Agronomía Mesoamericana

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Nota técnica
Volumen 31(3):781-792. Septiembre-diciembre, 2020
e-ISSN 2215-3608, doi:10.15517/am.v31i3.37775

Influencia de la sombra y la escarificación sobre la germinación de *Ischaemum rugosum* Salisb.[1]

Influence of shade and scarification on the germination of *Ischaemum rugosum* Salisb.

Mary Pamela Portuguez-García[2], Ana María Rodríguez-Ruiz[2], Franklin Herrera-Murillo[2], María Isabel González-Lutz[3]

[1] Recepción: 22 de julio, 2019. Aceptación: 27 de abril, 2020. Este trabajo formó parte de la tesis de licenciatura de la primera autora denominada Evaluación de diferentes métodos para la ruptura de la latencia en la semilla de la maleza del arroz, zacate manchado (*Ischaemum rugosum*) Salisb. que formó parte del proyecto de investigación B6017 "Estudio de la posible resistencia simple o cruzada a herbicidas inhibidores de la (ALS) en *Ischaemum rugosum* Salisb. y propuestas para su manejo". Universidad de Costa Rica.

[2] Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, La Garita, Alajuela, Costa Rica. mary.portuguez@ucr.ac.cr (https://orcid.org/0000-0002-3520-7699), amrodriguezster@gmail.com (https://orcid.org/0000-0002-4312-3188), franklin.herrera@ucr.ac.cr (https://orcid.org/0000-0001-5106-7940).

[3] Universidad de Costa Rica, Escuela Estadística, San Pedro, San José, Costa Rica. mariaisabel.gonzalezlutz@ucr.ac.cr (https://orcid.org/0000-0002-3073-7746).

Resumen

Introducción. El porcentaje de sombra y la escarificación pueden influir en la germinación de la maleza *Ischaemum rugosum* Salisb. El conocimiento de estos aspectos permitiría establecer medidas exitosas para un manejo integrado de esta especie. **Objetivo.** Comparar la influencia de diferentes porcentajes de sombra sobre la germinación de *I. rugosum* Salisb. escarificadas y no escarificadas. **Materiales y métodos.** El experimento se realizó en micro túneles en la época seca y en la de transición a lluviosa, en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica, durante el 2016. En la época seca, se utilizaron los porcentajes de sombra: 0 %, 30 %, 50 %, 70 % (sarán verde) y 100 % (sarán negro). En la transición a lluviosa, se utilizaron los mismos porcentajes, pero se cambió el sarán negro por sarán blanco 70 %; en ambos experimentos se emplearon semillas escarificadas y no escarificadas de la maleza y se contabilizó la germinación. Los datos se analizaron con regresión logística y una prueba de hipótesis para los coeficientes de regresión con un nivel de significancia del 5 %. **Resultados.** En la época seca hubo mayor germinación con semillas no escarificadas y 50 % de sombra. Durante la transición a época lluviosa la máxima germinación ocurrió a los cuatro días después de siembra (dds), bajo 50 % de sombra y con semilla escarificada, y a los quince días después de siembra la germinación más alta (razón de ventaja 8,67 a 1) ocurrió con 70 % de sombra, sarán verde y semilla escarificada. **Conclusión.** La escarificación permitió un aumento de la germinación en la época transición a lluviosa, no ocurrió así en la época seca. En ambas épocas hubo influencia positiva en la germinación con los porcentajes de sombra de 50 % y 70 %.

Palabras clave: dormancia de semillas, biología de las malezas, radiación solar, sarán.

Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escriba a pccmca@ucr.ac.cr o pccmca@gmail.com

Abstract

Introduction. The percentage of shade and scarification can influence the germination of *Ischaemun rugosum* Salisb. Knowledge of these aspects would allow establishment of successful measures for an integrated management of this species. **Objective.** To compare the influence of different percentages of shade on the germination of scarified and not scarified *I. rugosum* Salisb. **Materials and methods.** This experiment was carried out in micro-tunnels during the dry season and the transition to the rainy season, at Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station, Alajuela, Costa Rica, during 2016. In the dry season, the following shade percentages were used 0 %, 30 %, 50 % (green saran), and 100 % (black saran). In the transition to the rainy season, the same percentages of shade were used, but the black saran was changed to 70 % white saran, in both experiments scarified and non-scarified seeds of the weed were used and germination was counted. The data were analyzed with logistic regression and a hypothesis test for the regression coefficients with a significance level of 5 %. **Results.** In the dry season there was greater germination with non-scarified seeds and 50 % shade. During the transition to the rainy season the highest germination occurred at four days after sowing (dds), under 50 % shade and with scarified seed, and fifteen days after sowing the highest germination (odds ratio 8.67 to 1) occurred with 70 % shade, green saran and scarified seed. **Conclusion.** Scarification allowed an increase in germination in the transition to the rainy season, not in the dry season. In both seasons there was a positive influence on germination with the shade percentages of 50 % and 70 %.

Keywords: seed dormancy, weed biology, solar radiation, saran.

