

TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE DOS ESPECIES DEL GÉNERO *Coffea*

PREGERMINATIVE TREATMENTS IN SEEDS OF TWO SPECIES OF THE *Coffea* GENUS

Ortiz-Timoteo, V.¹; Ordaz-Chaparro, V.M.^{1*}; Aldrete, A.¹; Escamilla-Prado, E.²; Sánchez-Viveros, G.³; López-Romero, R.M.¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco Estado de México. C. P. 56230. ²Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Oriente. Carretera Huatusco-Xalapa km 6. Huatusco, Veracruz. C. P. 94100. ³Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria. Xalapa, Veracruz. C. P. 91000.

*Autor de correspondencia: ordaz@colpos.mx

RESUMEN

La semilla de café presenta germinación lenta y asincrónica, lo que incrementa el tiempo para la obtención de plántulas, y los gastos asociados. Se determinó el tratamiento pregerminativo (TP) que disminuye el tiempo de germinación de semillas de *Coffea arabica* L. var. Colombia y *Coffea canephora* P. var. Robusta. Se aplicaron cinco tratamientos pregerminativos en agua a semillas sin endocarpo: T1) inmersión 24 horas; T2) lijado más inmersión 24 horas; T3) inmersión a 40 °C por una hora; T4) inmersión 48 hora; y T5) lijado más inmersión 48 horas. Posteriormente, se sembraron en dos sustratos (arena y turba). Los tratamientos tuvieron tres repeticiones, con 25 semillas como unidad experimental, organizadas en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial. Las variables evaluadas fueron: días de inicio de la germinación (DIG), velocidad de emergencia (VE) y porcentaje de emergencia (PE). En *Coffea arabica*, el TP que disminuyó el periodo de germinación fue T1 al obtener plántulas emergidas a los 22 días, mayor vigor al obtener una VE de 0.55 plántulas emergidas por día e incrementó los PE de 59, 92 y 97% a los 30, 40 y 50 días, respectivamente. En *Coffea canephora*, el T1 presentó 0.40 en VE y el PE en 42% a los 30 días y 73% a los 50 días y el T2 incrementó el PE a los 40 y 50 días en 70 y 81%, respectivamente. El mejor sustrato fue la arena que redujo el periodo de la germinación de semillas de *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, a 26 y 23 días, aumentó la VE en 0.53 y 0.35 plántulas emergidas por día, respectivamente y el PE fue superior a 70% a los 50 días en ambas especies.

Palabras clave: Café, germinación asincrónica, endocarpo, endospermo, velocidad de germinación.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 4, abril. 2018. pp: 68-73.

Recibido: diciembre, 2017. **Aceptado:** abril, 2018.

ABSTRACT

Coffee seeds have slow and asynchronous germination, which increases the time needed to obtain seedlings, and the expenses associated. A pregerminative treatment (PT) was defined which decreases the germination time in seeds of *Coffea arabica* L. var. Colombia and *Coffea canephora* P. var. Robusta. Five pregerminative treatments in water were applied to seeds without endocarp: T1) immersion for 24 hours; T2) scraping plus immersion for 24 hours; T3) immersion for one hour at 40 °C; T4) immersion for 48 hours; and T5) scraping plus immersion for 48 hours. Subsequently, they were sown in two substrates (sand and peat-moss). The treatments had three replicates with 25 seeds as experimental unit, organized into a completely randomized design with factorial arrangement. The variables evaluated were: days to start of germination (DIG), speed of emergence (VE), and percentage of emergence (PE). In *Coffea arabica*, the PT that decreased the germination period was T1, obtaining seedlings at 22 days, with greater vigor with a VE of 0.55 emerged seedlings per day, and increased PE to 59, 92, and 97% on days 30, 40, and 50, respectively. In *Coffea canephora*, T1 presented 0.40 VE and PE of 42% at 30 days and 73% at 50 days, while T2 increased PE at 40 and 50 days by 70 and 81%, respectively. The best substrate was sand, which decreased the germination period of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* to 26 and 23 days, increased VE to 0.53 and 0.35 emerged seedlings per day, respectively, and had PE of more than 70% after 50 days in both species.

Key words: Coffee, asynchronous germination, endocarp, endosperm, speed of germination.

nación y diferentes sustratos, en las dos variedades comerciales de café: *Coffea arabica* y *Coffea canephora*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció durante 50 días en el Laboratorio de Semillas del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, en Texcoco, Estado de México, en un cuarto de germinación a 25 ± 1 °C, con luz blanca constante.

