plántulas para patrones provienen de semillas sembradas con la punta hacia abajo (Morera, 1992).

Álvarez *et al.*, (2004) mediante la combinación de diferentes tratamientos pregerminativos y sustratos en semillas de caimito 'verde', obtienen el mayor porcentaje (93%) de emergencia acumulada a 42 días después de la siembra; en semillas remojadas en agua por 24 h y

sembradas en un sustrato (1:1) compuesto por arena lavada + Compost (residuos vegetales-excretas de vacuno), en relación con tratamientos pregerminativos mecánicos y químicos (remojo en HCl en concentraciones de 10, 15 y 20%) y sembradas en el sustrato arena lavada+compost+tierra negra (1:1:1).

La posición de siembra de la semilla aunada a ciertas prácticas como la escarificación de las cubiertas y remojo por 24 h. en soluciones de ácido giberélico, inciden en una adecuada formación de la plántula y pueden acelerar y uniformizar la emergencia, promover el crecimiento inicial de las plantas para ser utilizadas como patrones, tal como se ha encontrado en otra Sapotácea como la lúcuma (Duarte *et al.*, 1976).

Duarte y Suchini (2001), al evaluar dos métodos de escarificación y tres posiciones de siembra, en semillas de *Pouteria sapota*, reportaron el mayor porcentaje de emergencia (95%) en las sembradas acostadas y con cubiertas rajadas, contra 79% para semillas intactas-acostadas y 62% para semillas intactas con el micropilo hacia arriba (testigo); la altura y diámetro de plantas fue similar en los diferentes tratamientos. Los mismos autores al combinar los anteriores tratamientos de escarificación con semillas acostadas y remojadas en GA₃ (250 a 2000 mgL⁻¹), en comparación con semillas intactas y remojadas en agua por 24 h (testigo); indican que el ácido giberélico no produjo diferencias significativas en la emergencia total, la altura y el diámetro de plantas; pero redujo el tiempo de inicio de emergencia de 35 a 24 días y que su terminación total ocurrió a 2,5 meses contra 4 meses en el testigo.

Duarte *et al.* (1976) en *Lucuma obovata* H.B.K. (Sapotaceae) reportan un incremento significativo en el crecimiento inicial de las plántulas cuando sus semillas se remojan en GA₃ a 1000 mgL⁻¹.

Maciel *et al.* (1996) observan que la germinación de *M. zapote* es epigea y el 70% de la emergencia total se puede alcanzar a los 50 días, por su parte Meza y Bautista (1999) describen un hipocotilo relativamente largo de 5 a 10 cm para esta especie.

Duarte y Hurtado (2001), ensayando en semillas de chico sapote *M. zapota* L. diversos tratamientos pregerminativos, informan que la emergencia ocurrió entre 40 a 105 días después de la

siembra y su mayor porcentaje (66,7 %), se observó en semillas intactas remojadas en agua; en tanto que en las semillas intactas y tratadas con AG₃ (2500 y 1250 mgL⁻¹) la emergencia de plántulas fue de 64 y 54% respectivamente, logrando alturas de plántulas significativamente superiores (4,9 y 3,9 cm) al resto de los tratamientos.

Se informa que semillas de *M. zapote* sometidas a remojo en agua por 24, 36 y 48 horas, sembradas con el micropilo hacia abajo a diferentes profundidades, desarrollaron una longitud radicular entre 7,6 y 9,2 cm a 57 días después de la siembra (Perozo *et al.*, 2003).

Felippi *et al.* (2008), describen la germinación de *Chrysophyllum gonocarpum*, como epigea, lenta y desuniforme, la cual se inicia a 15 días después de la siembra, extendiéndose hasta los 54 días; e indican que las plántulas son fanerocotilares, completando su formación a 31 días posteriores a la siembra, con una raíz primaria de 6,4 a 8 cm de longitud.

Ehiagbonare *et al.* (2008), reportan para *Chrysophyllum albidum* porcentajes de germinación en diferentes sustratos entre 23 a 83%, donde las plántulas con una yema, seis hojas de 5 cm de longitud, raíz principal mínima de 17,5 cm y numerosas raíces secundarias; pueden catalogarse como normales.

