

Artículo de
InvestigaciónEfecto de la luz y escarificación sobre la germinación de semillas de
Borojó (*Borojoa patinoi*, Cuatrec)Héctor Eduardo Hernández-Núñez¹
Cesar Augusto Gasca-Moreno²
Brayhan Enrique Olaya-Motta²
Mauren Daniela Celis-Hernández²
Yessica Salazar Molina²

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de la luz y tratamientos de escarificación sobre la germinación de semillas de Borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrec). Se realizó un diseño bifactorial cinco tratamientos de escarificación: Testigo, H₂SO₄ al 20% durante un minuto, H₂SO₄ al 90% durante un minuto, imbibición en agua a temperatura ambiente durante 24 horas, escarificación mecánica con lija, y dos tratamientos de luz: oscuridad y luz (100 %). Se determinó el porcentaje de germinación, el periodo de energía, el índice de velocidad de germinación y el índice de Germinación Relativa a la Luz. Para cada una de las variables evaluada se realizó un análisis de varianza, se hizo comparación entre medias con LSD Fisher, con una confiabilidad del 95%. El método de escarificación con mejores resultados fue imbibición en agua durante 24 horas en ambiente oscuridad, el cual presentó el mayor porcentaje de germinación con 96% y un periodo de energía de 33 días, 8 menos respecto a las semillas sin tratamiento de escarificación, quienes presentaron porcentajes de germinación altos (> 80%) en los dos ambientes lumínicos, pero su periodo de energía fue el mayor con 41 y 39 días en ambiente luz y oscuridad respectivamente. Los métodos de escarificación con HS₂O₄ y lija no favorecieron la germinación respecto al testigo. HS₂O₄ al 90% durante 1 minutos en los dos ambientes lumínicos y lija en luz presentaron %G menor a 10%. Las semillas son no-fotoblásticas lo que denota la adaptación de la germinación a distintos ambientes lumínicos.

Palabras claves: Imbibición, fotoblástica, periodo de energía, ambiente lumínico.

Abstract

In order to evaluate the effect of light and scarification treatments on the germination of seeds Borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrec). Bifactorial design one five treatments of scarification was performed Witness, 20% H₂SO₄ for one a minute, H₂SO₄ at 90% for one minute, soaking in water at room temperature for 24 hours, mechanical scarification with sandpaper, and two light treatments: darkness and light (100%). Germination percentage, energy period, the rate of germination rate and index Relative to the Light Germination was determined. For each of the variables assessed an analysis of variance was performed, it was compared in between LSD Fisher, with a reliability of 95%. The method of scarification with better results was soaking in water for 24 hours at ambient darkness, had the highest percentage of germination of 96% and a period of power 33 days, 8 minus respect of seed without treatment of scarification, who presented percentages high germination (> 80%) in both light environments, but their period of power was the largest with 41 and 39 days in ambient light and darkness respectively. The methods of scarification with sandpaper and H₂SO₄ not favor germination than the control. H₂SO₄ 90% for 1 minutes in the two environments lighting and light sanding % G presented less than 10%. Seeds are non-photoblastic denoting germination adaptation to different light environments.

Key words: Imbibition, photoblastic, period energy, light environment.

Introducción

El borojó (*Borojoa patinoi*, Cuatrec; Rubiaceae) es una especie originaria del departamento del Chocó-Colombia (Cuatrecasas, 1948), su distribución geográfica es Panamá, Ecuador y Colombia, donde se encuentra de manera silvestre y también cultivada (Vélez, 2000), su consumo se da en todo el territorio colombiano donde ha ganado un interés notable en el mercado de productos exóticos frescos y procesados, y se destaca por sus importantes propiedades alimenticias, excelentes condiciones de adaptación y por su potencial económico, constituyéndose en importante insumo para la industria alimentaria (Díaz *et al.*, 2012).

