Parámetros estadísticos de semillas hidroacondicionadas germinadas por días, en los cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) INCA LP-5 e IACuba-41.

Statistical parameters of hydropriming seeds germinated by day, in the rice cultivars (*Oryza sativa* L.) INCA LP-5 and IACuba-41.

Sahily Cano Llorente [(1)]

Sergio F. Rodríguez Rodríguez [(2)]

Ángel de Sousa Tórres [(3)]

Daniel José del Llano Gómez [(4)]

Manuel José Linares Alvaro [(5)]

Gerardo Cueto Aldana [(6)]

Wilmer L. Almarales Frías [(7)]

(1) Universidad de Granma. Cuba. sahilycanollorente@gmail.com.
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-1572-9179

(2) Universidad de Granma. Cuba. sfrodriguez1964@gmail.com.
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2923-5092

(3) Universidad de Granma. Cuba. angelrdt2018@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3031-1008

(4) Universidad de Granma. Cuba. danieldelllanogomez9@gmail.com.
ORDID: https://orcid.org/0009-0007-4103-541X

(5) Universidad de Granma. Cuba. mlinaresalvaro@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1185-7822

(6) Estación Territorial de Investigaciones de Granos. Jucarito. Granma. Cuba. gcueto142@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0009-0007-4103-541X

(7) Universidad de Granma. Cuba. walmaralesf74@gmail.com.
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6155-8348

Contacto: sfrodriguez1964@gmail.com

Artículo recibido: 01/enero/2025. Aprobado: 31/enero/2025

Resumen

El hidroacondicionamiento de las semillas de arroz es un proceso necesario para una buena germinación, ya que ayuda a romper la latencia seminal característica de estas semillas. El objetivo de esta investigación fue determinar parámetros estadísticos de semillas hidroacondicionadas germinadas por días, en los cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) INCA LP-5 e IACuba-41, pertenecientes al programa de mejora genética cubano. El experimento se llevó a cabo en bandejas con un sustrato de suelo Vertisol proveniente de una zona arrocera en el municipio de Río Cauto, provincia de Granma, Cuba. Cincuenta semillas de cada cultivar fueron imbibidas en agua de riego durante 72 horas, seguidas de un período de reposo de 48 horas a la sombra y al aire libre. Posteriormente, estas semillas se colocaron en las bandejas y se evaluó la cantidad de semillas germinadas diariamente durante 14 días. Se analizaron estadísticos de tendencia central, dispersión y forma, incluyendo los intervalos de confianza para la media aritmética, los cuales no mostraron significación estadística. La mayor germinación se observó a partir del cuartil tres (75 %) o del quinto día; no obstante, la distribución de la germinación no se ajusta a una normal, según la prueba de Shapiro-Wilk, que fue significativa. Sin embargo, se observó una tendencia hacia una germinación más precoz en un día para el cultivar INCA LP-5, el cual también presentó una menor variabilidad tanto absoluta como relativa en comparación con el cultivar IACuba-41 o una germinación más concentrada.

Palabras claves: Arroz, semillas, hidroacondicionamiento, parámetros estadísticos.

Abstract

Hydropriming of rice seeds is a necessary process for good germination to break the seminal dormancy characteristic of these seeds. The objective of this research was to determine statistical parameters of hydropriming seeds germinated by day, in the rice cultivars (*Oryza sativa* L.) INCA LP-5 and IACuba-41, which are part of the Cuban breeding program. The experiment was developed in trays whose substrate was a Vertisol soil from a rice-growing area of the Río Cauto municipality, Granma province, Cuba. Fifty seeds of both cultivars were soaked in irrigation water for 72 hours and 48 hours of rest in the shade and outdoors, then placed in boxes and evaluated for 14 days the amount of seeds germinated per day. Statistics of central tendency, dispersion and shape were evaluated, including the confidence intervals of the arithmetic mean, which did not yield

statistical significance. The highest germination occurred from the third quartile (75 %) or the fifth day, whose dynamics do not fit a normal distribution because the Shapiro-Wilk test was significant. However, a trend towards earlier germination by one day was observed for the INCA LP-5 cultivar, which also showed lower absolute and relative variability compared to the IACuba-41 cultivar or a more concentrated germination.