Introducción

La principal limitante en la producción de arroz es la presencia de malezas (Agüero, 1996; Valverde, 2000; Fuentes et al., 2006). Una de las malezas más problemáticas en este cultivo es *Ischaemum rugosu*m Salisb., ya que es altamente competitiva, posee semillas similares a las del arroz y esto provoca que se mezcle con él, lo cual disminuye su calidad; otras características que favorecen la competitividad con el arroz son la capacidad de poseer plasticidad fenotípica y la habilidad de generar una muy fuerte competencia (Marenco y Santos, 1999; Giraldo, 2009; Awan et al., 2014).

Dentro de las medidas que se toman para el control de *I. rugosum* Salisb. está el uso del herbicida bispiribac sodio, no obstante, se ha presentado una limitante con respecto a su eficacia, la cual posiblemente se debe a la presencia de resistencia de estas plantas a dicho herbicida (Valverde, 2007; Hernández, 2011; Ortiz et al., 2013). Para confirmar esto es necesario someter las plantas de la especie considerada resistente a diferentes pruebas y para estas se debe contar primero con poblaciones uniformes de esta maleza (Heap, 2016).

El proceso de obtención de plántulas de *I. rugosum* Salisb. se ve impedido por la presencia de latencia en sus semillas (Vargas, 1994; Jarma et al., 2007; Ortiz et al., 2013). Por lo tanto, se requiere disponer de un método que permita romper la latencia y así obtener poblaciones uniformes en cuanto a la densidad y estado de desarrollo de las plántulas.

La latencia es un periodo que experimentan algunas semillas en el cual son incapaces de germinar a pesar de que se encuentran sanas, viables y bajo las condiciones adecuadas para que inicie el proceso de germinación (Benech et al., 1990; De-la-Cuadra, 1993; Varela y Arana, 2011; Moreno, 2012). La latencia de *I. rugosum* Salisb. se ha catalogado como primaria, debido a la presencia de glumas, las cuales impiden su germinación (Pabón, 1983; Marenco y Reis, 1998; Jarma et al., 2007). Además, esta especie se ha catalogado como fotoblástica positiva, la cual germina cuando se presenta un estímulo de radiación solar (Pabón, 1983; Vargas, 1994; Bakar y Nabi, 2003; Jarma et al., 2007).

Agron. Mesoam. 31(3):781-792, septiembre-diciembre, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i3.37775

En algunas especies la germinación es favorecida por el ingreso de la radiación solar, a estas especies se les denomina fotoblásticas positivas, y este proceso se encuentra regulado por los fitocromos (A y B), los cuales son pigmentos responsables de la captación de la radiación solar que ocurre en un rango de longitud de onda de 660 nm a 730 nm, sin embargo, ya a una longitud de onda de 730 nm los fitocromos se encuentran de forma inactiva y en ese caso, las semillas podrían entrar en periodo de latencia. Dentro de las especies de la familia Poaceae que se clasifican como fotoblásticas positivas, se encuentra *I. rugosum* Salisb, *Digitaria horizontalis* Willd, *Rhynchelytrum repens* Willd. y *Setaria geniculat*a P. Beauv. (Klein y Martins, 1991; Bakar y Nabi, 2003; Jarma et al., 2007).

Se ha estudiado el efecto del porcentaje de sombra mediante el uso de saranes sobre la germinación de algunas especies de semillas como en níspero (*Manilkara zapota* L.) (Buitrago et al., 2004), semillas forestales como *Oreopanax floribundum* (Kunth) Decne. & Planch. (Montes et al., 2012) y plátano (*Musa paradisiac*a) (Alfaro, 2016). En estos estudios el sarán utilizado proporcionó un método adecuado para la obtención de sombra en condiciones controladas, debido a que dicho material retuvo el ingreso de radiación solar a los tratamientos de germinación.

La escarificación mecánica es un método que se utiliza para la ruptura de la latencia física, esta puede realizarse mediante papel lija, navaja, o aguja, lo cual provoca que las semillas se vuelvan permeables al agua, debido a la remoción de las capas que cubren las mismas (Baskin y Baskin, 2014). En semillas de *I. rugosum* Salisb. se obtuvo un 70 % de germinación cuando fueron escarificadas de forma mecánica, mientras que con la escarificación manual mediante punteadura, se alcanzó un 10 % y fue 0 % cuando en la escarificación se empleó el ácido sulfúrico (Jarma et al., 2007). Otro estudio indicó que la germinación de las semillas de *I. rugosum* recién cosechadas a los diez días después de siembra (dds), fue de 62 % en semillas escarificadas y 15 % en semillas no escarificadas (Pabón, 1983).

El presente trabajo tuvo como objetivo comparar la influencia de diferentes porcentajes de sombra sobre la germinación de semillas de *I. rugosum* Salisb. escarificadas y no escarificadas.

Materiales y métodos

Este experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. Se realizó en dos periodos, durante la época seca (24 de febrero al 23 de marzo) y durante la transición de época seca a lluviosa (21 de abril al 20 de mayo), ambos durante el año 2016. Durante la ejecución del experimento en época seca la temperatura máxima promedio fue de 32,32 °C, la temperatura mínima promedio fue de 18,48 °C, la humedad relativa máxima promedio fue de 85,03 %, la humedad relativa mínima promedio fue de 35,30 %, la precipitación promedio fue de 0,02 mm y la velocidad del viento promedio fue de 12,34 m s^{-1}; en caso de la transición de época seca a lluviosa las condiciones climáticas fueron las siguientes: temperatura máxima promedio de 31,06 °C, temperatura mínima promedio de 19,05 °C, humedad relativa máxima promedio de 97,33 %, humedad relativa mínima promedio de 48,69 %, precipitación de 4,33 mm y velocidad de viento promedio de 9,44 m s^{-1}.