En Colombia su cultivo se efectúa en zonas cálidas húmedas (Ángel *et al.*, 2014), con temperaturas promedio de 24°C (Vélez, 2005), en alturas entre los 0-500 msnm (Giraldo *et al.*,

2004), los departamentos productores son el Chocó, Valle del Cauca, Antioquia, Nariño, Risaralda (Vélez, 2000) y Caquetá (Ángel *et al.*, 2014), encontrándose ampliamente desde la Bahía Solano (Chocó) hasta el río Naya (límites del Valle y Cauca) (Giraldo *et al.*, 2004). Debido a que es una especie del sotobosque debe sembrarse asociada con maderables y otros frutales (Arenas *et al.*, 1985). Ángel *et al.* (2014) la clasifican como una especie de uso potencial en arreglos agroforestales en la Amazonia, donde cumple la función de generar sombra en las primeras etapas del cultivo del cacao.

EL borojó alcanza altura hasta de 5 metros, los tallos son leñosos, su madera es suave con una corteza delgada que se pela con facilidad, sus hojas son simples opuestas (Ángel *et al.*, 2014), es un especie que hace parte de un pequeño grupo de plantas que florecen y que son sexualmente dimórficas, las plantas dioicas (Giraldo *et al.*, 2004), la inflorescencia

masculina tiene de 24 a 30 flores y cada flor tiene de cinco a seis pétalos blancos, el grano de polen es redondeado, liso y tripolar, la flor femenina es solitaria y puede tener de siete a diez pétalos blancos e igual número de estambres aunque estériles (Arenas *et al.*, 1985), su fruto es una baya carnosa de aproximadamente siete a 12 cm de largo con un ancho similar, por cada fruto se encuentran aproximadamente de 90 a 300 semillas (Ángel *et al.*, 2014).

La germinación de las semillas puede ser definida como una serie de procesos metabólicos y morfogenéticos, los cuales resultan en la transformación del embrión en una plántula capaz de convertirse en una planta adulta (Mendez *et al.*, 2008), la cual requiere de una serie de procesos que comienzan con la imbibición y culmina con la ruptura de la aparición de la radícula (Coat *et al.*, 2014), factores como la temperatura (Funes *et al.*, 2009), la luz (Gutiérrez *et al.*, 2011), la captación de agua (Navarro *et al.*, 2010), la viabilidad del embrión, el oxígeno y el grosor de la testa, influyen en la germinación (Suarez & Malgarejo, 2010).

Arenas *et al.* (1985) reportan un periodo de germinación en semillas de borojo de 40 días. Los procesos de escarificación han demostrado su efectividad para acelerar el proceso de germinación, sin embargo las especies responden en forma diferente de acuerdo a dichas técnicas (Sanabria *et al.*, 2001). De acuerdo a lo planteado el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la luz y tratamientos de escarificación sobre la germinación de semillas de Borojo (*Borojoa patinoi* Cuatrec).

Metodología

Área de estudio

El trabajo se realizó en el laboratorio de Investigaciones de la Universidad de la Amazonia, ubicada en la zona urbana del municipio de Florencia-Caquetá-Colombia, campus Porvenir Calle 17 Diagonal 17 con Carrera 3F - Barrio Porvenir.

Selección de semillas

Las semillas de Borojo se colectaron en la Granja Experimental Agroecológica Balcanes, ubicada a 71°30'Oeste - 0°40'Sur, propiedad de la Universidad de la Amazonia en el municipio de Florencia. La zona presenta precipitaciones anuales promedio de 3600 mm, 25°C de temperatura y 80% de humedad relativa (Ramírez *et al.*, 2006). Una vez colectadas las semillas y de acuerdo a lo planteado por Herrera *et al.* (2010) se realizó la prueba de viabilidad, la cual consistió en sumergir las semillas en agua, las que flotaron quedaron por fuera del experimento.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño bifactorial: cinco tratamientos de escarificación y dos tratamientos de luz conformados por tres repeticiones y 25 semillas por cada una. Los tratamientos fueron: Testigo (T1), H₂SO₄ al 20% durante dos minutos (T2),

H₂SO₄ al 90% durante un minuto (T3) (Pece *et al.*, 2010), imbibición en agua a temperatura ambiente durante 24 horas (T4) (Gil & Miranda, 2008), escarificación mecánica con lija (T5), (Suarez & Malgarejo, 2010). Los ambiente lumínico (Luz y Oscuridad) se obtuvieron manipulando la cantidad de luz que recibían las cajas de Petri, en el tratamiento "Luz" (L1) las semillas recibían 100% de luz, en el tratamiento "Oscuridad" (L2) las cajas de Petri fueron colocadas dentro de bolsas plásticas negras (Klekailo *et al.*, 2012). Cada unidad experimental se colocó en una caja de Petri con papel toalla Scott humedecido con 10 mL de agua destilada (Gil & Miranda, 2008).