Key words: Rice, seeds, hidropriming, statistical parameters.

Introducción

El cultivo del arroz es el principal alimento, aportando más del 25 % de las calorías necesarias para la mitad de la población mundial (Kusano *et al*., 2015). Un informe de la FAO (2021) mostró que más de 755 millones de toneladas de arroz se producen en 143 países. El arroz contribuye notablemente a la seguridad alimentaria, ya que más de la mitad de la población mundial lo utiliza como alimento principal, fuente principal de energía, ingresos y ganancias (Fikriyah, 2018).

El arroz (*Oryza sativa* L.), de la familia Poaceae, se encuentra entre los tres principales cereales producidos a nivel mundial, y su reproducción comercial se realiza mediante semillas botánicas. Una desventaja es la presencia de dormancia o latencia seminal, que no es más que la pérdida de la capacidad de germinación en un intervalo de tiempo, incluso en presencia de condiciones ambientales favorables de luz y temperatura (Baskin y Baskin, 2004).

La dormancia en el arroz es de tipo fisiológico, debida a la presencia de fitohormonas como el ácido indolacético (AIA) y el ácido abscísico (ABA), y enzimas como la alfa-amilasa, con influencia además del genotipo, la presencia en las glumas de estructuras de cobertura y factores de manejo como el tiempo desde la cosecha y la temperatura de almacenamiento (Kumar *et al*., 2009; Marques *et al*., 2014; Jayaro *et al*., 2020).

Entre los métodos para romper la dormancia seminal en el arroz se encuentra el hidroacondicionamiento, sin el cual la germinación en condiciones de campo sería muy errática. El acondicionamiento hídrico es una técnica de tratamiento fisiológico de semillas pre-siembra que implica la hidratación y deshidratación controlada de las semillas durante un periodo de tiempo específico para mejorar su germinación, el metabolismo pre-germinativo y el vigor de las plántulas, sin que se produzca la germinación de las semillas (Arun *et al*., 2020). Las semillas acondicionadas hídricamente emergen más rápido, crecen más vigorosamente y alcanzan mayores rendimientos, lo

cual es especialmente importante en condiciones ambientales adversas como la sequía (Mamun *et al*., 2018).

El hidroacondicionamiento mejora el rendimiento fisiológico de las semillas, lo que lleva a la obtención de plántulas de mayor vigor. Esto se atribuye a una mayor absorción de agua y a la activación de las vías metabólicas, facilitando las fases de crecimiento temprano. Las semillas acondicionadas han mostrado mayor resistencia a los estreses ambientales, tales como sequía e inundación, mejorando su capacidad para controlar o eliminar las especies reactivas de oxígeno (Kalhori *et al*., 2018; Nedunchezhiyan *et al*., 2019; Amir *et al*., 2024). En este sentido, el hidroacondicionamiento inicia los procesos metabólicos asociados con la germinación sin permitir que la radícula emerja del embrión.

Este proceso incluye la activación enzimática y el incremento de la actividad de la enzima amilasa, que ayuda a metabolizar el almidón para ofrecer energía para el desarrollo de la plántula (Archana *et al*., 2023; Amir *et al*., 2024). Las semillas acondicionadas exhiben una reducción de la peroxidación lipídica y un mejoramiento en la actividad enzimática antioxidante, como la superóxido dismutasa y la catalasa, que contribuyen a una mayor tolerancia al estrés en condiciones adversas (Basra *et al*., 2005; Varier *et al*., 2010; Paparella *et al*., 2015; Lutts *et al*., 2016; Archana *et al*., 2023).

El mayor beneficio del hidroacondicionamiento es el incremento de la tasa de germinación a cualquier temperatura y la emergencia uniforme de las plántulas de semillas acondicionadas a una velocidad mayor que las semillas no acondicionadas, debido a la limitada exposición a condiciones ambientales adversas. Esto se debe a la reducción de la fase de retardo o fase metabólica del proceso de germinación (Amir *et al*., 2024). Las semillas acondicionadas han sido usadas comercialmente para eliminar o reducir el efecto de los estreses abióticos y bióticos, permitiendo así un enfoque efectivo para la producción exitosa de cultivos de campo.