En el estudio se utilizó semilla de *Ischaemum rugosum* Salisb., esta se recolectó en noviembre del 2015 en un cultivo de arroz ubicado en Playa Bandera, que se encuentra situada en el cantón de Parrita de la provincia de Puntarenas, entre las coordenadas 9°30’32.2”N y 84°23’4.82”O.

Para la recolección del material se recorrió el lote de forma aleatoria. La semilla se tomó de los racimos maduros (Figuras 1 A y B).

El conjunto de racimos (o semillas) se introdujeron en una bolsa plástica, se mezclaron y para su secado se dejaron durante una semana en una casa malla. Posteriormente, se trasladaron al Laboratorio de Malezas en la EEAFBM, donde se almacenaron en frascos de plástico, los cuales se mantuvieron a temperatura ambiente durante el desarrollo de los experimentos.

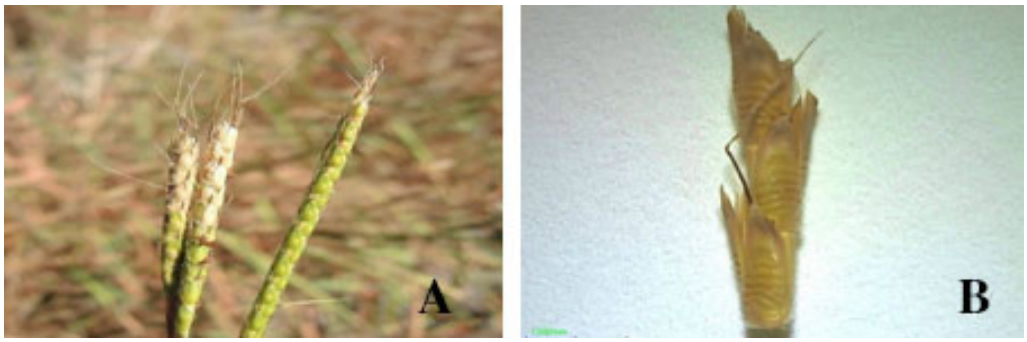

Figura 1. A) Inflorescencias de *Ischaemum rugosum* Salisb., que iniciaron la etapa de maduración. B) Racimos maduros de *I. rugosum* Salisb. Alajuela, Costa Rica. 2017.

Figure 1. A) Inflorescences of *Ischaemum rugosum* Salisb. which started the maturation stage. B) Mature racemes of *I. rugosum* Salisb. Alajuela, Costa Rica. 2017.

Se evaluó el efecto de la escarificación bajo cinco porcentajes de sombra. En época seca se utilizaron cuatro tipos de sarán que permitieron a las semillas recibir los siguientes porcentajes de sombra: 30 %, 50 %, 70 % (color verde) y 100 % (color negro), además se incluyó un tratamiento a plena exposición sin uso de sarán (0 % de sombra) (Cuadro 1). En el experimento realizado en la transición a época lluviosa, solamente se sustituyó el tratamiento con 100 % de sombra por 70 % de sombra (color blanco), porque este tipo de sarán es el que se utiliza comúnmente en los invernaderos (Cuadro 2).

Cuadro 1. Tratamientos de escarificación de *Ischaemum rugosu*m Salisb., evaluados durante la época seca (24 de febrero al 23 de marzo). Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Table 1. Scarification treatments of *Ischaemum rugosum* Salisb., evaluated during the dry season (February 24 to March 23). Agricultural Experimental Station Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Porcentaje de sombra (%)	Semilla
0	No escarificada
0	Escarificada
30	No escarificada
30	Escarificada
50	No escarificada
50	Escarificada
70	No escarificada
70	Escarificada
100	No escarificada

Se ha demostrado que las plantas son capaces de responder a la intensidad y color de cobertura utilizada (Zhang y Folta, 2012), por ello, se eligieron tres colores, el verde para simular la cobertura vegetal, el negro para representar la ausencia total de radiación solar y el blanco para suponer las condiciones de un invernadero, el cual, proporciona 70 % de sombra.

La elección de los porcentajes seleccionados se hizo para detectar si el aumento de sombra favorece la germinación, por esta razón se emplearon: 0 % como testigo, 30 %, 50 % y 70 % de sombra.

Agron. Mesoam. 31(3):781-792, septiembre-diciembre, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i3.37775

Cuadro 2. Tratamientos de escarificación de *Ischaemum rugosum* Salisb., evaluados durante la transición a la época lluviosa (21 de abril al 20 de mayo). Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Table 2. Scarification treatments of *Ischaemum rugosum* Salisb., evaluated during the transition to the rainy season (April 21 to May 20). Agricultural Experimental Station Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Porcentaje de sombra (%)	Semilla
0	No escarificada
0	Escarificada
30	No escarificada
30	Escarificada
50	No escarificada
50	Escarificada
70 a	No escarificada
70 a	Escarificada
70 b	No escarificada
70 b	Escarificada

a= sarán color verde; b= sarán color blanco / a= green saran; b= white saran.

