

# EFECTO DE DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO SOBRE LA DORMANCIA DE LA SEMILLA DE LOS CULTIVARES DE ARROZ SD20A Y MD248

Yorman Jayaro<sup>1</sup>, Manuel Ávila<sup>1</sup>, Francis Hernández<sup>1</sup> y Marbella Romero<sup>1</sup>

## RESUMEN

La semilla del arroz presenta poca capacidad para germinar durante cierto período de tiempo después de ser cosechada. La evaluación de este fenómeno, conocido como dormancia, reviste gran importancia dada su incidencia en el establecimiento del cultivo. Con este objetivo, se evaluó la respuesta de semillas de los cultivares SD20A y MD248 bajo dos temperaturas de almacenamiento (TA1=1-2 °C; TA2=30-35 °C) durante siete períodos de tiempo (DA; a intervalos aproximados de una semana). Se evidenciaron diferencias en dormancia y germinación entre los cultivares, las TA y los DA. El porcentaje de germinación inicial de SD20A (45 %) fue notoriamente mayor en comparación con el de MD248 (2 %), indicando una mayor condición de dormancia de este último cultivar. Las evaluaciones siguientes mostraron incrementos en la germinación y disminución de la dormancia de ambos cultivares en las dos TA, siendo mucho mayores en la TA2, lo que evidenció un marcado efecto de la temperatura sobre la ruptura de la dormancia. El nivel mínimo de germinación requerido por la normativa venezolana para todas las clases de semilla ( $\geq 80\%$ ) fue alcanzado por ambos cultivares sólo en la TA2, a los 24 días en el caso de SD20A y a 35 días para MD248, llegando los dos cultivares a valores cercanos al 100 % de germinación al final del ensayo (57 días). Se concluye que para favorecer la ruptura de dormancia se requiere un almacenamiento a temperaturas entre 30 a 35 °C durante al menos 24 y 35 días para las variedades SD20A y MD248, respectivamente.

**Palabras clave adicionales:** Genotipos de arroz, germinación, *Oryza sativa*, temperatura de almacenamiento

## ABSTRACT

### Effect of different storage conditions on seed dormancy of SD20A and MD248 rice cultivars

Rice seeds have little germination capacity during a certain period of time after being harvested. The evaluation of this phenomenon, known as dormancy, is of great importance given its incidence in the establishment of the crop. With this objective, the seed behavior of cultivars SD20A and MD248 was evaluated under two storage temperatures (ST1 = 1-2 °C; ST2 = 30-35 °C) for seven time periods (SP; at approximately one-week intervals). There were differences in dormancy and germination for cultivars, ST, and SP. The initial germination percentage of SD20A (45 %) was notoriously higher than that of MD248 (2%), indicating a higher dormancy condition of the latter cultivar. The subsequent evaluations showed increases in germination and decreased dormancy of both cultivars in the two ST, being much higher in ST2, which evidenced a marked effect of temperature on the dormancy breakdown. The minimum level of germination required by Venezuelan regulations for all seed classes ( $\geq 80\%$ ) was reached by both cultivars only in ST2: at 24 days for SD20A and 35 days for MD248, reaching both cultivars germinations close to 100 % at the end of the trial (57 days). It is concluded that to promote dormancy breaking, storage at temperatures between 30 to 35 °C for at least 24 and 35 days are recommended for varieties SD20A and MD248, respectively.

**Additional keywords:** Germination, *Oryza sativa*, rice genotypes, temperature of storage

## INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los principales rubros agrícolas en Venezuela,

constituyendo el tercer cultivo de mayor superficie sembrada, con unas 72.000 ha en el 2016 (FAO, 2018). La semilla de este importante cultivo presenta el fenómeno conocido como dormancia,

Recibido: Agosto 13, 2019

Aceptado: Febrero 24, 2020

<sup>1</sup> Fundación para la Investigación Agrícola Danac Fundación para la Investigación Agrícola DANAC.