Se evaluaron semillas de *Coffea arabica* L. var. Colombia y *C. canephora* P. var. Robusta a los 30 días de la cosecha. Se les eliminó el endocarpio y se sometieron a tratamientos pregerminativos en agua: T1) inmersión 24 horas; T2) lijado más inmersión 24 horas; T3) inmersión a 40 °C por una hora; T4) inmersión 48 horas; y T5) lijado más inmersión 48 horas. El lijado se realizó a un costado del endospermo (lija de agua No. 100). Las semillas se sembraron a una profundidad de 1 cm en arena de río y turba en charolas de 1 L.

La unidad experimental fue de 25 semillas con tres repeticiones en cada especie en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 5×2 (tratamientos pregerminativos × sustrato). Se evaluaron los días de inicio de la germinación (DIG), de la siembra a la emergencia de la primera plántula; la velocidad de emergencia (VE) como $VE = \sum$ (número de plántulas emergidas/día de conteo) y el porcentaje de emergencia (PE) se calculó con $PE = (\sum G / N) \times 100$, donde G = número de plántulas emergidas a los 30, 40 y 50 días y N = número de semillas total. El análisis de varianza y comparación de medias (Tukey; $P \leq 0.05$) se realizaron en SAS y las variables que

INTRODUCCIÓN

Las especies de café cultivadas comercialmente son básicamente *Coffea arabica* L. y *C. canephora* P. (Mishra y Slater, 2012), mismas que aportan el 70 y 30% de la cosecha mundial del grano, respectivamente (Oliveira *et al.*, 2010). La semilla de café germina lentamente y en forma asincrónica (De Fariás *et al.*, 2015), manifiesta baja tolerancia a la desecación y longevidad reducida (Temis-Pérez *et al.*, 2011), que ocasiona pérdida de viabilidad (Da Rosa *et al.*, 2010), lo que dificulta la obtención de plántulas con buenos estándar de calidad (Castanheira *et al.*, 2013). Esta situación demanda mayor inversión económica por el periodo prolongado en la germinación (Coa *et al.*, 2014). Si bien la obtención de plantas depende de la germinación (Czarna *et al.*, 2016), destaca también la calidad del sustrato (Araméndiz-Tatis *et al.*, 2013).

En las semillas de café, el endocarpio puede prolongar la germinación (Coa *et al.*, 2014), por lo que su remoción (Fialho *et al.*, 2014), permite que la semilla germine en un tiempo menor (Patui *et al.*, 2014). Además, al escarificar las semillas (Kumar *et al.*, 2012) y eliminar la cubierta (Tung y Serrano, 2011) es posible acortar la fase de germinación. El objetivo de esta investigación fue probar diferentes formas de pretratamiento de las semillas para su germi-

no cumplieran con los supuestos se transformaron con la función arco-seno de la raíz cuadrada (Prado-Urbina et al., 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los análisis de varianza se observa efecto por tipo de sustrato y tratamientos pregerminativos, en el DIG, VE y PE de semillas de *C. arabica* (Cuadro 1). Además, hubo interacción entre los factores, excepto para PE (50 D) que resultó no significativa. En *C. canephora* hubo significancia por efecto del tratamiento pregerminativo y del sustrato para todas las variables. Sin embargo, la interacción de los factores se presentó solamente en las variables PE (40 D) y PE (50 D).

Efecto de los tratamientos pregerminativos

En *C. arabica*, los DIG respondieron al T1 y T3, cuyos valores fueron de 22 y 23 días, respectivamente y en *C. canephora*, sobresalió el T2 con 21 días (Cuadro 2) acortando la fase de germinación con relación a los 45 o 60 días señalados por Guevara et al. (1997). Probablemente la imbibición ocurrió en la primera semana y la protrusión de la radícula de los 13 a 15 días (Shimizu y Mazzafera, 2000). En la VE a los 30 días después de la siembra fue mayor con T1, tanto en *C. arabica* como en *C. canephora* (0.55 y 0.40 plántulas emergidas por día, respectivamente), expresando el vigor de las semillas.