En este contexto, el objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos del hidroacondicionamiento en las semillas germinadas por días de los cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) INCA LP-5 e IACuba-41

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el municipio de Río Cauto, provincia de Granma, en enero de 2024. Se utilizaron 250 semillas de arroz de los cultivares cubanos INCA LP-5 e IACuba-41, fruto

del programa de mejoramiento genético del arroz, genéticamente uniformes y de categoría registrada, provenientes de la UEB de Semillas "La Gavina" de la Empresa "Fernando Echenique", provincia de Granma, Cuba. Se seleccionaron semillas sin defectos visibles, granos vacíos, daños de insectos ni malformaciones. El contenido de humedad de las semillas fue del 9-10 %, según las normas internacionales establecidas (ISTA, 2022).

Las semillas se sembraron en bandejas de aluminio con dimensiones de 5.0 cm de alto, 20 cm de ancho y 35 cm de largo. Las bandejas se llenaron con suelo Vertisol (Hernández *et al*., 2015). Antes de la siembra, las semillas se imbibieron en agua del canal de riego, utilizada para inundar los campos de arroz en esa zona, durante un periodo de 72 horas. Después de este tiempo, las semillas se colocaron a la sombra en un lugar aireado durante 48 horas. A continuación, se sembraron en la superficie del suelo de las bandejas, humedeciendo el suelo con agua sin provocar encharcamiento. Cada semilla se sembró en hileras separadas por tres centímetros, con una separación de 10 cm entre hileras. Las bandejas se organizaron en un diseño completamente aleatorizado con cinco réplicas por cultivar, cada una con 50 semillas.

Las bandejas se mantuvieron bajo las condiciones ambientales de enero de 2024, con temperaturas mínimas de 25°C, medias de 27°C y máximas de 29°C. El fotoperiodo fue de 12 horas y la humedad relativa del 80 %.

La variable evaluada fue la cantidad de semillas germinadas por día durante un intervalo de 14 días, desde el día de la siembra hasta el día 14. Se promedió la cantidad de semillas germinadas de las 50 semillas de cada una de las cinco réplicas.

Los datos de la cantidad de semillas germinadas por días fueron analizados por estadística descriptiva, determinando el tamaño de la muestra, valores mínimo y máximo, media aritmética, desviación estándar, error estándar, coeficiente de variación (%), mediana, moda, media geométrica, media armónica y los percentiles al 25 % y 75 %, así como asimetría y curtosis. Además, se calcularon los intervalos de confianza de la media aritmética por remuestreo para 9 999 permutaciones, que es un método que permite estimar la precisión de estadísticos muestrales como la media aritmética, etc., mediante la generación repetida de muestras aleatorias con reemplazo a partir de los valores de la muestra original, con la finalidad de determinar la presencia o no de diferencias significativas en la cantidad de semillas germinadas por días entre los cultivares de arroz evaluados.

La media geométrica se determinó como la raíz cuadrada del producto de los valores, mientras que la media armónica se calculó como el recíproco de la media aritmética de los recíprocos de los valores individuales (Molina, 2022).

Para la estadística inferencial, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk con un nivel de confiabilidad del 95 %, con el objetivo de verificar si la cantidad de semillas germinadas por días seguía una distribución normal.

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico PAST 5.0 (Hammer *et al*., 2001).

Resultados y Discusión

Los resultados del valor medio o media aritmética de la cantidad de semillas germinadas por día muestran valores de 3.57 para la variedad INCA LP-5 y de 3.50 para el cultivar IACuba-41 (Tabla 1). Esto indica que la variedad INCA LP-5 tuvo un promedio de semillas germinadas por día ligeramente superior al cultivar IACuba-41. La media es el valor más probable alrededor del cual se agrupan los datos y sirve como un estadístico de referencia para la fluctuación de la cantidad de semillas germinadas por día (Maqueira *et al*., 2023). De este resultado, se infiere que el cultivar INCA LP-5 tuvo una respuesta biológica ligeramente mejor al acondicionamiento hídrico presiembra que el cultivar IACuba-41, aunque no se encontraron diferencias significativas según los intervalos de confianza.