A pesar de la importancia agronómica y forestal de éste frutal es escasa la información que se tiene sobre las etapas iniciales de la vida de la planta, germinación, emergencia, formación del eje ortotrópico y desarrollo del sistema radicular; así como las técnicas de propagación, que permitan a nivel de vivero la obtención de portainjertos adecuados en menor tiempo.

El objetivo de este trabajo consistió en determinar el tipo de germinación, la emergencia y las características morfométricas de la raíz e hipocotilo, de las plántulas de *C. cainito* L, bajo diferentes tratamientos pregerminativos y posición de siembra.

MATERIALES Y METODOS

Se cosecharon frutos de la raza 'verde' (31/01/08) en estado de madurez de consumo, de plantas libres de plagas y enfermedades, sembradas

en áreas experimentales del Núcleo Universitario “Rafael Rangel”; a una altitud de 463 msnm, con precipitación anual de 1689 mm, temperatura promedio 27,4 °C y humedad relativa de 70% ubicado en Pampanito estado Trujillo-Venezuela (Álvarez *et al.*, 2004).

Se extrajeron manualmente las semillas, se lavaron y secaron al aire a temperatura ambiente por 14 días, para luego ser utilizadas como material experimental. El ensayo fue realizado en las instalaciones del vivero del Núcleo Universitario “Rafael Rangel”.

Los tratamientos fueron la combinación factorial de dos tipos de posición de siembra y cuatro tratamientos pregerminativos.

Posición de siembra:

1. Semilla sembrada (4 cm) con el micrópilo e hilo hacia abajo, es decir el extremo mas agudo a hacia la parte interna del sustrato.
2. Semilla sembrada (4 cm) con el micrópilo e hilo hacia arriba, con el extremo redondeado de la semilla hacia la parte interna del sustrato.

Tratamientos pregerminativos:

1. Semillas escarificadas mecánicamente con papel lija 220, en la sección opuesta a la cicatriz hasta romper la testa.
2. Semillas intactas y remojo en agua por 24 h, tratamiento pregeminativo considerado como testigo para este estudio, por los mejores porcentajes de emergencia obtenidos, en comparación a otros tratamientos de escarificación (mecánica y química) en relación a semillas no tratadas (Álvarez *et al.*, 2004).
3. Semillas escarificadas mecánicamente y remojadas en ácido giberélico (GA₃) a 2000 mgL⁻¹ por 24 h.
4. Semillas intactas y remojadas en ácido giberélico (GA₃) a 2000 mgL⁻¹ por 24 h.

Las semillas se sembraron en bandejas multiceldas de anime (120 celdas) que contenían un

sustrato esterilizado en estufa a 150 °C durante 3 horas formado por la mezcla de compost + arena lavada en una proporción de 1:1, en base a lo reportado por Álvarez *et al.* (2004), los riegos se realizaron diariamente.

El material vegetal se mantuvo a luz y temperatura ambiental, las plántulas se consideraron emergidas cuando la raíz alcanzó de 1 a 3 veces el tamaño de la semilla y el hipocotilo se elevó sobre la superficie del sustrato de acuerdo a lo establecido por las Normas de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA, 1993); verificando el tamaño radicular por remoción del sustrato en la celda, con agua destilada (utilizando piseta) y posterior reposición del mismo.

Diariamente y hasta el final de la emergencia (29 días después de la siembra), se realizaron observaciones sobre las variables: número de plántulas emergidas con el fin de obtener tiempo de inicio de emergencia (IE), tiempo en alcanzar el 50% de la emergencia (T₅₀), el lapso durante el cual ocurrió del 10 al 90% de emergencia (T₁₀-T₉₀) y el porcentaje de emergencia total (ET) siguiendo la metodología establecida por (Furatani *et al.*, 1985).