e-mail: yorman.jayaro@danac.org.ve (autor de correspondencia); manuel.avila@danac.org.ve;

francis.hernandez@danac.org.ve; marbella.romero@danac.org.ve

o la ausencia de capacidad para germinar en un período de tiempo determinado, bajo una combinación de factores ambientales normales (temperatura, luz/oscuridad) que son favorables para la germinación (Baskin y Baskin, 2004). En el arroz, la dormancia ha sido clasificada como de tipo fisiológica, al igual que en muchos géneros de la familia *Poaceae*, y está asociada a la cantidad y/o actividad de fitohormonas y enzimas asociadas a la germinación como el ácido indol-acético (AIA), el ácido abscísico (ABA) y la  $\alpha$ -amilasa, en respuesta a factores como el genotipo del arroz, la presencia de las estructuras de cobertura de la semilla (glumas), el tiempo transcurrido desde la cosecha y la temperatura de almacenamiento (Kanyeka, 2006, Kumar et al., 2009, Marques et al., 2014).

Tanto el establecimiento y crecimiento de las plántulas de arroz, así como el rendimiento del cultivo es afectado por la germinación de las semillas (He y Yang, 2013), por lo que esta característica es un componente fundamental de la calidad fisiológica de las mismas y se encuentra sujeta a regulación en el sistema formal de certificación de semilla en Venezuela (MAC, 1986). En vista de su incidencia sobre la germinación de las semillas, y por tanto sobre el establecimiento del cultivo, el conocimiento y manejo de la dormancia en los cultivares de arroz es indispensable para la optimización de su manejo post-cosecha. Para la toma de decisiones con respecto al destino de las semillas de arroz, la consideración de la dormancia es de gran importancia para conocer la calidad de las mismas (Vieira et al., 2008). Por tal motivo, en el presente trabajo se evaluó el efecto de dos condiciones de almacenamiento a distintas temperaturas sobre la dormancia de las semillas de dos cultivares comerciales de arroz venezolanos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad de Granos y Semillas (LCGS) de Fundación Danac (10°21'56" N, 68°39'16" W), ubicada en el municipio San Felipe del estado Yaracuy, Venezuela, durante los meses de abril y junio del año 2015. Se utilizó semilla genética de lotes de multiplicación de las variedades SD20A y MD248 establecidos en esta localidad, cosechada a un contenido de humedad entre 20 y 22 %, el

cual se redujo hasta  $12 \pm 1$  % mediante secado por exposición solar desde las 8 am hasta las 3 pm, durante seis días. Para someter la semilla de ambos cultivares a distintas temperaturas de almacenamiento (TA) se dispusieron 5 kg de semilla de cada cultivar en sacos individuales de polipropileno, los cuales fueron a su vez introducidos en tambores plásticos de 240 litros con tapa de rosca, que fueron ubicados en las dos temperaturas de almacenamiento (TA) evaluadas: la cámara de almacenamiento (TA1= 1-2 °C) y la edificación de la unidad de acondicionamiento de semillas (TA2= 30-35 °C) de Fundación Danac.

Con la finalidad de evaluar la evolución de la dormancia a través del tiempo, se realizaron muestreos de semilla de ambos cultivares en ambas TA al momento de iniciarse el almacenamiento (día 0), y posteriormente a los 15, 24, 35, 42, 50 y 57 días. Los muestreos se efectuaron mediante la extracción de aproximadamente 120 g de semilla (con las glumas) de cada saco correspondiente a cada cultivar en ambas condiciones, utilizando un calador manual para sacos, y realizando cuatro inserciones, dos a cada lado del saco. Luego de cada muestreo, la semilla de cada cultivar fue mantenida por separado, dispuesta en bolsas de papel identificadas, y trasladada al LCGS de Fundación Danac, en donde se hizo circular por un homogeneizador tipo Boerner (Seedburo), y fueron luego dispuestas en una cámara de germinación (Seedburo), a 26 °C, de acuerdo a la metodología de la Asociación Internacional para Evaluaciones de Semillas (International Seed Testing Association) para pruebas de germinación de arroz entre papel (ISTA, 2013).

Ocho días después de ser dispuestas en la cámara de germinación, a cada muestra le fueron realizadas determinaciones de porcentajes de plántulas normales (a partir del cual se determinó el porcentaje de germinación), plántulas anormales (aquellas con raíces muy poco desarrolladas), semillas frescas en dormancia o duras (no germinadas) y semillas muertas, es decir, aquellas suaves, con coloración anormal o mohosas, que absorben agua pero que no muestran signos de desarrollo de la plántula. Se realizaron cuatro réplicas de 100 semillas por cada muestra en un diseño completamente al azar con arreglo factorial de los tratamientos, y se realizó un análisis de varianza (ANAVAR) para las fuentes

de variación días de almacenamiento (DA), temperatura de almacenamiento (TA), cultivar, y sus interacciones, mediante el software JMP versión 5.0.1.2 de SAS Institute.