La desviación estándar, que representa la variabilidad absoluta, mostró valores de 4.87 para el cultivar INCA LP-5 y de 5.12 para IACuba-41. Esto refleja que IACuba-41 tuvo una mayor dispersión o variabilidad en la respuesta biológica al hidroacondicionamiento de las semillas, evidenciada en los promedios de la cantidad de semillas germinadas por día respecto a su media. La desviación estándar mide la dispersión de los datos alrededor de la media, lo que ayuda a entender la variabilidad en la cantidad de semillas germinadas por día.

En cuanto al error estándar, los valores de INCA LP-5 (1.30) y de IACuba-41 (1.37) indican que la precisión de la estimación de la media de INCA LP-5 es mayor que la de IACuba-41. Un error estándar menor sugiere que la media es un estimador más confiable de la cantidad de semillas germinadas por día (Harding *et al*., 2015).

Los resultados de los intervalos de confianza para ambos cultivares de arroz muestran un rango de valores de (0.92 - 5.85) para INCA LP-5 y de (0.78 - 5.85) para IACuba-41, con un nivel de confianza del 95 %, proporcionando información sobre la variabilidad esperada en la cantidad de semillas germinadas por día bajo condiciones de hidroacondicionamiento (Carpenter y Bithell, 2000). Estos intervalos indican que IACuba-41 tuvo mayor variabilidad en la cantidad de semillas germinadas por día en comparación con INCA LP-5, sugiriendo que las semillas de IACuba-41 mostraron una respuesta biológica menos consistente al acondicionamiento hídrico que INCA LP-5. Sin embargo, debido a la superposición significativa de los intervalos, no se pueden afirmar diferencias significativas estadísticas entre los cultivares en términos de semillas germinadas por tiempo.

Los niveles del coeficiente de variación o variabilidad relativa del cultivar INCA LP-5 (136.6 %) y de IACuba-41 (146.4 %) demuestran que la estimación de la media de INCA LP-5 fue menor con respecto a IACuba-41. Esto indica que INCA LP-5 produjo resultados más consistentes en la cantidad de semillas germinadas por día que IACuba-41, ya que un menor valor del coeficiente de variación sugiere menos dispersión relativa.

Con respecto al estadístico de curtosis, que mide la altura y el ancho de la distribución de los datos de la cantidad de semillas germinadas por día, una alta curtosis puede indicar la presencia de más valores extremos en los resultados (Balanda y MacGillivray, 1988; Joanes y Gill, 1998). Los valores determinados de la curtosis en INCA LP-5 (-0.38) y IACuba-41 (0.14) indican que IACuba-41 presentó más valores extremos que INCA LP-5 (Tabla 1), lo cual podría ser relevante al evaluar el efecto del hidroacondicionamiento en las semillas de arroz de ambos cultivares.

El número mínimo de semillas germinadas por día es 0 en ambas variedades de arroz, lo que indica que hubo días en los que no germinaron semillas. Es importante destacar que la germinación comenzó a partir del quinto día para ambos cultivares. La cantidad máxima de semillas germinadas por día fue de 13 para INCA LP-5 y de 14 para IACuba-41. En los 14 días de germinación, la cantidad total de semillas germinadas, basada en 50 semillas por cultivar, fue similar, resultando en 50 semillas para INCA LP-5 y 49 para IACuba-41.

Los valores de la mediana (0.5) y la moda (0) de ambos cultivares son iguales, indicando que el valor más frecuente era que ninguna semilla germinara, lo que en términos prácticos refiere que en los 14 días de germinación predominaron los días sin germinación, especialmente en los primeros

cinco días. Para INCA LP-5, la mediana de 0.5 sugiere que el 50 % de las observaciones están por debajo de este valor, similar a IACuba-41, y aclara que la mitad de las observaciones en ambos cultivares tuvieron muy pocas o ninguna semilla germinada.

Estadígrafos	**INCA LP-5**	**IACuba-41**
N (días)	14	14
Mínimo	0	0
Máximo	13	14
Suma	50	49
Media y sus I. Confianza	3.571 (0.929-5.857)	3.500 (0,786-5.857)
Error estándar	1.304	1.370
Varianza	23.802	26.269
Desviación estándar	4.879	5.125
Mediana	0.5	0.5
Percentil 25 %	0	0
Percentil 75 %	7.75	7.5
Moda	0	0
Asimetría	1.087	1.262
Curtosis	-0.389	0.148
Media geométrica	0	0
Media armónica	0	0
Coeficiente variación	136.605	146.439

Tabla 1: Parámetros estadísticos de las semillas de arroz germinadas por días tras un acondicionamiento hídrico de 72 horas en los cultivares cubanos de arroz INCA LP-5 e IACuba-41.