El T1 en el PE a los 30, 40 y 50 días de la siembra, superó a los demás tratamientos (59, 92 y 97%, respectivamente). A los 30 días se comportó estadísticamente igual al T2 y, a los 40 días al T2 y al T3. A los 30 días, el PE en *C. canephora* con T1 fue de 42%, comportándose estadísticamente igual al T2 y al T3. El PE a los 40 y 50 días de T1 y T2, fueron superiores a 60% (Figura 1). Coa et al. (2014) reportaron resultados similares con la escarificación mecánica (lijado del pergamino) e inmersión de agua durante 24 y 48 horas a los 25 días. Al respecto, Gebreselassie et al. (2010) encontraron que las semillas de *C. arabica* remojadas por 12 y 72 horas tuvieron 13.28 y 49.80%, respectivamente, mejor emergencia

Cuadro 1. Análisis de varianza (cuadrados medios) en variables de germinación y emergencia de semillas de *Coffea arabica* y *Coffea canephora*.

Especie	FV	DIG	VE	Porcentaje de emergencia (PE)		
				30 días	40 días	50 días
<i>C. arabica</i>	TP	257.80***	0.29***	13428.05***	0.0058***	418.11***
	S	33.84**	1.29***	13324.14***	0.0009**	56.03**
	TP*S	73.11***	0.17***	7376.44***	0.0009***	6.61NS
	CV %	7.52	20.68	19.35	12.24	11.48
<i>C. canephora</i>	TP	29.42**	0.10***	0.0017***	0.0023***	0.0026***
	S	27.58*	0.34**	0.0055***	0.0051***	0.0041***
	TP*S	8.56NS	0.02NS	0.0002NS	0.0009**	0.0015***
	CV %	8.29	44.75	22.92	15.17	14.00

DIG=Días de inicio de la germinación; VE=velocidad de emergencia; FV=factor de variación; TP=tratamiento pregerminativo; S=sustrato; CV=coeficiente de variación. *=P≤0.05; **=P≤0.01; ***=P≤0.0001; NS=no significativo.

Cuadro 2. Variables de germinación y emergencia en semillas de café.

Tratamiento pregerminativo	Días de inicio de la germinación (DIG)		Velocidad de emergencia (VE)	
	Ca	Cc	Ca	Cc
Inmersión 24 horas (T1)	22a	22ab	0.55a	0.40a
Lijado más inmersión 24 horas (T2)	24ab	26c	0.47ab	0.29ab
Inmersión a 40 °C por una hora (T3)	23a	21a	0.37b	0.33ab
Inmersión 48 horas (T4)	27b	25bc	0.14c	0.15bc
Lijado más inmersión 48 horas (T5)	38c	26c	0.00d	0.07c

Ca=*Coffea arabica*; Cc=*Coffea canephora*. Medias con letras distintas en cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey; P≤0.05). n=3.

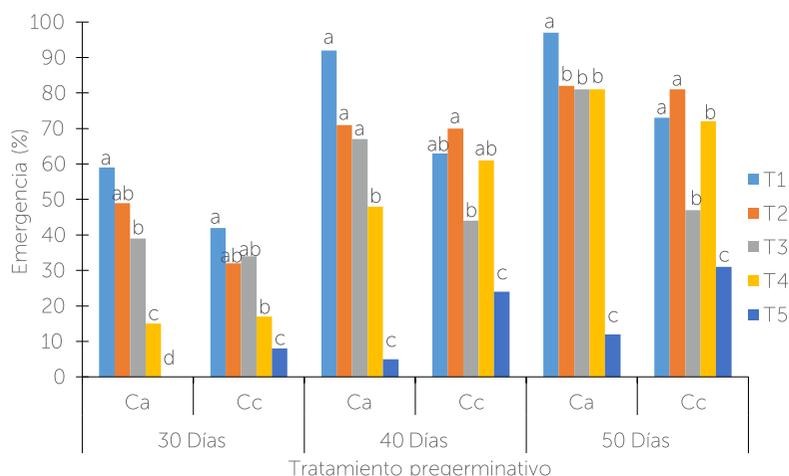


Figura 1. Emergencia en semillas de café en función de los tratamientos pregerminativos. T1=inmersión 24 horas; T2=lijado más inmersión 24 horas; T3=inmersión a 40 °C por una hora; T4=inmersión 48 horas; T5=lijado más inmersión 48 horas. Ca=*Coffea arabica*; Cc=*Coffea canephora*. Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey; P≤0.05).

a los 45 días de la siembra y Mohammed *et al.* (2013) alcanzaron hasta 76.47% con remojo por 72 horas. La escarificación mecánica (lijado del endospermo) con la inmersión 24 horas en agua muestra ser factible para el PE en la mayoría de las fechas (30, 40 y 50 días) de evaluación de *C. arabica* y *C. canephora*.