Muestreo

Cada tres días se contaron las semillas germinadas (Klekailo *et al.*, 2012), el criterio utilizado para definir la germinación de las semillas para todas las pruebas fue la protrusión radicular, con una longitud de 5 mm a través de la cubierta seminal (Gil & Miranda, 2008).

Parámetros evaluados

Porcentaje de germinación (% G):
$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas}}{\text{N}^\circ \text{ de semillas sembradas} * 100}$$

Período de energía (PE): cantidad de días requeridos para alcanzar este máximo es el parámetro denominado periodo de energía (González *et al.*, 2008).

Índice de velocidad de germinación (IVG):
$$(G1/N1) + (G2/N2) + (Gn/Nn)$$
 (Herrera *et al.*, 2010)

Donde: N1, N2, ..., Nn: representan número de días desde la iniciación del ensayo de germinación. G1, G2, ..., Gn: representan número semillas germinadas en el día i-ésimo.

Índice de Germinación Relativa a la Luz (GRL):
$$GL / (GO + GL)$$
 (Klekailo *et al.*, 2012),

Donde: GL: % germinación a la luz, y GO: % germinación en oscuridad permanente.

El índice de GRL se halló en los métodos de escarificación en el que se registró el mayor porcentaje de germinación en luz u oscuridad (Funes *et al.*, 2009)

Análisis de resultados

Para cada una de las variables evaluada se realizó un análisis de varianza (ANAVA), se hizo comparación entre medias con LSD Fisher, con una confiabilidad del 95%, mediante el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2014).

Resultados

Porcentaje de germinación, período de energía e Índice de Velocidad de Germinación

El porcentaje de germinación de las semillas de borojo presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre métodos

de escarificación, el período de energía definido por Pece *et al.* (2010) como los días desde la siembra hasta que la tasa de germinación alcanza su máximo valor, presentó su máximo valor en el testigo a los 41 días, en tratamientos que presentaron % de germinación mayores a 50%, el período de germinación estuvo comprendido entre los 30 y 41 días, resultados similares a los reportados por Arenas *et al.* (1985) los cuales afirman que el período de energía de las semillas de borojo es de 40 días. El índice de velocidad de germinación definido por Pece *et al.* (2010) como el número de semillas germinadas por día, presentó diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$). T4 L2 y T2 L2 obtuvieron el mayor IVG con 5,71 y 4,07 respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de germinación, Período de energía e Índice de Velocidad de Germinación.

Tratamientos	Porcentaje de germinación	Periodo de energía	IVG
T1 L1	81 ± 6,83 ¹ A B	41	0,03 ± 0,59 C
T1 L2	88 ± 6,83 A	39	4,07 ± 0,59 A
T2 L1	57 ± 6,83 C D	33	0,03 ± 0,59 C
T2 L2	4 ± 6,83 E	31	0,05 ± 0,69 B C
T3 L1	3 ± 6,83 E	1	0,38 ± 0,84 B C
T3 L2	8 ± 6,83 E	6	0,28 ± 0,69 B C
T4 L1	42 ± 6,83 D	38	0,07 ± 0,59 B C
T4 L2	96 ± 6,83 A	33	5,71 ± 0,59 A
T5 L1	1 ± 6,83 E	24	0,04 ± 1,19 B C
T5 L2	68 ± 6,83 B C	39	1,86 ± 0,0,59 B

1:media y error estándar; letras distintas en la misma columna representan diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$).