A los diez días después de inicio de la emergencia (IE), cuando aún en las plántulas no se había desarrollado el epicotilo, con vernier digital se midió el diámetro del hipocotilo en la parte central del eje, y su longitud inmediatamente por encima de la raíz primaria hasta el punto de unión de los cotiledones, longitud de la raíz principal desde su extremo distal hasta la unión con el hipocotilo, diámetro de raíz principal en el centro de la misma y se cuantificó número de raíces secundarias desarrolladas de la raíz primaria. Las anteriores variables se tomaron como referencia de calidad de plántulas germinadas normales, acorde con las normas establecidas por la Asociación Internacional de Análisis de Semillas para semillas con germinación epigea. (ISTA, 1993). En dichas normas se señala que semillas que muestran una proyección normal de la raíz a una determinada longitud (5 a 10 mm ó de una a tres veces el tamaño de la semilla) son consideradas como Germinadas Normales y como Anormales, las plántulas cuya raíz principal presenta geotropismo negativo, así como cualquier otra malformación en las raíces e infecciones primarias. El ensayo se condujo bajo un diseño completamente al azar en arreglo factorial (4x2) con ocho tratamientos, cinco réplicas y tres semillas por

réplica, los análisis de varianza y las pruebas de medias por Duncan ($p \leq 0,05$) se realizaron con el paquete estadístico SAS[®] (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La germinación de *C. cainito* L puede catalogarse como epigea debido a que después de emerger la raíz primaria, su hipocotilo se alarga y forma un arco que empuja los cotiledones y a su joven yema cubierta por la testa sobre la superficie del suelo, caracterizándose las plántulas como fanerocotilares (Flores, 1999) debido a que los cotiledones quedan fuera de la cubierta seminal, coincidiendo con el tipo de plántula descrito por Fellipi *et al.* (2008) para *C. gonocarpum*.

El inicio de emergencia (IE) y emergencia total (ET) ocurrió entre los 25 y 29 días después de la siembra, intervalo de tiempo menor al señalado por (Salazar y Soihet, 2001). Las variables IE, T₅₀, T₁₀-T₉₀ y ET no mostraron diferencias significativas para los tratamientos pregerminativos, posición de siembra y su interacción.

En el Cuadro 1. se observa que el inicio de la emergencia para el factor tratamiento pregerminativo

independientemente de la posición de siembra, ocurrió simultáneamente en todos los promotores de emergencia a los 25 días después de la siembra, así como en el testigo (semillas intactas remojadas en agua por 24 h). Los mayores porcentajes de inicio de emergencia (40%) fueron alcanzados por las semillas escarificadas mecánicamente y tratadas en GA₃ a 2000 mgL⁻¹ y en las semillas intactas y remojadas en GA₃ 2000 mgL⁻¹ por 24 h, contra un 36% y 30 % de inicio de emergencia de la semillas escarificadas mecánicamente y semillas intactas remojadas en agua por 24h. Estos resultados concuerdan con los reportados por Duarte *et al.* (1976); Duarte y Suchini (2001) y Duarte y Hurtado (2001) al indicar que la escarificación combinada con GA₃ redujo el tiempo del inicio de la emergencia inicial en lúcuma, sapote y níspero, especies íntimamente emparentadas con el caimito.

Las semillas de caimito sembradas bajo los tratamientos escarificación mecánica, escarificación mecánica y remojo en GA₃ a 2000 mgL⁻¹ por 24 h y semillas intactas en GA₃ a 2000 mgL⁻¹ por 24 h, alcanzaron el T₅₀ a los 26 días, mientras que la semillas intactas remojadas en agua por 24 horas, a los 27 días; pero sin diferencias estadísticas entre ellos.

Cuadro 1. Porcentaje de emergencia de plántulas en función del tiempo para los factores tratamientos pregerminativos, posición de siembra e interacción tratamientos pregerminativos x posición de siembra aplicados en semillas de *Chrysophyllum cainito* L.