Efecto del sustrato

Los DIG con la arena fueron de 26 y 23 días para *C. arabica* y *C. canephora*, respectivamente (Cuadro 3), cuya respuesta puede relacionarse a las características de la arena de acuerdo con Pire y Pereira (2003), dado que ésta presenta 37.3, 4.7 y 32.6% de porosidad total, porosidad de aireación y porosidad de retención de humedad, respectivamente y la turba 73.57, 7.45 y 66.12%, respectivamente (Puerta *et al.*, 2012). Por lo anterior, este sustrato requería porosidad de aireación ligeramente superiores al 30% (Hernández-Zarate *et al.*, 2014). Los DIG empezaron entre los 23 y 28 días, que se relaciona con la emisión de la radícula (15 días) de semillas sin endocarpo (Patui *et al.*, 2014). La VE sobresalió en la arena con 0.53 plántulas emergidas por día en *C. arabica*, valor más elevado que 0.35 plántulas obtenidas en *C. canephora* por la calidad debido a que las semillas de café presentan problemas en la calidad fisiológica (Fialho-Rubim *et al.*, 2014).

La arena favoreció el PE en *C. arabica* a los 30, 40 y 50 días de la siembra con 52, 69 y 74%, respectivamente, superó a los valores de PE de las semillas sembradas en turba (Figura 2). Estos

resultados son superiores a los de Guevara *et al.* (1997). Un buen sustrato garantiza altos porcentajes en la producción de plantas (Aparicio *et al.*, 1999) como la arena que también ha sido satisfactorio en *Stevia rebaudiana* y *Tagetes minuta* en arena (Kumar y Sharma, 2012).

Efecto de la interacción tratamiento pregerminativo y sustrato

Los DIG fueron 19 y 20 en *C. arabica* cuando se aplicó T3 y T1, respectivamente, y la arena como sustrato. (Cuadro 4). En relación con la VE, el T2 y la arena presentaron los valores más elevados con 0.88 plántulas emergidas por día a los 30 días.

El efecto de la interacción (tratamiento pregerminativo por sustrato) fue significativo a los 30 días en el PE de *C. arabica*, resultados superiores a 70% se alcanzaron con T1, T2 y T3, y la siembra en arena. Una tendencia similar se observó a los 40 días de la siembra, destacando T1 y T2, y la arena con 99 y 92%, respectivamente. A los 50 días la mejor combinación se observó con T1 y la arena (100% en PE).

En *C. canephora* T2 y la siembra en arena, destacó como la mejor combinación con 19 de DIG. En relación con la VE, el T2 y la siembra de *C. canephora* en arena, presentó 0.47 plántulas emergidas a los 30 días (Cuadro 5).

El PE en T3 y arena a los 30 días fue mejor con 49%, a los 40 y 50 días sobresalieron T1, T3 y T4, y arena,

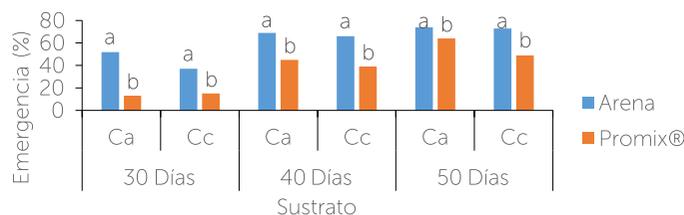


Figura 2. Emergencia en semillas de café en dos sustratos. Ca=*Coffea arabica*; Cc=*Coffea canephora*.

Cuadro 3. Variables de germinación y emergencia en semillas de café en dos sustratos.

Sustrato	Días de inicio de la germinación (DIG)		Velocidad de emergencia (VE)	
	<i>C. arabica</i>	<i>C. canephora</i>	<i>C. arabica</i>	<i>C. canephora</i>
Arena	26a	23a	0.53a	0.35a
Turba	28b	25b	0.11b	0.13b

Medias con letras distintas en cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey; P≤0.05). n=3.

Cuadro 4. Variables de germinación y emergencia en semillas de *Coffea arabica*.