Cada sarán se colocó sobre tubos de PVC (policloruro de vinilo) de 1,27 cm, y se aseguró con prensas. Los tubos se encontraban en forma de arco a un ancho de aproximadamente 90,0 cm y 70,0 cm de altura máxima sobre una mesa construida a base de acero y con malla metálica tejida galvanizada en la parte superior. Las medidas de la mesa fueron de 4,0 m de largo, 1,0 m de ancho y 0,6 m de alto. Cada micro-túnel se replicó dos veces, para un total de diez micro-túneles, los cuales fueron colocados en un campo al aire libre, siguiendo la dirección de norte a sur, en dos filas, con una separación entre ellas de 2,0 m. La separación entre micro-túneles fue de 3,0 m (Figura 2).

Figura 2. Micro túneles colocados en campo abierto para observar la influencia del porcentaje de sombra sobre la germinación de semillas escarificadas y no escarificadas de *I. rugosum* Salisb. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM). Alajuela, Costa Rica. 2016.

Figure 2. Micro tunnels placed in open fields, to study the influence of the shade percentage on the germination of scarified and non-scarified *I. rugosum* Salisb. seeds. Agricultural Experimental Station Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM). Alajuela, Costa Rica. 2016.

La escarificación de la semilla se hizo de forma manual; con una pinza y un bisturí se desprendieron las glumas de la semilla, procurando no maltratar el embrión o alguna otra parte de la cariópside. La escarificación se realizó una semana antes de la siembra hasta completar el número de cariópsides requeridas para el experimento. Dado que cada unidad de dispersión (Figura 3 A) posee dos cariópsides (Figura 3 B), se escogió la de semillas más grandes, la cual proviene de la gluma inferior.

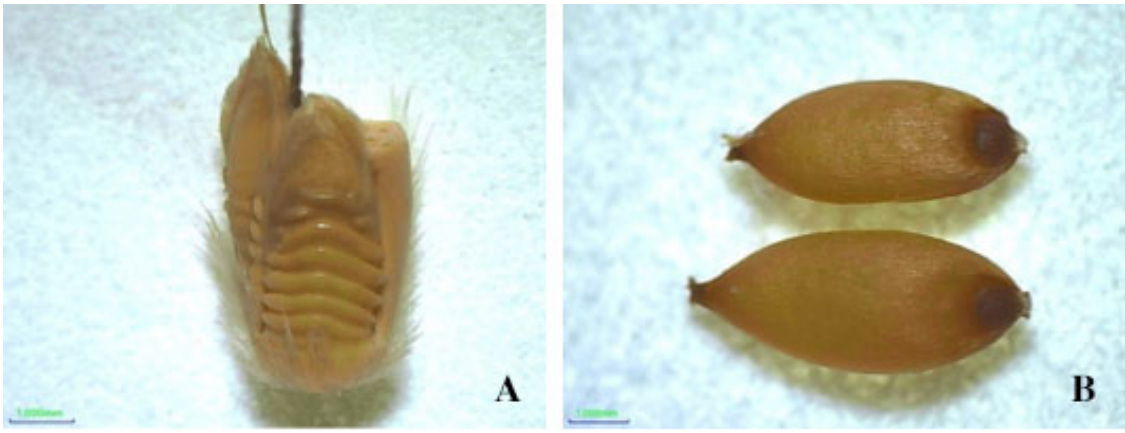

Figura 3. Semillas de *I. rugosum* Salisb. A) Espiguilla (semillas no escarificadas). B) Cariópsides (semillas escarificadas). Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Figure 3. *I. rugosum* Salisb. seeds. A) Spikelet (non-scarified seeds). B) Cariopsides (scarified seeds). Agricultural Experimental Station Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Las semillas se sembraron en un plato plástico de 16,5 cm de diámetro y 3,6 cm de altura, y en el fondo de cada plato se colocaron 700 g de suelo. La siembra se realizó de forma manual y se llevó a cabo dentro de cada micro-túnel. Se sembraron veinte semillas escarificadas o veinte semillas no escarificadas (según correspondiera el tratamiento); en el experimento realizado en época seca las semillas se sembraron de forma superficial; mientras que en el experimento en la transición a época lluviosa se recubrieron con una capa de 0,5 cm de suelo.

En la transición a época lluviosa, no fue necesario regar, porque la caída de lluvia fue suficiente para que las semillas tuvieran humedad; mientras que en la época seca el riego se realizó por capilaridad. Para ello los platos se colocaron dentro de una bandeja plástica de 50,0 cm de largo, 24,5 cm de ancho y 6,0 cm de alto, en el fondo de la bandeja se agregaron 2,0 l de agua, y se colocaron dos platos por bandeja. Para la entrada de agua en el fondo de los platos se les realizaron cuatro agujeros con clavos de dos pulgadas.

El número de semillas germinadas se registró a los 15 días después de la siembra (dds) en época seca, y a los 4 dds y 15 dds en la transición a época lluviosa.