Imbibición en agua a temperatura ambiente durante 24 horas presentó el mayor porcentaje de germinación (96%), en ambiente oscuridad, su germinación inició a los 11 días después de la siembra (dds), y presentó un crecimiento exponencial de los 14 a los 23 dds donde su %G fue de 85% (Figura 1), y obtuvo su período de energía a los 33 días, este resultado concuerda con Navarro *et al.* (2010) quienes afirman que la imbibición en agua ha sido reportada desde 2 hasta 48 horas, para mejorar la germinación de muchas especies de árboles tropicales. El tratamiento testigo presentó los porcentajes de germinación más altos (81% y 88%) en los ambientes de luz y oscuridad respectivamente, esta inició a los 20 días en ambiente luz, el cual presentó el mayor período de energía con 41 días y en ambiente de oscuridad la germinación inició a los 11 días y presentó un período de energía de 39 días. El %G de H₂SO₄ al 90% durante 1 minuto en los dos ambientes lumínicos, que fue el que inició la germinación a los dos días después de la siembra (Figura 1), aunque su período de energía fue el menor (1 en ambiente luz y 4 en oscuridad), H₂SO₄ al 20% durante dos minutos y escarificación mecánica en ambiente luz no presentaron diferencias significativas entre ellos ($P > 0,05$) presentando los porcentajes más bajos como se muestra en la tabla 1, resultados iguales se

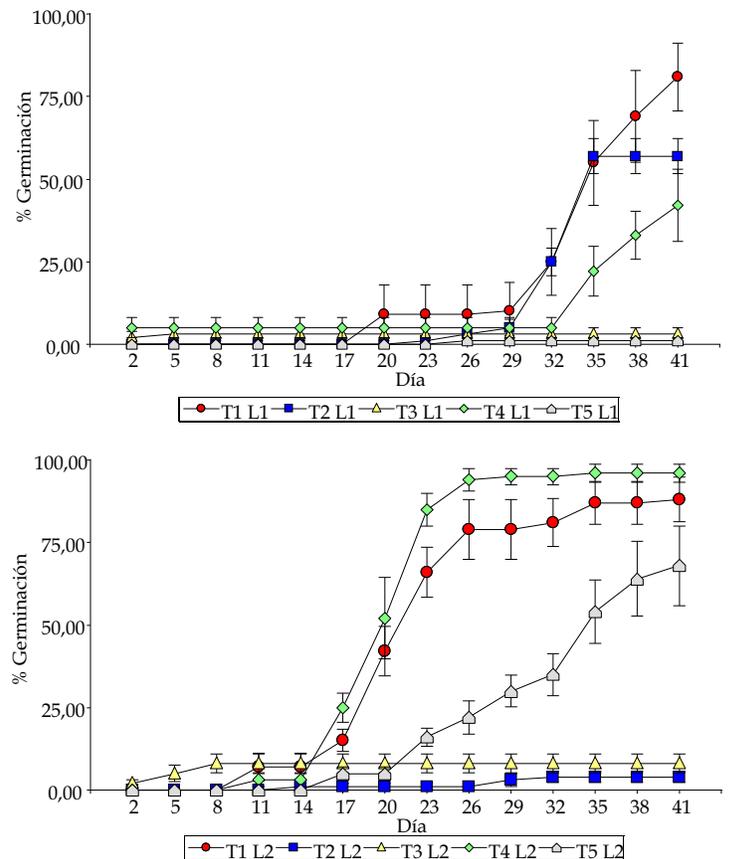


Figura 1. Porcentaje de germinación acumulada para semillas de borojo, en evaluación de cinco tipos de escarificación. a: ambiente luz; b: ambiente oscuridad.

presentaron en trabajos realizado por Orozco *et al.* (2010) donde las semillas tratadas con H₂SO₄ fueron las primeras en iniciar la germinación, en estudio realizado por Sanabria *et al.* (2004) se reportan resultados similares, donde la inmersión de semillas de *Cratylia argentea* en ácido no favoreció la germinación con la relación al testigo, de igual forma Godínez & Flores (1999) obtuvieron % de germinación en semillas tratadas con ácido sulfúrico menores al 30%, pero diferente en semillas sometidas a escarificación mecánica donde presentaron %G mayores al 70%. Estos dos tratamientos eliminan la testa que lo que puede facilitar la absorción de agua y permitir que ocurra una rápida imbibición, con los consecuentes efectos sobre los cotiledones y el rendimiento de la semilla (Méndez *et al.*, 2008), aunque la exposición el ácido sulfúrico además del rompimiento de la testa debilita la estructura de los tegumentos (Flores *et al.*, 1998), pero puede provocar eliminación completa de estos, lo que posiblemente causa daños al embrión y como consecuencia, se eleva el porcentaje de semillas muertas (Sanabria *et al.*, 2004).