Tratamiento	Sustrato	Días de inicio de la germinación (DIG)	Velocidad de emergencia (VE)	Porcentaje de emergencia (PE)		
				30 D	40 D	50 D
T1	Arena	20a	0.68b	72a	99a	100a
T2		22ab	0.88a	91a	92a	93ab
T3		19a	0.73ab	76a	85ab	88ab
T4		23ab	0.29c	30b	71ab	87ab
T5		43e	0.00d	0c	0e	12c
T1	Turba	24abc	0.42c	47b	85ab	93ab
T2		26bc	0.07d	8c	49bc	71b
T3		26bc	0.02d	3c	52.0bc	75b
T4		29cd	0.04d	5c	25cd	75b
T5		26bc	0.02d	5c	52bc	75b

D=días; T1=inmersión 24 horas; T2=lijado más inmersión 24 horas; T3=inmersión a 40 °C por una hora; T4=inmersión 48 horas y T5=lijado más inmersión 48 horas. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey; P≤0.05). n=3.

alcanzando valores entre 60 y 90%, asimismo la combinación de T1 y T3 con turba, sobresalieron con resultados entre 50 y 80% en PE (Cuadro 5). Al respecto, Gebrelassie *et al.* (2010) destacan que la remoción del pergamino y el remojo en agua mejoran la emergencia. Con relación a T2 y T4, probablemente el exceso del agua promovido por la turba no favoreció los resultados, ya que tiene mayor capacidad de retención de humedad que la arena.

CONCLUSIONES

El tratamiento pregerminativo de inmersión en agua durante 24 horas favorece la germinación, velocidad y porcentaje de emergencia en *Coffea arabica*. En *Coffea canephora* la inmersión en agua 24 horas y lijado del endocarpo disminuyen el periodo y aumentan el porcentaje de germinación. Entre los sustratos, la arena disminuye el periodo de la germinación de semillas en *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, al reducir los días de

inicio de la germinación, aumentar la velocidad y el porcentaje de germinación. Por lo tanto, el periodo de germinación en *Coffea arabica* disminuye al combinar la inmersión 24 horas, lijado más inmersión 24 horas e inmersión a 40 °C por una hora con la arena y en *Coffea canephora* con la inmersión en agua 24 horas, inmersión a 40 °C por una hora e inmersión 48 horas, con el sustrato arena y la inmersión 24 horas e inmersión a 40 °C por una hora en turba.

Cuadro 5. Variables de germinación y emergencia en semillas de *Coffea canephora* en función de la interacción (tratamiento pregerminativo por sustrato).

Tratamiento	Sustrato	Días de inicio de la germinación (DIG)	Velocidad de emergencia (VE)	Porcentaje de emergencia (PE)		
				30 D	40 D	50 D
T1	Arena	21ab	0.44ab	45ab	64a	75a
T2		19a	0.47a	48ab	60a	61ab
T3		23bcd	0.45ab	49a	81a	87a
T4		25bcd	0.25abcd	28abcd	76a	80a
T5		26cd	0.15abcd	16bcd	48ab	63ab
T1	Turba	21ab	0.37abc	39abc	63a	72a
T2		24bcd	0.12bcd	12cd	20b	26b
T3		28d	0.13bcd	15bcd	59a	76a
T4		26cd	0.06cd	7de	45ab	64ab
T5		0e	0.00d	0e	0c	0c

D=días; T1=inmersión 24 horas; T2=lijado más inmersión 24 horas; T3=inmersión a 40 °C por una hora; T4=inmersión 48 horas y T5=lijado más inmersión 48 horas. Medias con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey; P≤0.05). n=3.