Los datos se analizaron mediante un modelo de regresión logística, con una prueba de hipótesis para los coeficientes de regresión para las cuales se utilizó un nivel de significancia del 5 %. Los análisis se hicieron en el programa JMP versión 9.

Agron. Mesoam. 31(3):781-792, septiembre-diciembre, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i3.37775

Resultados

En el experimento de época seca la germinación en el tratamiento con 100 % de sombra fue totalmente nula; en esta misma época a los 15 dds la interacción entre el tipo de semilla y el porcentaje de sombra fue significativa (p=0,0097). En la transición a época lluviosa, se presentó la misma interacción de forma significativa (Cuadro 3). La significancia de la interacción indicó que el efecto de la escarificación fue diferente de un porcentaje de sombra a otro, por lo que para interpretarla se utilizaron razones de ventaja de germinación para no escarificado vs. escarificado en cada uno de los porcentajes de sombra.

Cuadro 3. Efectos y probabilidades asociadas a la germinación de *Ischaemum rugosum* Salisb. a los 4 dds y 15 dds, experimento efectuado en la transición a época lluviosa. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Table 3. Effects and probabilities associated with the germination of *Ischaemum rugosum* Salisb. at 4 das and 15 das, for the experiment conducted during transition to the rainy season. Agricultural Experimental Station Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM). Alajuela, Costa Rica. 2016.

Efectos	Probabilidad	
	4 dds	15 dds
% sombra	0,3045	0,8106
Escarificada	<0,0001	<0,0001
% sombra*escarificada	<0,0001	<0,0001
Micro túnel	0,7784	<0,0001

En la época seca, hubo ventaja de germinación de semillas no escarificadas vs. escarificadas, pero solamente en porcentajes de sombra 30 % y 50 %, las razones de ventaja fueron de 1,47 a 1 y 1,49 a 1, respectivamente. En contraste con lo anterior, en la transición a época lluviosa, las razones de ventaja obtenidas en la muestra a los 4 dds favoreció a la escarificación en todos los porcentajes de sombra, y la mayor razón de ventaja se encontró con 50 % de sombra. A los 15 dds todas las razones de ventaja disminuyeron, y en este periodo la mayor razón de ventaja ocurrió en el 70 % de sombra con sarán verde. Lo anterior significa que las semillas no escarificadas tardaron más en germinar y necesitaron más luz (Cuadro 4).

Cuadro 4. Razones de ventaja de germinación para semilla escarificada y semilla no escarificada de *Ischaemum rugosum* Salisb., encontrada bajo los porcentajes de sombra utilizados en la transición a época lluviosa. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Table 4. Germination advantage ratios for scarified seed and non-scarified seed of *Ischaemum rugosum* Salisb., found under the percentages of shade used in the transition to the rainy season. Agricultural Experimental Station Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Días después de siembra (dds)	Razón de ventaja del tipo de semilla	Porcentaje de sombra (%)				
		0	30	50	70 a	70 b
4	Escarificada/ No escarificada	4,66/1	14,58/1	157,59/1	30,56/1	26,57/1
15	Escarificada/ No escarificada	0,94/1	1,49/1	3,25/1	8,67/1	4,57/1

a= sarán color verde; b= sarán color blanco / a= saran green color; b= saran white.

En la muestra utilizada durante la época seca la germinación ocurrió a partir de los 15 dds, y hubo una menor proporción de semillas germinadas en comparación con la que se encontró en la transición a época lluviosa (Cuadros 5 y 6). Además, en la época seca, con 0 % y 70 % de sombra, la proporción de semillas germinadas con escarificación incrementó levemente en comparación con las no escarificadas, mientras que con 30 % y 50 % de sombra la mayor proporción de semillas germinadas se encontró en semillas no escarificadas, no obstante, con el uso de ambos tipos de semilla bajo el 100 % de sombra, no se obtuvo germinación (Cuadro 5). En cuanto a la transición a época lluviosa, las semillas escarificadas germinaron más rápido que las semillas no escarificadas. Estas últimas tardaron once días más que las primeras para alcanzar la germinación uniforme y sobrepasar el número de semillas germinadas que las escarificadas alcanzaron a los 4 dds (Cuadro 4). A los 15 dds la mayor proporción de semillas germinadas se encontró con los tratamientos semilla escarificada con 50 % y 70 % de sombra (sarán color verde) (Cuadro 4), sin embargo, bajo este último porcentaje las plántulas de *I. rugosum* Salisb. resultaron elongadas en comparación con las que se observaron bajo 50 % de sombra.

Cuadro 5. Proporción de semillas germinadas (escarificadas y no escarificadas) de *Ischaemum rugosu*m Salisb., de acuerdo con los porcentajes de sombra empleados en el experimento realizado en la época seca a los 15 dds. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM). Alajuela, Costa Rica, 2016.