## RESULTADOS

Tanto el porcentaje de semillas frescas no germinadas (en dormancia) como de germinadas (plántulas normales) evidenciaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los cultivares, las condiciones de almacenamiento, los días transcurridos y las interacciones entre estos factores (Cuadro 1). En el caso de las variables de plántulas anormales y semillas muertas hubo diferencias para los factores de cultivar y días de almacenamiento pero no para la condición de almacenamiento. Al inicio de la investigación, los cultivares mostraron

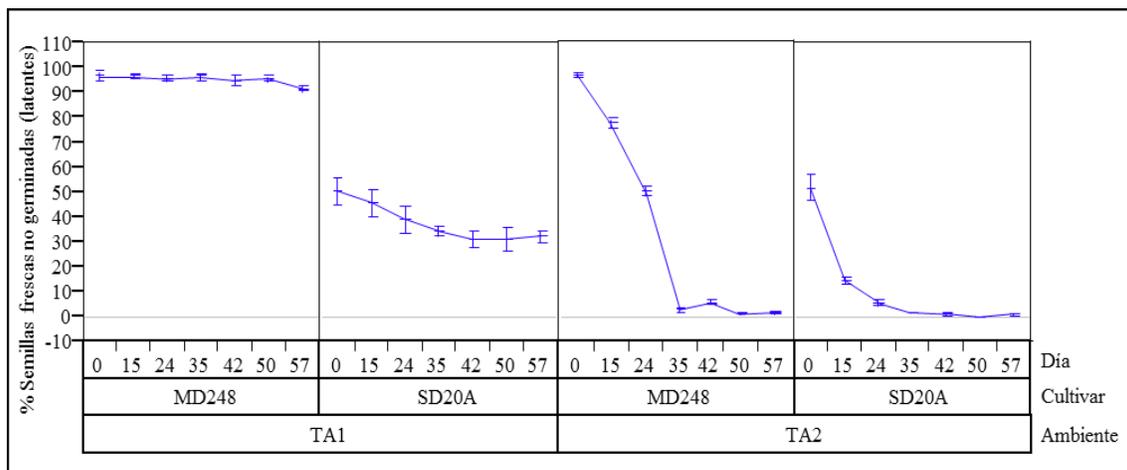
niveles promedio de semillas frescas no germinadas diferentes entre sí: 50 % para SD20A y 98 % para MD248, indicando una mayor condición de dormancia de este último cultivar (Figura 1). De igual forma, el porcentaje de germinación inicial en SD20A fue de 45 %, notoriamente mayor en comparación con el 2 % del MD248 (Figura 2).

En la temperatura de almacenamiento TA1 (1-2 °C), las evaluaciones siguientes mostraron una disminución del porcentaje de semillas en dormancia y un incremento del porcentaje de germinación en ambos cultivares; dicho comportamiento fue muy evidente en SD20A pero mínimo en MD248. Al finalizar el tiempo de almacenamiento considerado en el ensayo (57 días), los mayores valores promedio de germinación obtenidos en la TA1 fueron de 63 % para SD20A, y 5 % para MD248 (Figuras 1 y 2).