LITERATURA CITADA

- Aparicio R.A., Cruz J.H., Alba L.J. 1999. Efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* Sch. et Cham., *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus pseudostrabus* Lindl. en condiciones de vivero. *Foresta Veracruzana* 1: 31-34.
- Araméndiz-Tatis H., Cardona-Ayala C., Correa-Álvarez E. 2013. Efecto de diferentes sustratos en la calidad de plántulas de berenjena (*Solanum melongena* L.). *Rev. Colomb. Cien. Hortic.* 7: 55-61.
- Castanheira G.G., Veiga F.R.S.D., Serafim C.L.F., Delly V.A., Sampaio C.A.C. 2013. Minimum period to assess the potential of germination of coffee seeds. *J. Seed Sci.* 35: 347-352.
- Coa U.M., Méndez N.J.R., Silva A.R., Mundarain P.S. 2014. Evaluación de métodos químicos y mecanismos para promover la germinación de fosforitos en café (*Coffea arabica*) var. Catuai Rojo. *IDESIA* 32: 43-53.
- Czarna M., Kolodziejczak M., Janska H. 2016. Mitochondrial proteome studies in seeds during germination. *Proteomes* 4: 1-16.
- Da Rosa S.D.V.F., McDonald M.B., Veiga A.D., Villela F.L., Ferreira I.A. 2010. Staging coffee seedling growth: a rationale for shortening the coffee seed germination test. *Seed Sci. Technol.* 38: 421-431.
- De Farias E.T., Amaral da S.E.A., Toorop P.E., Derek B.J., Hilhorst H.W.M. 2015. Expression studies in the embryo and in the micropylar endosperm of germination coffee (*Coffea arabica* cv. Rubi) seeds. *Plant Growth Regul.* 75: 575-581.
- Fialho R.R., Duarte V.H., Fontes A.E., Sanazário O.A.C., Pio V.A. 2014. Emergence of conilon coffee seedlings originating from seeds treated with a sodium hypochlorite solution. *Am. J. Plant Sci.* 5: 1819-1830.
- Gebreselassie W., Mohammed A., Netsere A. 2010. Pre-sowing treatment of coffee (*Coffea arabica* L.) seeds to enhance emergence and subsequent growth of seedlings. *Res. J. Seed Sci.* 3: 218-226.
- Guevara E., Herrera J., Alizaga R. 1997. Efecto del sustrato y su condición hídrica sobre la germinación de semilla de café caturra. *Agron. Costar.* 21: 207-216.
- Hernández-Zarate L., Aldrete A., Ordaz-Chaparro V.M., López-Upton J., López-López M.A. 2014. Crecimiento de *Pinus montezumae* Lamb. en vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos. *Agrociencia* 48: 627-637.
- Kumar R., Misra K.K., Misra D.S., Brijwal M. 2012. Seed germination of fruits crops: a review. *HortFlora Res. Spectr.* 1: 199-207.
- Kumar R., Sharma S. 2012. Effect of light and temperature on seed germination of important medicinal and aromatic plants in north western Himalayas. *Int. J. Med. Arom. Plants* 2: 468-475.
- Mishra M.K., Slater A. 2012. Recent advances in the genetic transformation of coffee. *Biotech. Res. Int.* 2012. Article ID 580857. doi: 10.1155/2012/580857
- Mohammed A., Gebreselassie W., Nardos T. 2013. Effect of effective microorganisms (EM) seed treatment and types of potting mix on the emergence and growth of coffee (*Coffea arabica* L.) seedlings. *Int. J. Agric. Res.* 8: 34-41.
- Oliveira V.R., Costa M.J.M., Pot D., Batista A.A., Carvalho A.A., Protasio P.L.F., Colombo C.A., Gonzaga E.V.L., Falsarella C.M., Amarante G.P.G. 2010. A high-throughput data mining of single nucleotide polymorphisms in *Coffea* species expressed sequence tags suggest differential homeologous gene expression in the allotetraploid *Coffea arabica*. *Plant Physiol.* 154: 1053-1066.
- Patui S., Clincon L., Peresson C., Zancani M., Conte L., Del Terra L., Navarini L., Vianello A., Braidot E. 2014. Lipase activity and antioxidant capacity in coffee (*Coffea arabica* L.) seeds during germination. *Plant Sci.* 219-220: 19-25.
- Pire R., Pereira A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. *Propuesta metodológica. Bioagro* 15: 55-63.
- Prado-Urbina G., Lagunes-Espinoza L.C., García-López E., Bautista-Muñoz C.C., Camacho-Chiu W., Mirafuentes G.F., Aguilar-Rincón V.H. 2015. Germinación de semillas de chiles silvestres en respuesta a tratamientos pre-germinativos. *Ecosist. Rec. Agrop.* 2: 139-149.
- Puerta A.C.E., Russián L.T., Ruiz S.C.A. 2012. Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) en sustratos orgánicos a base de mezclas con fibra de coco. *Rev. Cient. UDO Agríc.* 12: 298-306.
- Shimizu M.M., Mazzafera P. 2000. A role for trigonelline during imbibition and germination of coffee seeds. *Plant Biol.* 2: 605-611.
- Temis-Pérez A.L., López-Malo V.A., Sosa-Morales M.E. 2011. Producción de café (*Coffea arabica* L.): cultivo, beneficio, plagas y enfermedades. *Temas Sel. Ingen. Alim.* 5: 54-74.
- Tung L. D., Serrano E.P. 2011. Effects of warm water in breaking dormancy of rice seed. *Omonrice* 18: 129-136.