Factores	Días después de la siembra (dds)				
	25	26	27	28	29
Tratamiento pregerminativos (ns)					
Escarificación mecánica	36	57	70	70	80
Remojo en agua (24 h)	30	43	57	60	83
Escarificación mecánica + GA ₃ 2000 mgL ⁻¹ .	40	54	67	67	80
GA ₃ 2000 mgL ⁻¹	40	57	67	67	80
Posición de siembra (ns)					
Micrópilo hacia abajo	28	47	67	68	83
Micrópilo hacia arriba	45	58	63	63	78
Interacción (ns)					
Escarificación mecánica + Micropilo abajo	20	53	80	80	80
Escarificación mecánica + Micropilo arriba	53	60	60	60	80
Remojo en agua (24 h) + Micropilo abajo	20	33	47	67	80
Remojo en agua (24 h) + Micropilo arriba	40	53	67	67	87
Escarificación mecánica + GA ₃ 2000 mgL ⁻¹ + Micrópilo abajo	27	40	67	67	87
Escarificación mecánica + GA ₃ 2000 mgL ⁻¹ + Micrópilo arriba	53	67	67	67	73
GA ₃ 2000 mgL ⁻¹ + Micropilo abajo	46	60	73	74	87
GA ₃ 2000 mgL ⁻¹ + Micropilo arriba	33	54	60	60	73

(ns) no significativo a ($p \leq 0,05$)

El tiempo transcurrido entre el 10 y 90% de la emergencia total estuvo entre 25 y 29 dds. Las semillas intactas remojadas en agua por 24 horas, alcanzaron una emergencia total (ET) de 83%, mientras que con el resto de los tratamientos se logró un 80% de ET. Álvarez *et al.* (2004) reportaron el T_{50} a los 14 días y una emergencia total de 74% a los 42 días posteriores a la siembra para semillas de caimito intactas y remojadas en agua durante 24 h.; mientras que en las semillas escarificadas mecánicamente el T_{50} se alcanzó a los 35 días con emergencia total 57%. Por otra parte Duarte y Hurtado (2001) informan en níspero porcentajes de emergencia total de 67% en las semillas intactas remojadas en agua; 64% en semillas intactas y remojadas con GA_3 (2500 mgL^{-1}) y 10% en semillas escarificadas y tratadas con GA_3 1250 y 2500 mgL^{-1} ; valores inferiores a los encontrados en este trabajo y en un tiempo significativamente mayor (105 días).

El inicio de la emergencia a los 25 dds, fue de 45% para la posición de la semilla micropilo hacia arriba y 28% de emergencia para las semillas con micropilo hacia abajo, alcanzando el T_{50} a los 26 días y 27 días respectivamente; el mayor porcentaje de emergencia total (83%) se observó a los 29 días, en las semillas sembradas con el micropilo hacia abajo (Cuadro 1). Duarte y Suchini (2001) encontraron 75% de emergencia total (ET) en semillas de *Pouteria zapota*, sembradas con el micropilo hacia abajo y menos de 62% de ET para las semillas sembradas con el micropilo hacia arriba, coincidiendo también con lo señalado por Morera (1992) en *Calocarpum sapota*.

Para la interacción tratamiento pregerminativo * posición de la semilla (Cuadro 1), se observa que en los tratamientos escarificación mecánica; así como en semillas escarificadas conjuntamente con remojo en GA_3 y sembradas con el micropilo hacia arriba, la emergencia inicial a los 25 días fue mayor del 50%, coincidiendo con su T_{50} ; para el resto de los tratamientos el T_{50} fue a partir de los 26 días; a excepción de los tratamientos escarificación- GA_3 a 2000 mgL^{-1} y remojo en agua por 24h, sembradas con micropilo hacia abajo, que alcanzaron el T_{50} a los 27 y 28 días respectivamente.

La mayor emergencia total (87%) se obtuvo a los 29 días posteriores a la siembra en las semillas sembradas con el micropilo hacia abajo, tanto en las escarificadas mecánicamente y remojadas en GA_3 por 24h, como en las semillas intactas y remojadas en

agua durante 24h sembradas con el micropilo hacia arriba; la menor emergencia total se presentó en las semillas remojadas en ácido giberélico pero sembradas con el micropilo hacia arriba (73%). Sin embargo al no registrarse diferencias significativas durante el proceso de emergencia, entre los métodos pregerminativos utilizados con respecto al tratamiento semillas intactas remojadas en agua por 24 h, se puede señalar la ausencia de latencia exógena y química en las semillas de *C. cainito*.