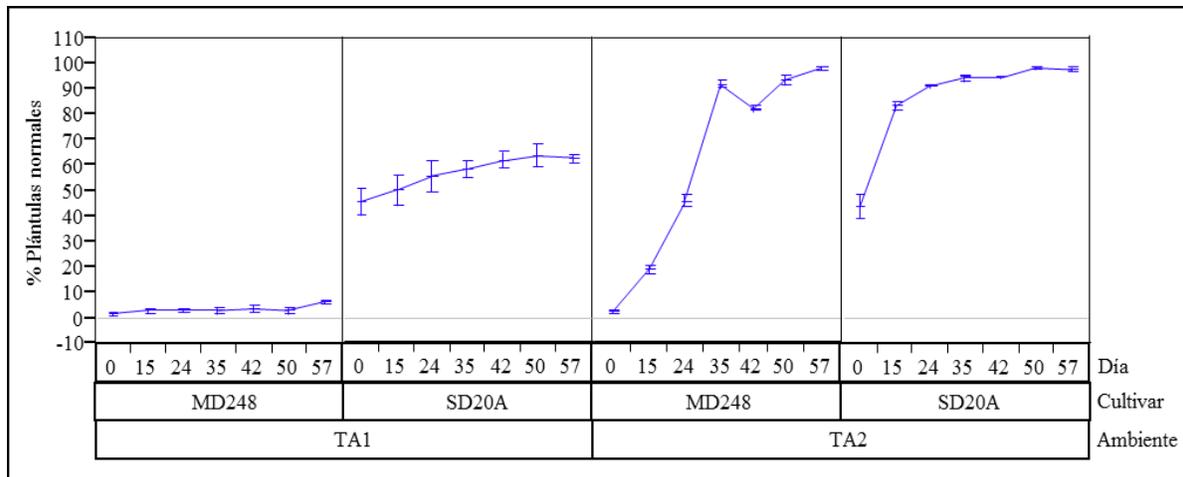
**Cuadro 1.** Análisis de varianza de variables asociadas a la germinación de la semilla de dos cultivares de arroz bajo dos condiciones de almacenamiento

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Semillas germinadas		Semillas frescas no germinadas (%)	Semillas muertas (%)
		Plántulas Normales (%)	Plántulas anormales (%)		
Cultivar	1	42783,2 **	14,3 *	45482,6 **	5,6 **
Temperatura de almacenamiento (TA)	1	53200,7 **	8,0 ns	54693,1 **	0,0 ns
Días de almacenamiento (DA)	6	4117,4 **	38,0 **	4366,5 **	1,6 *
Cultivar x DA	6	443,4 **	8,8 ns	450,9 **	1,4 ns
Cultivar x TA	1	5901,5 **	170,0 **	8452,9 **	2,0 ns
TA x DA	6	2377,0 **	24,7 **	2411,7 **	0,3 ns
Error	90	88,5	4,0	95,6	0,7

\*\* $P \leq 0,01$ ; \* $P \leq 0,05$ ; ns: no significativo



**Figura 1.** Porcentaje de semillas frescas no germinadas (en dormancia) de los cultivares SD20A y MD248 en dos condiciones de almacenamiento. Las curvas conectan los valores promedio



**Figura 2.** Porcentaje de plántulas normales (germinación) de los cultivares SD20A y MD248 en dos condiciones de almacenamiento. Las curvas conectan los valores promedio

El efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la dormancia fue notorio para ambos cultivares. Al comparar los valores promedio de germinación en la TA2 (30-35 °C) con respecto a los valores obtenidos en la TA1, para el segundo tiempo de almacenamiento (15 días) pueden apreciarse incrementos de hasta 900 % para MD248 y sólo 64 % para SD20A, con disminuciones comparativas en el porcentaje de semillas en dormancia. En la TA2 el cultivar SD20A alcanzó una germinación media de 80 % a los 15 días, mientras que MD248 logró este valor aproximadamente a los 35 días; estos tiempos representan aquellos en los que los cultivares mostraron porcentajes de germinación dentro de la normativa venezolana para semilla certificada ( $\geq 80$  %).

Al igual que los efectos principales, las interacciones resultaron significativas para las variables correspondientes a los porcentajes de germinación, semillas en dormancia y plántulas anormales, exceptuando para esta última la interacción Cultivar x DA (Cuadro 1). Al final del ensayo, la diferencia entre los porcentajes de germinación de ambos cultivares en la TA1 (con refrigeración) fue de más de 50 %, mientras que en la TA2 (temperatura ambiente) prácticamente no hubo diferencias, lo que representa una evidencia de la interacción cultivar x TA (Figura 2). En la TA1, el cultivar MD248 tuvo un incremento de menos de 10 % de germinación entre el inicio y el final del ensayo mientras que SD20A mostró en el mismo período un incremento de cerca de 20 % para esta variable, lo

cual muestra una respuesta diferencial de los cultivares a través del tiempo e ilustra la interacción cultivar x DA. Por su parte, en la Figura 3 se observa que al final del ensayo los valores de plántulas anormales del cultivar MD248 fueron menores en la TA2 con respecto a la TA1, mientras que con menor tiempo de almacenamiento los valores fueron mayores en la TA2, lo cual es una evidencia de la significancia detectada para la interacción TA x DA.