Table 5. Proportion of *Ischaemum rugosum* Salisb. seeds (scarified and non-scarified) germination, according to the percentages of shade used in the experiment conducted during the dry season at 15 das. Agricultural Experimental Station Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Porcentaje de sombra (%)	Tipo de semilla	
	Escarificada	No escarificada
0	0,15	0,12
30	0,13	0,18
50	0,18	0,24
70	0,11	0,04
100	0	0

Cuadro 6. Proporción de semillas germinadas escarificadas o no escarificadas de *Ischaemum rugosum* Salisb., de acuerdo con los porcentajes de sombra empleados en el experimento realizado en la transición a época lluviosa. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Table 6. Proportion of scarified and non scarified germinated seeds of *Ischaemum rugosum* Salisb., according to the percentages of shadow employed, in the experiment conducted during the transition to the rainy season. Agricultural Experimental Station Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Porcentaje de sombra (%)	Días después de siembra (dds)			
	Cuatro		Quince	
	Escarificadas	No escarificadas	Escarificadas	No escarificadas
0	0,50	0,18	0,50	0,51
30	0,58	0,09	0,68	0,59
50	0,66	0,08	0,81	0,56
70 a	0,70	0,07	0,78	0,29
70 b	0,62	0,06	0,72	0,37

a= sarán color verde; b= sarán color blanco / a= green saran; b= white saran.

Agron. Mesoam. 31(3):781-792, septiembre-diciembre, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i3.37775

En las épocas secas y transición a lluviosa, las temperaturas fueron similares. Se encontró un mayor porcentaje de humedad relativa en la transición a época lluviosa en comparación con la encontrada en la época seca. Hubo mayor radiación solar en la época seca que en la transición a época lluviosa. En ambas épocas el cociente de luz rojo/rojo lejano fue similar (Cuadro 7 y Cuadro 8).

Cuadro 7. Promedios de temperatura, humedad relativa, radiación solar, el cociente de luz roja y roja lejana encontrados durante la época seca en los microtúneles. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Table 7. Averages of temperature, relative humidity, solar radiation, the red-light and far-red quotient found during the dry season in micro-tunnels. Agricultural Experiment Station Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Hora	Variable	Porcentaje de sombra (%)				
		0	30	50	70	100
08:30	Temperatura (°C)	31,7	31,7	31,8	31,3	30,2
	Humedad relativa (%)	45,0	44,3	43,5	45,3	48,2
	Radiación solar (W m^{-2})	729,7	551,0	421,2	187,8	0,4
	Cociente de luz rojo / rojo lejano	1,2	1,1	0,9	0,9	0,9
11:30	Temperatura (°C)	35,3	35,6	35,2	34,9	36,2
	Humedad relativa (%)	38,6	38,0	39,3	39,6	37,5
	Radiación solar (W m^{-2})	957,7	682,4	477,4	239,1	0,5
	Cociente de luz rojo / rojo lejano	1,1	1,1	1,0	0,8	0,9
13:30	Temperatura (°C)	35,59	34,49	34,54	34,15	35,47
	Humedad relativa (%)	43,5	44,8	46,4	46,3	42,2
	Radiación solar (W m^{-2})	766,9	554,6	362,1	192,6	0,4
	Cociente de luz rojo / rojo lejano	1,1	0,9	0,8	0,8	0,7

Cuadro 8. Promedios de temperatura, humedad relativa, radiación solar, el cociente de luz rojo y rojo lejano, en la transición a época lluviosa en los microtúneles. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Table 8. Averages of temperature, relative humidity, solar radiation, the red-light and far-red quotient found during the rainy season in micro-tunnels. Agricultural Experiment Station Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), Alajuela, Costa Rica. 2016.

Hora	Variable	Porcentaje de sombra (%)				
		0	30	50	70 (a)	70 (b)
8:00	Temperatura (°C)	31,4	30,8	30,8	30,7	32,9
	Humedad relativa (%)	57,8	58,8	58,7	59,4	57,1
	Radiación solar (W m^{-2})	465,1	365,0	259,0	123,3	375,0
	Cociente de luz rojo / rojo lejano	1,2	1,1	1,1	1,0	1,2
10:00	Temperatura (°C)	34,3	34,2	33,6	33,7	35,0
	Humedad relativa (%)	51,7	52,3	52,8	52,8	50,9
	Radiación solar (W m^{-2})	552,8	457,7	287,3	148,1	469,3
	Cociente de luz rojo / rojo lejano	1,2	1,2	1,1	1,0	1,2
12:00	Temperatura (°C)	32,58	32,83	31,74	31,82	34,17
	Humedad relativa (%)	55,2	55,8	57,9	57,2	54,2
	Radiación solar (W m^{-2})	342,2	693,5	163,7	90,4	288,3
	Cociente de luz rojo / rojo lejano	1,2	1,2	1,2	1,0	1,2

a= sarán color verde; b= sarán color blanco / a= green saran; b= white saran.

ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i3.37775

Discusión

La germinación de semillas escarificadas y no escarificadas de *I. rugosum* Salisb., estuvo influenciada positivamente por el porcentaje de sombra, con excepción del 100 % de sombra en el que no ocurrió germinación. Esto posiblemente se deba a que la semilla de esta maleza requiere de un estímulo lumínico para germinar, por lo que se podría catalogar como fotoblástica positiva (Bakar y Nabi, 2003; Jarma et al., 2007). Se ha reportado que la emergencia de plántulas de *I. rugosum* Salisb. puede verse favorecida por porcentajes de 50 % y 70 % sombra (Marenco y Reis, 1998).