El tiempo de inicio de emergencia observado en este trabajo para los diferentes tratamientos aplicados fue menor (25 días), con respecto al tiempo señalado por García (1989) y Salazar y Soihet (2001) para semillas sin tratamientos pregerminativos. Mientras que el tiempo en alcanzar el mayor porcentaje de emergencia total (ET) se redujo en 14 días y el porcentaje de ET, fue numéricamente mayor al encontrado por Álvarez *et al.*, (2004).

La raíz primaria de la planta se caracterizó por ser blanca delgada y de rápido crecimiento, produciendo posteriormente raíces secundarias que emergen de ella, con características que corresponden a plantas germinadas normales según ISTA (1993).

La longitud de la raíz principal, diámetro de la raíz y número de raíces secundarias no difirieron estadísticamente entre los distintos tratamientos pregerminativos y la interacción tratamiento pregerminativo-posición de siembra, encontrándose diferencias altamente significativas para estas variables solo por efecto de la posición de siembra (Cuadro 2). El mayor diámetro (3,13 mm) y número de raíces secundarias (14) se desarrollaron cuando las semillas se sembraron con el micropilo hacia abajo y la máxima longitud de la raíz principal (470,65 mm) cuando se colocó la semilla con el micropilo hacia arriba.

El máximo valor promedio de longitud radicular entre los tratamientos pregerminativos medidos a los 10 días del inicio de emergencia, fue desarrollado en las semillas remojadas en GA_3 2000 mgL^{-1} por 24 h. (475 mm) y el menor (378 mm) en las escarificadas mecánicamente (Cuadro 3).

Con respecto a la interacción se observó que al sembrar la semilla con el micropilo hacia arriba previo remojo en GA_3 2000 mgL^{-1} , se logró alcanzar el máximo promedio de la raíz principal (540 mm) y el menor valor (319 mm) en plántulas provenientes

de las semillas escarificadas y sembradas en la misma posición. En las semillas remojadas en agua, la longitud radicular fue de 399 y 450 mm cuando se sembraron con el micropilo hacia abajo y hacia arriba respectivamente, valores de longitud radicular menores a los observados por Perozo *et al.* (2003) a 57 dds, en semillas de *M. zapote* sometidas a remojo en agua por 24 h (760-880 mm).

Las plántulas provenientes de semillas

sometidas a diferentes tratamientos presentaron una longitud de la raíz principal superior al tamaño mínimo señalado por Ehiagbonare *et al.* (2008) para ser consideradas plantas normales. La mayor longitud radicular presente en los diferentes tratamientos pregerminativos, cuando las semillas se sembraron con el micropilo hacia arriba, se puede explicar por la presencia en la semilla de un embrión recto, con radícula corta y dirigida hacia el micropilo e hilo, que

Cuadro 2. Análisis de varianza para longitud de hipocotilo, diámetro del hipocotilo, longitud de raíz, diámetro de raíz y número de raíces de plántulas de caimito *Chrysophyllum cainito* L bajo dos posiciones de siembra y cuatro tratamientos pregerminativos y la interacción.

Fuente de Variación	gl	Cuadrados medios				
		Longitud de hipocotilo (mm)	Diámetro del hipocotilo (mm)	Longitud de raíz (mm)	Diámetro de raíz	Número de raíces
Posición semilla (P)	1	108119,81**	11086,47 ns	65969,68**	66001,67**	450,45**
Tratamiento Pregerminativo (T)	3	49982,51 **	33704,29 ns	29168,11 ns	6751,60 ns	49,98 ns
P*T	3	97033,50**	4665,38 ns	52015,57 ns	11194,25 ns	45,12 ns
Media general		341,34	330,75	427,06	278,70	11,13

* Significativo ($p \leq 0,05$) ** Significativo ($p \leq 0,01$) (ns) no significativo. gl: Grado de libertad.

Cuadro 3. Valores promedios de longitud de hipocotilo, diámetro del hipocotilo, longitud de raíz, diámetro de raíz y número de raíces, de plántulas de caimito *Chrysophyllum cainito* L bajo dos posiciones de siembra, cuatro tratamientos pregerminativos y la interacción.