Índice de Germinación Relativa a la Luz

El índice de Germinación Relativa a la Luz, expresa los requerimientos de luz para la germinación (Milberg *et al.*, 2000), este índice varía entre cero (germinación sólo en

oscuridad) y uno (germinación sólo a la luz), si el índice GRL es superior a 0,75 se considera que la especie es dependiente de la luz (fotoblásticas positivas), si es menor a 0,25 se considera repelente de la luz (fotoblásticas negativas), y si el valor está entre 0,25 y 0,75 se considera como indiferente a la luz (Piedrahita, 1997; Milberg *et al.*, 2000; Funes *et al.*, 2009; Klekailo *et al.*, 2012). En las semillas de borojo que no se realizó escarificación y en las semillas sometidas a imbibición durante 24 horas quienes presentaron los % de germinación más altos (>80%) el índice GRL fue de 0,479 y 0,304 respectivamente, lo que indica que la germinación de semillas de borojo es indiferente a la luz (no-Fotoblásticas), lo que denota la adaptación de la semilla a germinar en distintos ambientes lumínicos (Piedrahita, 1997).

Conclusiones

El método de escarificación con mejores resultados fue imbibición en agua durante 24 horas en ambiente oscuridad, presentó el mayor porcentaje de germinación con 96% y un período de energía de 33 días, 8 menos respecto a las semillas sin tratamiento de escarificación, quienes obtuvieron porcentajes de germinación mayor a 80% en los dos ambientes lumínicos, pero su período de energía fue el mayor con 41 y 39 días en ambiente luz y oscuridad respectivamente.

Los tratamientos de escarificación con HS₂O₄ y lija no favorecieron la germinación respecto al testigo. HS₂O₄ al 90% durante un minuto presentó %G menor a 10% en los dos ambientes lumínicos.

Las semillas son no-fotoblásticas lo que denota la adaptación de la germinación a distintos ambientes lumínicos.

Literatura citada

Angel-Sanchez, Y., Suárez-Salazar, J. & Durán-Bautista, E. 2014. Especies de uso potencial en arreglos agroforestales de cacao en la Amazonia Colombiana. Primera edición. Universidad de la Amazonia. Digital Edithores. Florencia-Caquetá. Pp 25

Arenas, E., Cuellar, H., De La Cruz, G. 1985. El "Borojo", *Borojoa patinoi* Cuatr., Cultivo promisorio para el Trópico Húmedo colombiano.

Coat-Urbaz, M., Mendez-Natera, J., Silva-Acuña, R & Mundarain-Padilla, S. 2014. Evaluación de métodos químicos y mecánicos para promover la germinación de semillas y producción de fosforitos en café (*Coffea arabica*) var. Catuaí Rojo. IDESIA 32 (1): 43-53.

Cuatrecasas, J. 1948. EL *Borojoa*, un nuevo género de Rubiaceae. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales. 7 (28): 474-477.

Daws, M., Burslem, D. Crabtree, L. Kirkman, P. Mullins, C., Dalling, J. 2002. Differences in seed germination responses may promote coexistence of four sympatric Piper species. *Funct. Ecol.* 16: 258-267.

Díaz-Ocampo, R.; García-Zapateiro, L.; Franco-Gómez, J. M. &

Vallejo-Torres, C. 2012. Caracterización bromatológica, fisicoquímica microbiológica y reológica de la pulpa de borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrec). *Ciencia y Tecnología* 5(1):17-24.

Di Rienzo, J., F. Casanoves, M. Balzarini, L. González, M. Tablado, & C. Robledo. 2014. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba. Consultado el 19 de abril de 2015. Disponible en www.infostat.com.ar.

Flores, F., Montes, J. & Manzano, M. 1998. Efecto de almacenamiento y tratamiento con ácido sulfúrico en semillas de *Brachiaria dictyoneura*. *Zootecnia Trop.* 16(2):277-286.

Funes, G.; Díaz, S.; Venier, P. 2009. La temperatura como principal determinante de la germinación en especies del Chaco seco de Argentina. *Ecología Austral* 19: 129-138

Gil, A., D. Miranda. 2008. Efecto de la temperatura, inmersión en agua y concentración de fitoreguladores sobre la germinación de semillas de papaya (*Carica papaya* L.). *Revista colombiana de ciencias hortícolas.* 2 (1): 9-20.