La diferencia del efecto de la sombra sobre la probabilidad de germinación en semillas escarificadas vs. las no escarificadas, que resultó de una época a otra, probablemente se deba a que dicho efecto estuvo influenciado por el nivel de latencia en que se encontraba la semilla en cada época, es posible que en la época seca este nivel estuviera más alto y por ello hubo una baja germinación (Rossetti, 2014). Además, las condiciones imperantes en dicha época fueron más limitantes para permitir la germinación, por ejemplo, uno de los factores más influyentes para la ruptura de latencia es la humedad relativa (Baskin y Baskin, 2014), en la época seca fue menor en comparación con la que se registró en la transición a época lluviosa (Cuadro 8), y esta condición quizás pudo influir de forma positiva en la germinación de semillas en esta última época.

El efecto de la escarificación fue más influyente en la transición a época lluviosa en comparación con la época seca, este es un buen método para romper latencia física en las semillas que la poseen, ya que permite que se de el intercambio gaseoso, el proceso de imbibición y el ingreso de luz (Jarma et al., 2007; Sobrevilla et al., 2013). Ciertos componentes en las cubiertas de las semillas pueden concederle impermeabilidad al agua y al intercambio gaseoso, como suberina, lignina, tanino, pectina y derivados de la quinona (Moreira y Nakagawa, 1988), por ello, la escarificación cumple un papel importante para la remoción de las cubiertas, las cuales pueden, además, impedir el paso del oxígeno, que es indispensable para que ocurra germinación (Herrera et al., 2006).

En otras especies de la familia Poaceae, como es el caso del arroz rojo, la escarificación resulta un tratamiento efectivo para liberar latencia, debido a que el complejo pericarpo y la testa restringen la disponibilidad de oxígeno en los tejidos embrionarios (Delouche et al., 2007). En un experimento la remoción de las glumas, la lema y la palea en *P. virgatum* L. bajo una atmósfera modificada inyectada con 100 % de oxígeno, aumentaron al 100 % la germinación, en comparación con la semillas a las cuales no se les removieron dichas estructuras y que también fueron colocadas bajo las mismas condiciones (Duclos et al., 2013).

Un aspecto a considerar sobre la escarificación es la velocidad de germinación, según Pabón (1983), en un estudio de germinación con *I. rugosum* Salisb., se comprobó que la velocidad de germinación es mayor cuando se eliminan las cubiertas al mostrar que la semilla sin escarificar tardó cincuenta días para alcanzar la emergencia, mientras que la semilla escarificada la había alcanzado a los diez días. Esto coincide con lo que se encontró en este experimento, bajo estas condiciones; por lo que podría considerarse la escarificación como adecuada para romper la latencia de las semillas de *I. rugosum* Salisb.

Conclusiones

La escarificación de las semillas de *I. rugosum* Salisb., no siempre resultó un mecanismo útil para romper la latencia.

La mayor germinación de semillas de *I. rugosum* Salisb., en la época de transición de seca a lluviosa, tanto en semilla escarificada como no escarificada, parece estar asociada a una mayor humedad relativa y menor nivel de latencia de las semillas por mayor tiempo poscosecha.

Agron. Mesoam. 31(3):781-792, septiembre-diciembre, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i3.37775

Bajo condiciones de 100 % de sombra no hubo germinación de semillas de *I. rugosum* Salisb., lo que confirma que esta es una especie fotoblástica positiva.

El porcentaje de sombra influyó en la germinación de las semillas de *I. rugosum* Salisb., siendo los porcentajes de sombra de 50 y 70 % los más favorables para la germinación de las semillas.

Literatura citada

Agüero, R. 1996. Malezas del arroz y su manejo. I.M.R. S.A., San José, CRI.

Alfaro, J.F. 2016. Evaluación de la sombra en el crecimiento de plátano en vivero; La Blanca, San Marcos. Tesis Lic., Universidad Rafael Landívar, Ocotepeque, GUA.

Awan, T.H., B.S. Chauhan, and P.C. Cruz. 2014. Physiological and morphological responses of *Ischaemum rugosum* Salisb. (Wrinkled Grass) to different nitrogen rates and rice seeding rates. PLoS One 9(6):e98255. doi:10.1371/journal.pone.0098255

Bakar, B.H., and L.N.A. Nabi. 2003. Seed germination, sedling establischment and growth patterns of wrinklegras (*Ischaemum rugosum* Salisb.). Weed Biol. Manag. 3:8-14. doi:10.1046/j.1445-6664.2003.00075.x

Baskin, C., and J. Baskin. 2014. Seeds: Ecology, bioegeography, and evolution of dormancy and germination. 2nd ed. Elsevier, Amsterdam, NLD.

Benech, A., C.M. Ghersa, R.A. Sanchez, and P. Insausti. 1990. Temperature effects on dormancy release and germination rate in *Sorghum halepense* (L.) Pers. seeds: A quantitative analysis. Weed Res. 30:81-89. doi:10.1111/j.1365-3180.1990.tb01690.x

Buitrago N., M. Ramírez, A. Gómez, G. Rivero, y A. Perozo. 2004. Efecto del almacenamiento de las semillas y la condición de luz postsiembra sobre la germinación y algunas características morfológicas de plantas de níspero (*Manilkara zapota*) (Van Royen) (Jacq) Gill) a nivel de vivero. Rev. Fac. Agron. Caracas 21:344-353.