Los cuartiles al 25 % y 75 % mostraron que para INCA LP-5, el 25 % de las observaciones tienen 0 semillas germinadas, mientras que el 75 % de las observaciones tienen 7.75 semillas germinadas. Para IACuba-41, el 25 % de las observaciones también tienen 0 semillas germinadas, y el 75 % tienen 7.5 semillas germinadas. Esto indica que la mayoría de las observaciones por día tienen un número bajo de semillas germinadas, y las germinaciones superiores a 7 fueron poco comunes.

La asimetría para INCA LP-5 fue de 1.09, lo que sugiere una distribución sesgada hacia la derecha. Para IACuba-41, la asimetría fue de 1.26, también sesgada hacia la derecha, pero de manera más pronunciada. Esto explica que hay una cola larga hacia la derecha, con algunos valores altos que afectan la media. La curtosis para INCA LP-5 fue de -0.39, característica de una distribución

ligeramente platicúrtica, mientras que para IACuba-41 la curtosis fue de 0.15, e indica una distribución cercana a la normal pero aún ligeramente platicúrtica (Figura 1).

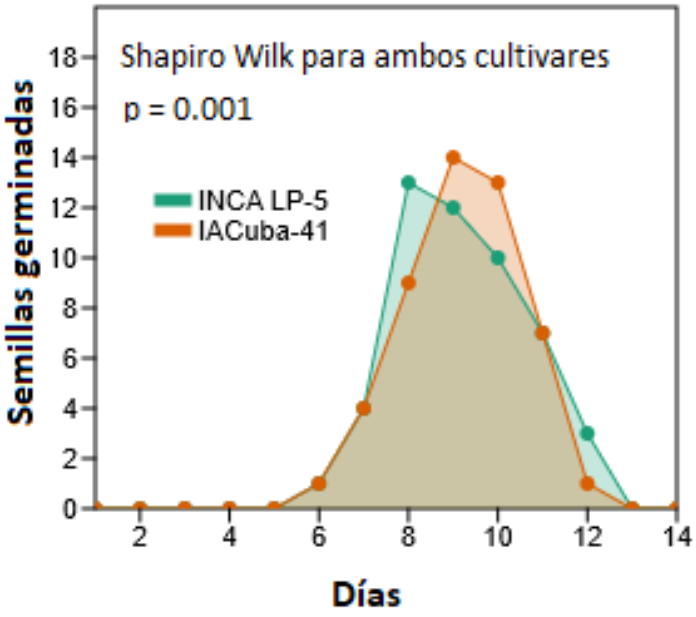

Figura 1. Distribución de la cantidad de semillas germinadas por día, y los resultados del valor de la significación (p) para la prueba de Shapiro-Wilk como medida de ajuste a la distribución normal. Valores de $p < 0.05$ indican diferencias significativas.

Las medias geométrica y armónica resultaron en cero porque su cálculo requiere que todos los valores de la variable evaluada sean positivos o mayores que cero (Molina, 2022). En esta investigación, la presencia de días sin germinación de semillas impidió calcular estos promedios. No obstante, la media geométrica es útil para calcular tasas de crecimiento, porcentajes y promedios de series temporales, especialmente cuando las escalas son logarítmicas o los datos son multiplicativos, siendo menos sensible a valores extremos. Por otro lado, la media armónica se aplica a datos relacionados con tasas, velocidades o proporciones; es el recíproco de la media aritmética y ofrece una medida robusta de la media aritmética cuando hay valores extremos altos, aunque se ve afectada negativamente por valores cercanos a cero. Si no hay ceros, la media armónica siempre será menor que la media geométrica, y esta última menor que la media aritmética (Molina, 2022). El mismo autor también menciona la existencia de otros tipos de medias como la media ponderada, la media recortada y la media winsorizada.