La variable porcentaje de semillas muertas no presentó una tendencia definida (Figura 4), aun cuando el ANAVAR detectó diferencias para los factores cultivares y días de almacenamiento; el rango de esta variable estuvo entre 0 y 5 %.

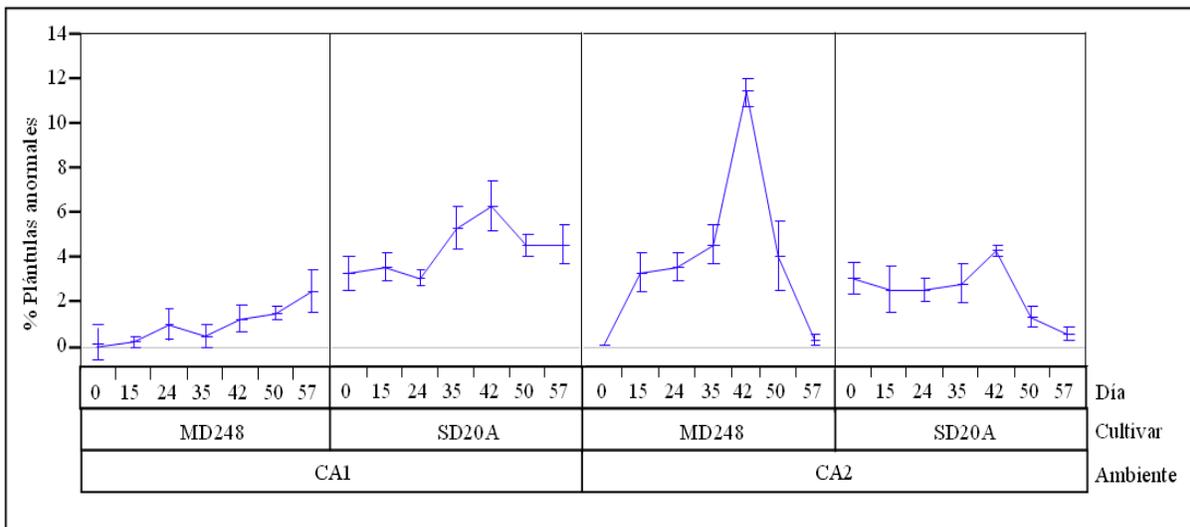
## DISCUSIÓN

En general, la dormancia de la semilla en los cultivares SD20A y MD248 disminuyó a través del tiempo, evidenciando un efecto significativo tanto del cultivar como de las temperaturas de almacenamiento evaluadas. El cultivar MD248 presentó mayor dormancia inicial, y al transcurrir los días registró un incremento de germinación, el cual fue mucho más notorio en la condición de temperatura ambiente (TA2) con respecto a la TA1, lo que evidenció un marcado efecto de la temperatura sobre la ruptura de la dormancia. Ambos cultivares mostraron en el tiempo incrementos comparativos en los porcentajes de germinación en TA2, pero dado que SD20A tuvo mayor porcentaje inicial de germinación (menos dormancia) alcanzó el nivel de 80 % de