Giraldo, C., Rengifo, L., Aguilar, E. Gaviria, D., Alegría, A. 2004. Determinación del sexo en borojó (*Borojoa patinoi*, Cuatrecasas) mediante marcadores moleculares. *Revista Colombiana de biotecnología* 6 (2): 9-14.

Godínez, H. & Flores, A. 1999. Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para la restauración ecológica. *POLIBOTÁNICA* 11:1-19

González, M., I. Quiroz, E. Gracia, & B. Gutiérrez. 2008. Escarificación química con ácido sulfúrico como tratamiento pregerminativo para semillas de toromiro (*Sophora toromiro* Skotts.). *Ciencia e Investigación Forestal.* 14 (1): 111-118.

Gutiérrez, M., Miranda, D., Cárdenas-Hernández, J. 2011. Efecto de tratamientos pregerminativos sobre la germinación de semillas de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.), granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) y cholupa (*Passiflora maliformis* L.). *Revista colombiana de ciencias hortícolas* 5 (2): 209-219.

Herrera-Valencia, W., F. Lozano-Useche, C. Hernández-Londoño & A. Claros-Díaz. 2010. Germinación del achapo (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke- LEGUMINOSACEAE) Sometida a diferentes tratamientos en la Amazonia Colombiana. *Ingenierías & Amazonia.* 3 (2): 113-118.

Klekailo, G.N., D. Tuesca & I. Barberis. 2012. Efectos de la temperatura, el ambiente lumínico y la escarificación sobre la germinación de semillas de *Bromelia serra* Griseb. (Bromeliaceae). *Revista Brasileira de Sementes.* 34 (4): 605-612.

Navarro, M., Febles, G., Torres, V & Noda, A. 2010. Efecto de la escarificación húmeda y seca en la capacidad germinativa de las semillas de *Albizia lebeck* (L.) Benth. *Pastos y Forrajes,* 33 (2): 1-11.

Méndez-Natera, J., Merazo-Pinto, J., Montaña-Mata, N. 2008. Relación entre la tasa de imbibición y el porcentaje de

- germinación en semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Mill.). Revista UDO Agrícola 8 (1): 61-66
- Milberg, P., Andersson, L. & Thompson, K. 2000. Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. *Seed Science Research*, 10: 99-104.
- Orozco-Cardona, A.F., Franco-Herrera, N. & Taborda-Beltrán, L. A. 2010. Evaluación de tres métodos de escarificación en semillas de algarrobo. *Rev. Invest. Univ. Quindío* (20): 36-41. Armenia – Colombia.
- Pece, M., Gaillard, C., Acosta, M., Bruno, C. & Saavedra, S. 2010. Tratamientos pregerminativos para tipa colorada (*Pterogyne nitens* Tul.). *Foresta Veracruzana*. 12 (1): 17-25.
- Piedrahita, E. 1997. Germinación de semillas de Jacaranda copaia bajo condiciones contrastes de luz. *Crónica Forestal y del medio ambiente*. 12 (1): 1-4.
- Ramírez, B. Velásquez, J., Amézquita, C., Castañeda, E., & Bahamón, W. 2006. Producción de biomasa y captura de carbono en bancos de proteína en la Amazonia colombiana. *Pasturas Tropicales* 28 (3): 61-66.
- Sanabria, D., Silva-Acuña, R., Oliveros, M & Barrios, R. 2001. Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de *Centrosema rotundifolium*. *Bioagro* 13(3): 117-124.
- Sanabria, D., Silva-Acuña, R., Oliveros, M & Manrique, U. 2004. Germinación de semillas de las leguminosas arbustivas forrajeras *Cratylia argentea* y *Cassia moschata* sometidas a inmersión en ácido sulfúrico. *Bioagro* 16 (3): 225-230.
- Suárez, D., L. Melgarejo. 2010. Biología y germinación de semillas. Págs. 13-24 en: L. Melgarejo (ed.). *Experimentos en fisiología vegetal*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Vélez, J. 2004. El borojó, caso para Colombia. Bogotá-Colombia. Consultado el 11 de noviembre de 2015. Disponible en http://www.biotrade.org/meetingsevents/lima2/Forth-Nov05-Colombia_Borojo_2005_11_21.pdf.