Los resultados revelan que el acondicionamiento hídrico presiembra de las semillas de arroz de los cultivares INCA LP-5 e IACuba-41 produjo resultados similares en la germinación, con una ligera tendencia a ser mayor la cantidad de semillas germinadas por día en el cultivar INCA LP-5 en

menor tiempo. IACuba-41 mostró mayor variabilidad en la cantidad de semillas germinadas por día, lo que sugiere una mayor sensibilidad a las condiciones edafoclimáticas o ambientales.

Los intervalos de confianza proporcionaron una estimación adecuada, indicando que es probable que el valor medio verdadero de las semillas germinadas por día para cada variedad esté dentro de estos rangos, permitiendo evaluar la precisión de la media calculada y su variabilidad. El coeficiente de variación fue elevado, lo que indica un amplio rango de variabilidad en los datos, posiblemente asociado a las condiciones edafoclimáticas o a factores genéticos de cada cultivar.

La asimetría positiva indica que la mayoría de las observaciones son bajas, pero hay valores extremos mayores hacia la derecha. En resumen, ambos cultivares mostraron una respuesta favorable al acondicionamiento hídrico presiembra. El uso de estadísticos descriptivos como la media, la desviación estándar, el error estándar, los intervalos de confianza, el coeficiente de variación y la curtosis ofrece un resumen adecuado que permite describir los efectos del hidroacondicionamiento en las semillas de arroz de los cultivares INCA LP-5 e IACuba-41, y realizar inferencias cualitativas sobre cómo este tratamiento fisiológico presiembra influye en la cantidad de semillas germinadas por día. Esto podría ser útil para comparar la variabilidad entre lotes de semillas o evaluar su calidad.

En la figura 1 el valor p de 0.001 para la prueba de Shapiro-Wilk indica que los datos de germinación para ambos cultivares no siguen una distribución normal. Esto sugiere que la germinación no se distribuye uniformemente a lo largo de los días, sino que hay una tendencia específica que se desvía de lo que se esperaría si las semillas germinaran de manera aleatoria.

En la misma figura hay que destacar que la germinación comienza alrededor del día 5 y parece alcanzar su pico entre los días 7 y 10, antes de declinar. El cultivar INCA LP-5 muestra una germinación más precoz, con un aumento más temprano en la cantidad de semillas germinadas. Llega a su máximo ligeramente antes que el cultivar IACuba-41, y la distribución de la germinación para INCA LP-5 es más estrecha, lo que indica una menor variabilidad en el tiempo de germinación. Para el cultivar IACuba-41 la germinación comienza de manera similar pero se extiende un poco más en el tiempo, y tiene una distribución más amplia, lo que sugiere una mayor variabilidad en el tiempo en germinar. El pico de germinación es ligeramente más alto que el de INCA LP-5, aunque la diferencia no parece ser significativa. La diferencia en la forma de las curvas sugiere que, aunque ambos cultivares responden al tratamiento de hidroacondicionamiento, lo hacen de manera

ligeramente diferente en términos de la velocidad y uniformidad de la germinación expresado en la variabilidad.

El hidroacondicionamiento es también una técnica favorable desde el punto de vista de costo-beneficio y ambiental, fácilmente adoptable por los agricultores, ya que no solo mejora las tasas de germinación sino también el establecimiento del cultivo en condiciones adversas, lo que conduce a mayores rendimientos (Christos *et al*., 2019). Diversos estudios han demostrado que las semillas de arroz hidroacondicionadas tienen un mejor rendimiento en términos de uso eficiente del agua y pueden adaptarse más eficientemente a variados niveles de humedad del suelo (Farooq *et al*., 2006; Ibrahim *et al*., 2013).

La calidad fisiológica de las semillas se ve beneficiada por el hidroacondicionamiento, ayudando a mantener un equilibrio óptimo en el contenido de humedad, crucial para evitar el deterioro prematuro. Un manejo adecuado del agua durante el acondicionamiento asegura que las semillas mantengan su viabilidad durante más tiempo (Amir *et al*., 2024).