De-la-Cuadra, C. 1993. Germinación, latencia y dormición de las semillas. MAPAMA, ESP. http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_03.pdf (consultado 2 ago. 2017).

Delouche, J., N. Burgos., D. Gearly, y G. Zorrilla. 2007. Arroces maleza, origen, biología, ecología y control. Estudio FAO producción y protección vegetal188. FAO, Roma, ITA.

Duclos, D.V., D.T. Ray, D.J. Johnson, and A.G. Taylor. 2013. Investigating seed dormancy in switchgrass (*Panicum virgatum* L.): Understanding the physiology and mechanisms of coat imposed seed dormancy. Ind. Crops Prod. 45:377-387. doi:10.1016/j.indcrop.2013.01.005

Fuentes, A., G. Segundo, J. Granados, y W. Piedrahita. 2006. Flora arvense asociada con el cultivo del arroz en el Departamento de Tolima. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, COL.

Giraldo, D. 2009. Distribución e invasión de gramíneas C3 y C4 (POACEAE) en un gradiente altitudinal de los Andes de Colombia. Caldasia 32(1):65-86.

Heap, I. 2016. Criteria for confirmation of herbicide resistant weeds with specific emphasis on confirming low level resistance. Herbicide Resistance Action Committee. https://hracglobal.com/index.php (accessed 29 ago. 2016).

Hernández, F. 2011. Evaluación de la resistencia de poblaciones de Ischaemum rugosum salisb. a bispiribac sodio en lotes arroceros de la zona del Ariari, Meta. Tesis Msc., Universidad Nacional de Colombia, COL.

Herrera, J., E. Guevara., R. Alizaga, y V. Jiménez. 2006. Germinación y crecimiento de la planta. Universidad de Costa Rica, San José, CRI.

Jarma, A., J. Arbelaez, y J. Clavijo. 2007. Germinación de *Ischaemum rugosum* Salisb. en respuesta a estímulos ambientales y químicos. Rev. Temas Agrarios 12(2):31-41. doi:10.21897/rta.v12i2.1198

Klein, A., e G. Martins. 1991. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. Pesq. Agrop. Bras. 26(7):955-966.

Marenco, R.A., and A.C.C. Reis. 1998. Shading as an environmental factor affecting the growth of *Ischaemum rugosum*. Rev. Bras. Fisiol. Veg. 10(2):107-112.

Marenco, R.A., and R.V. Santos. 1999. Wrinkledgrass and rice intra and interspecific competition. Rev. Bras. Fisiol. Veg. 11(2):107-111.

Montes, C.R., J.A. Silva, y J. Rondón. 2012. Efecto de cuatro niveles de sombra en la germinación de *Oreopanax floribundum* en condiciones de vivero. RIAA 3(1):47-51.

Moreira, N., y J. Nakagawa. 1988. Semillas. Ciencia, tecnología y producción. Agropecuaria Hemisferio Sur, Montevideo, URY.

Moreno, C. 2012. Efecto de ácido giberélico (AG_3), nitrato de potasio (KNO_3) y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPRs), sobre el desarrollo temprano de *Solanum sessiliflorum* (cocona). Tesis grado, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, COL.

Ortiz, A., S. Blanco, G. Arana, L. López, S. Torres, Y. Quintana, P. Pérez, C. Zambrano, y A. Fischer. 2013. Estado actual de la resistencia de *Ischaemum rugosum* Salisb. al herbicida bispiribac-sodio en Venezuela. Bioagro 25(2):79-89.

Pabón, R. 1983. Algunos aspectos biológicos de la maleza falsa caminadora (*Ischaemum rugosum*). Rev. COMALFI 84(34):3-47.

Rossetti, S. 2014. Análisis de factores que afectan la germinación de semillas de *Panicum coloratum*. Tesis grado. Universidad Católica Argentina, Buenos Aires, ARG.

Sobrevilla, J.A., M. López, A. López, y L. Romero. 2013. Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. Ex Willd) M.C. Johnston. En: G. Pulido-Flores, y S. Monks, editores, Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas, Volumen II. Zea Books, Nebraska, USA. p. 83-95.

Varela, S., y V. Arana. 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Serie técnica: "Sistemas Forestales Integrados". INTA, ARG. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_latencia.pdf (consultado 2 ago. 2017).

Vargas, M. 1994. Estudio del comportamiento de semillas de la maleza "La Falsa Caminadora" (*Ischaemum rugosum*) bajo diferentes condiciones de siembra, temperatura y humedad. BOLTEC 27(1):52-58.

Valverde, B. 2000. Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz: experiencias en Centro América con *Echinochloa colona*. Cámara de Insumos Agropecuarios, San José, CRI.

Valverde. B. 2007. Status and management of grass weed herbicide resistance in Latin America. Weed Technol. 21:310-323. doi:10.1614/WT-06-097.1

Zhang T., and K.M. Folta. 2012. Green light signaling and adaptive response. Plant Signal Behav. 7:75-78. doi:10.4161/psb.7.1.18635