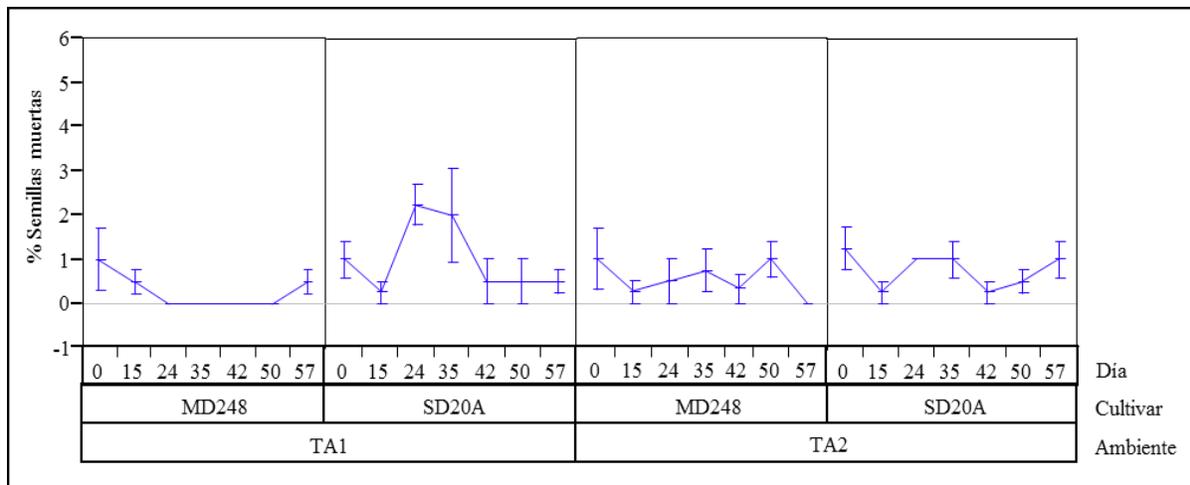
**Jayaro et al. Efecto del almacenamiento sobre la dormancia de semillas de arroz**

germinación antes que MD248. Aun cuando los aquí mostrados, a nuestro entender, son los primeros datos de dormancia generados para los cultivares de arroz SD20A y MD248, las diferencias de dormancia en cultivares ha sido documentada con diferencias hasta de 60 % de

germinación (Kanyeka et al., 2006). Han sido identificados genes mayores y loci de características cuantitativas (QTL) que controlan la dormancia, así como genes modificadores, lo que le confiere una considerable variabilidad a esta característica (Sugimoto et al., 2010).



**Figura 3.** Porcentaje de plántulas anormales de los cultivares SD20A Y MD248 en dos condiciones de almacenamiento. Las curvas conectan los valores promedio



**Figura 4.** Porcentaje de semillas muertas de los cultivares SD20A Y MD248 en dos condiciones de almacenamiento. Las curvas conectan los valores promedio.

Los resultados también muestran el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la dormancia del arroz, siendo significativa la diferencia entre el almacenamiento a temperatura ambiente (TA2), que produjo una ruptura más rápida de la dormancia en comparación con el almacenamiento en frío (TA1). Ensayos previos

han mostrado comportamientos similares. El cultivar de arroz brasileño Río Grande mostró una disminución de la dormancia más acelerada bajo condiciones de almacenamiento natural (temperaturas mínimas entre 15 y 20 °C y máximas entre 22 y 28 °C) en comparación con el almacenamiento en frío (10 °C) (Vieira et al.,

2008). Mutinda et al., 2017, señalan que la germinación de las variedades Basmati 370 y BW 196 fue mayor luego de un almacenamiento a temperatura ambiente (25 °C) en comparación con un almacenamiento a menor temperatura (6 °C). En comparación con el almacenamiento en frío, temperaturas de entre 30 y 35 °C como las de la TA2 han sido asociadas con una mayor actividad de enzimas como la catalasa y la ascorbato peroxidasa en semillas de arroz, lo cual se corresponde con el efecto de la temperatura de acelerar los procesos bioquímicos asociados con la germinación (Schwemberg y Bradford, 2010; Marques et al., 2014). Si bien la temperatura de almacenamiento tuvo un efecto sobre la germinación de ambos cultivares, no pareció afectar las variables plántulas anormales y semillas muertas, pues no hubo efecto significativo para dichas variables (Cuadro 1).

La disminución de la dormancia de las semillas, conforme transcurre el tiempo de almacenamiento, es un comportamiento conocido en el arroz (Du et al., 2015; Viera et al., 2008) y en otras especies con dormancia fisiológica. Sin embargo, el mecanismo a través del cual se produce esa salida del estado de acumulación de compuestos conocidos como especies de oxígeno reactivo, o ROS (*reactive oxygen species*) pudiese jugar un papel importante en esta característica. Estos compuestos se acumulan progresivamente en la semilla luego del proceso de maduración y pudiese ser un mecanismo de regulación de la actividad enzimática, a través de la oxidación del ARN mensajero responsable de la traducción de enzimas asociadas a la germinación cuando las ROS alcanzan un nivel dado en un tiempo determinado (El-Maarouf-Bouteau et al., 2013).