Factores	Longitud hipocotilo (mm)	Diámetro hipocotilo (mm)	Longitud raíz (mm)	Diámetro raíz (mm)	Número de raíces
Posición de siembra (P)					
Micropilo abajo	386,02 a	3,42 a	383,46 b	3,13 a	14,98 a
Micropilo arriba	296,67 b	3,20 a	470,65 a	2,44 b	7,89 b
Tratamiento pregerminativo (T)					
Escarificación mecánica	441,13 a	3,05 a	388,37 a	2,54 a	11,97 a
Remojo en H ₂ O 24 h.	303,17 b	3,31 a	425,02 a	2,81 a	11,02 a
Escarificación mecánica 2000 mgL ⁻¹ GA ₃ 24 h	311,28 b	3,36 a	419,22 a	2,73 a	10,11 a
Escarificación mecánica + GA ₃ 24 h.	309,80 b	3,50 a	475,61 a	3,05 a	11,42 a
Interacción P x T					
Micropilo abajo Escarificación mecánica	390,45 b	3,26 a	319,20 a	2,90 a	19,22 a
Micropilo arriba Escarificación mecánica	491,80 a	2,84 a	385,55 a	2,18 a	8,33 a
Micropilo abajo Remojo en H ₂ O 24 h.	348,45 bc	3,44 a	399,64 a	3,07 a	13,10
Micropilo arriba Remojo en H ₂ O 24 h	257,88 c	3,17 a	450,40 a	2,56 a	10,67 a
Micropilo abajo Escarificación mecánica 2000 mgL ⁻¹ GA ₃ 24 h.	415,56 b	3,44 a	374,44 a	3,23 a	12,50 a
Micropilo arriba Escarificación mecánica 2000 mgL ⁻¹ GA ₃ 24 h	207,00 d	3,28 a	501,00 a	2,22 a	8,80 a
Micropilo abajo + GA ₃ 24 h.	389,60 b	3,52 a	411,22 a	3,31 a	26,56 a
Micropilo arriba + GA ₃ 24 h.	230,00 cd	3,48 a	540,00 a	2,80 a	8,00 a

Letras diferentes dentro de columnas indican promedios estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Rangos Múltiple de Duncan.

tiende a girar para lograr su geotropismo positivo, lo cual podría generar plántulas que según la ISTA (1993) se consideran Anormales, concordando con Salazar y Soihet (2001), al indicar que la semilla debe sembrarse con el micropilo hacia abajo.

Con respecto al diámetro de la raíz se reflejaron diferencias significativas para la posición de siembra, producto de la semilla sembrada con el micropilo hacia abajo (3,13 mm). A nivel de tratamientos pregerminativos el máximo grosor radicular se encontró remojando la semilla en GA₃ 2000 mgL⁻¹ por 24 h (3,05 mm) y el menor con escarificación mecánica (2,54 mm).

A nivel de la interacción aunque no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, en las semillas remojadas en GA₃ por 24 h y sembradas con el micropilo hacia abajo, se observó una mayor cantidad de raíces secundarias (26,56). Según ISTA (1993), las Plantas Normales Intactas deben poseer un sistema radicular bien desarrollado, con una raíz primaria larga y delgada, con numerosos pelos radiculares y numerosas raíces secundarias, raíces sin ningún tipo de malformaciones y libres de daños por pudriciones.

En cuanto a las características del hipocotilo, hubo diferencias altamente significativas entre la posición de siembra, tratamientos pregerminativos y la interacción de ambos factores sólo para la longitud del hipocotilo (Cuadro 2).

Las semillas sembradas con el micropilo hacia abajo alcanzaron la mayor longitud del hipocotilo (386 mm) independientemente del tratamiento pregerminativo utilizado. En los tratamientos pregerminativos la mayor longitud del hipocotilo se obtuvo, en las semillas escarificadas mecánicamente (441 mm).

A nivel de la combinación posición de siembra * tratamiento pregerminativos, las mayores alturas del hipocotilo se lograron, cuando las semillas se sembraron con el micropilo hacia arriba (441 mm) y micropilo hacia abajo (415 mm) previa escarificación mecánica (Cuadro 3).