El comportamiento de la dormancia de los cultivares MD248 y SD20A presentado en este estudio evidencia la necesidad de conocer y considerar esta característica en el manejo post-cosecha de la semilla de los cultivares de arroz, dado que existen diferencias entre genotipos tanto en los propios niveles de dormancia, como en la respuesta a distintas condiciones de almacenamiento. Las normas para la certificación de semilla de arroz en Venezuela establecen que la germinación de las distintas clases (de fundación, registrada y certificada) debe ser de al menos un 80 %. Considerando los resultados del presente

estudio, la ruptura de la dormancia se podría alcanzar utilizando un almacenamiento a 30-35 °C, durante al menos 24 y 35 días para las variedades SD20A y MD248, respectivamente.

## CONCLUSIONES

Los niveles de dormancia inicial de la semilla de los cultivares de arroz MD248 y SD20A resultaron distintos, siendo mayor en MD248.

La dormancia de ambos cultivares fue afectada por el tiempo días de almacenamiento y la temperatura de almacenamiento de manera diferencial, evidenciando interacciones entre estos factores.

Para favorecer la ruptura de la dormancia y alcanzar los niveles de germinación requeridos por la normativa venezolana, se recomienda un almacenamiento a 30-35 °C, durante al menos 24 y 35 días para las variedades de arroz SD20A y MD248, respectivamente.

## LITERATURA CITADA

1. Baskin, J.M. y Baskin C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14: 1-16.
2. Du, W., Y. Cheng, Y. Wang, Y. He, Z. Wang y H Zhang. 2015. Physiological characteristics and related gene expression of after-ripening on seed dormancy release in rice. *Plant Biology* 17(6): 1156-1164.
3. El-Maarouf-Bouteau, H, Meimoun P, Job C, Job D, Bailly C. 2013. Role of protein and mRNA oxidation in seed dormancy and germination. *Frontiers in Plant Science* 4: 77.
4. FAO (Food and Agriculture Organization. 2018). FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/> (consulta de Sep. 27, 2018).
5. He, D. y P. Yang. 2013. Proteomics of rice seed germination. *Frontiers in Plant Science* 4: 246.
6. ISTA (International Seed Testing Association). 2013. *International Rules for Seed Testing*. Zurich. Switzerland.
7. Kanyeka, Z. 2006. Genetics and inheritance of seed dormancy inflicted by seed-coat factors in rice (*Oryza sativa* L.). *Tanz. J. Sci.* 32(1): 13-15.

**Jayaro et al. Efecto del almacenamiento sobre la dormancia de semillas de arroz**

8. Kumar, M., D. Rajpurohit, P. Basha, A. Bhalla, G. Randhawa y H. Dhaliwal. 2009. Genetic Control of Seed Dormancy in Basmati Rice. *Madras Agric. J.* 96(7-12): 305-308.
9. Marques, E., R. Fontes, E. Fontes, S. Martins, P. Soares y E. Gomes. 2014. Dormancy and enzymatic activity of rice cultivars seeds stored in different environments. *Journal of Seed Science* 36(4): 435-442.
10. MAC (Ministerio de Agricultura y Cría). 1986. Normas Generales sobre Semillas. Gaceta Oficial N° 33.456 del 24 de abril de 1986. Caracas.
11. Mutinda, Y., J. Muthomi, J. Kimani, G. Cheminigwa y F. Olubayo. 2017. Viability and dormancy of rice seeds after storage and pre-treatment with dry heat and chemical agents. *Journal of Agricultural Science* 9(7): 175-185.
12. Schwember, A., K. Bradford. 2010. Quantitative trait loci associated with longevity of lettuce seeds under conventional and controlled deterioration storage conditions. *Journal of Experimental Botany* 61(15): 4423-4436.
13. Sugimoto, K., Y. Takeuchi, K. Ebana, A. Miyao, H. Hirochika, N. Haraa. 2010. Molecular cloning of *Sdr4*, a regulator involved in seed dormancy and domestication of rice. *Proc Natl Acad Sci.* 107(13): 5792-5797.
14. Vieira, A., J. Oliveira, R. Guimarães, E. Vilela, C. Pereira y C. Clemente. 2008. Marcador isoenzimático de dormência em sementes de arroz. *Revista Brasileira de Sementes* 30(1): 81-89.