La longitud del hipocotilo de las plántulas, en los diferentes tratamientos fluctuó entre 284 a 352 mm, tamaño que se enmarca en la categoría de Plántulas Normales Intactas, según lo descrito por ISTA (1993). Con diámetros muy uniformes con

máximos y mínimos comprendidos entre 3,52 mm y 2,84 mm respectivamente.

Con la diferenciación del punto de unión de los cotiledones, a los 35 días posteriores a la siembra, es decir a diez días del inicio de emergencia, se completó el desarrollo definitivo del hipocotilo y conformación de las plántulas, periodo de tiempo muy cercano al señalado por Fellipi *et al.* (2008) para el desarrollo completo de plántulas (31 días) de *C. gonocarpum*.

Por otra parte la altura reportada en este trabajo a diez días de inicio de la emergencia, para las plántulas de caimito obtenidas con semillas tratadas con ácido giberélico, fue similar a la señalada por Duarte y Hurtado (2001) en *M. zapota* a 105 días posteriores a la siembra y menor a la reportada por Meza y Bautista (1999).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La germinación del caimito es epigea con protrusión de la radícula sintropa, es decir dirigida hacia micropilo y las plántulas son fanerocotilares, con un inicio de emergencia (IE) y tiempo en alcanzar el 50% de emergencia (T₅₀) entre los 25 y 28 días después de la siembra, con el 10% al 90% de emergencia (T₁₀-T₉₀) entre los 25 y 29 días y una emergencia total (ET) entre 80-87%. Los mejores resultados se obtuvieron cuando se sembraron, las semillas con el micropilo hacia abajo, escarificadas y remojadas en GA₃ a 2000 mgL⁻¹ por 24h y en semillas remojadas en agua por 24h.

A diez días posteriores a la siembra, las plántulas con las mejores características morfométricas en cuanto a diámetro, longitud del hipocotilo, diámetro de la raíz principal y número de raíces secundarias se obtuvieron cuando se sembró la semilla con el micropilo hacia abajo conjuntamente con semillas escarificadas y remojadas en GA₃ a 2000 mgL⁻¹ por 24 h. Garantizándose con estas técnicas Plántulas Germinadas Normales para la injertación en tiempo relativamente corto.

LITERATURA CITADA

Álvarez, R.; C. Graterol; I. Quintero; J. Zambrano; W. Materano y M. Maffei. 2004. Evaluación de algunos métodos y prácticas de propagación en caimito *Chrysophyllum cainito* L. I Sexual.

- Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). 21 Sup I (1):47-53.
- Álvarez, V.; T. Alia, M. López, C. Acosta, M. Andrade, M. Colinas, E. Delgado y O. Villegas. 2006. Caracterización de frutos de caimito *Chrysophyllum cainito* L. Revista Chapingo. Serie Horticultura 12 (2): 217-221.
- Anaya, F. J. y A. Vega. 1991. Propagación sexual del caimito *Chrysophyllum cainito* L. en el estado de Morelos, México. Revista Chapingo 15: 73-74.
- Avilán L.; F. Leal y D. Bautista. 1992. Sapotáceas *In*. Manual de Fruticultura. Principios y Manejo de la Producción. Tomo II. Editorial América. Caracas, Venezuela. P. 1353-1385.
- Campbell. C. 1974. Research on the caimito *Chrysophyllum cainito* L. in Florida. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture Science. 18: 123-125.
- Duarte, O.; D. Santos y R. Francoisi. 1976. Efecto de diversos tratamientos sobre la germinación y crecimiento de plántulas de lúcumo (*Lucumo ovata* H.B.K). Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture Science. 20: 242-249.
- Duarte, O. y H. Hurtado. 2001. Tratamientos para mejorar la propagación sexual del chico sapote *Manikara zapota* L. Van Royen. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 45: 15-17.
- Duarte, O. y E. Suchini. 2001. Mejora de la germinación y conformación de plántulas de sapote *Pouteria sapota* Jacq. (Moore & Stearn). Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 45: 22-26.
- Ehiagbonare, J.; H. Onyibe and E. Okoegwale. 2008. Studies on the isolation of normal and abnormal seedlings of *Chrysophyllum albidum*: A step towards sustainable management of the taxon in the 21st century. Scientific Research and Essay 3 (12): 567-570.
- Felippi, M.; F. Grossi, A. Nogueira e Y. Kunisyoshi. 2008. Fenología e germinacao de sementes de agual *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart & Eichl.) Engl. Floresta 38 (2): 229-243.
- Ferre, G.; Z. Fogaca y M. Malavasi. 1999. Germinación de semillas de *Annona squamosa*. Sometidas a diferentes tiempos de remojo y concentraciones de ácido giberélico. II Congreso Internacional de Anonáceas. México. 79 p.
- Furatani, S.; B. Zandra and M. Price. 1985. Low temperature germination of celery seeds. Journal American Society Horticulture Science. 110: 153-156.
- Flores Vindes, E. M. 1999. La Planta. Vol II. Editorial Tecnológica. Costa Rica. p. 773-810.
- García. G. 1988. Sapotaceas. Cultivos promisorios. Seminario Universidad Nacional de Colombia. Medellín. p. 27-38.
- Hartmann, H. y F. Kester. 2001. Propagación de plantas, principios y prácticas. 8va reimpression Editorial Continental. México. 760 p.
- Hoyos, J. 1994. Guía de árboles de Venezuela. Sociedad de Ciencias Naturales, Editorial La Salle, Monografía N° 32. Venezuela 338 p.
- International Seeds Testing Association (ISTA). 1993. Manual para evaluación de plántulas. Traducido y editado por Instituto Nacional de Semillas y Plantas. España. 129 p.
- Jara, L. 1996. Biología de semillas forestales. Ediciones Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. 31 p.
- Luo, X.; M. Basile and E. Kenelly. 2002. Poliphenolic antioxidant from the fruits of *Chrysophyllum cainito* L. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 1379-1382.
- Maciel, N. Bautista y J. Aular. 1996. Características morfológicas del fruto y proceso de germinación y emergencia del nispero *Manilkara achras* (Millar Forsberg) Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticultura 40:188-194
- Meza, N. y D. Bautista. 1999. Desarrollo del nispero durante la fase juvenil del crecimiento continuo Agronomía Tropical 49: 187-199.
- Meza. N y D. Bautista. 2004. Efecto del remojo y escarificación sobre la germinación de semillas y

- emergencia de plántulas en guanábana. *Agronomía Tropical* 54 (3): 331-342.
- Morera, J. 1992. El sapote. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba Costa Rica. 75 p.
- Perozo Castro, R.; M. Ramírez Villalobos y A. Ballesteros. 2003. Tiempo de Remojo y profundidad de siembra en semillas del patrón nispero Criollo *Manilkara zapota* (Van Royen. Jacq. Gill) Sapotaceae. *Revista de la Facultad. Agronomía (LUZ)* 20 (1): 10-20.
- Prado Neto, M.; A. C. Vello Loyola Dantas, E. Lima Vieira e V. de Oliveira Almeida. 2007. Germinacao de sementes de jenipapeiro submetidas a pre-embebicao em regulador e estimulante vegetal. *Ciênc. Agrotec. (Lavras)* 31 (3): 693-698.
- Salazar R.; C. Soihet y J. Méndez. 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Vol. I. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (CATIE), Costa Rica. p. 139-140.
- Salazar R. y C. Soihet. 2001. Manejo de semillas de 75 especies forestales de América Latina. Vol. II. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (CATIE), Costa Rica. p. 79-80.
- Statistical Analysis Systems. SAS®. 2002. SAS Institute Inc. Versión 9.0. North Carolina. User's Guide. SAS Help and Documentation.
- Wagner, A.; L Duarte, J. Da Silva, C. Lanceda, R. Alexandre, E. Diniz e C. Hozt. 2006. Influencia do tempo de embebicao em água sobre a dormência de sementes de pinha *Annona squamosa* L. *Ceres* 53 (307): 317-322.