El tratamiento con hidroacondicionamiento contribuye a un incremento en el vigor de las semillas. Un mayor vigor se asocia con una mejor capacidad de las plántulas para resistir condiciones adversas como el estrés hídrico o la salinidad. Esto es particularmente relevante en regiones donde las condiciones ambientales son desafiantes (Amir *et al*., 2024; Tandoh *et al*., 2024). Además, este tratamiento juega un papel crítico en la mejora del rendimiento de las semillas de arroz, incrementando las tasas de germinación, asegurando la emergencia uniforme de las plántulas y aumentando el vigor total de las plántulas (Archana *et al*., 2023). La capacidad de esta técnica para activar procesos metabólicos y su resistencia contra estreses ambientales la convierten en una herramienta valiosa en la agricultura moderna, especialmente en áreas afectadas por cambios climáticos (Nakao *et al*., 2018; Amir *et al*., 2024).

Las semillas de arroz hidroacondicionadas han mostrado tasas de germinación significativamente superiores comparadas con las no acondicionadas. Por ejemplo, un estudio reveló que las semillas acondicionadas durante 24 horas resultaron en un mejor establecimiento de plántulas bajo condiciones de inundación, mejorando las tasas de supervivencia y acelerando la movilización de carbohidratos durante la germinación (Basra *et al*., 2005; Basra *et al*., 2006; Farooq *et al*., 2006). Este tratamiento conduce a una emergencia de plántulas más uniforme, esencial para el establecimiento del cultivo y el rendimiento total. La uniformidad en la emergencia ayuda a

manejar los cultivos de manera más efectiva y reduce la competencia entre plántulas (Shabbir *et al*., 2014; Damalas *et al*., 2019).

El hidroacondicionamiento puede aumentar la tasa de germinación de las semillas de arroz. Ajustando el contenido de humedad, se promueve un inicio más rápido y uniforme del proceso de germinación, lo que se traduce en un mayor porcentaje de plántulas normales y vigorosas, crucial para el establecimiento exitoso del cultivo (Tandoh *et al*., 2024). Es importante destacar que la respuesta biológica de las semillas de diferentes cultivares de arroz al hidroacondicionamiento puede variar debido a las características intrínsecas de cada variedad.

Estudiar y valorar los efectos del hidroacondicionamiento de semillas de arroz en los cultivares INCA LP-5 e IACuba-41, utilizando estadística descriptiva e inferencial, es una práctica efectiva y recomendada en la investigación agrícola. La estadística descriptiva permite resumir y analizar datos de manera que se puedan extraer conclusiones significativas sobre el comportamiento de las semillas bajo diferentes condiciones de acondicionamiento hídrico.

Conclusiones

La mayor germinación se observó a partir del cuartil tres (75 %) o del quinto día, cuya dinámica no se ajusta a una distribución normal, dado que la prueba de Shapiro-Wilk fue significativa.

Se demostró una tendencia a una germinación más precoz por un día en el cultivar INCA LP-5, además de presentar una menor variabilidad tanto absoluta como relativa en la cantidad de semillas germinadas por día en comparación con el cultivar IACuba-41.

No existieron diferencias significativas en la cantidad de semillas germinadas por día entre los cultivares.

Nota: Artículo científico presentado como ponencia en el Taller Internacional "*Environment management*", organizado entre la Universidad de Concordia, Quebec, Canadá, la Universidad de Granma, Cuba y el Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas (PMA), celebrado del 4-5 marzo de 2024 en la Universidad de Granma, Cuba, como parte del proyecto "*Effective mitigation of the impact of climate change on rice production in Granma*" *of Quebec-Cuba call 2023-2025*.

Bibliografía

Amir M, Prasad D, Khan FA, Khan A, Ahmad B, Astha. (2024). Seed priming: An overview of techniques, mechanisms, and applications. Plant Science Today 11(1):553-6. DOI: https://doi.org/10.14719/pst.2828

Archana, H., Vijay, D., T, M., Ahmad, D., B, A., Bhowmick, P., Sinha, S., Sharma, D., & Sushmitha, L. (2023). Influence of spermidine priming on rice (*Oryza sativa*) seed germinability and vigour under heat stress. The Indian Journal of Agricultural Sciences, 93(12), 1284–1290. https://doi.org/10.56093/ijas.v93i12.141044

Arun, M. N., Hebbar, S. S., Bhanuprakash, K., Senthivel, T., Nair, A. K., & Pandey, D. P. (2020). Influence of seed priming and different irrigation levels on growth parameters of cowpea [Vigna unguiculata (L.) Walp]. Legume Research-An International Journal, 43(1), 99-104. DOI:10.18805/LR-3945

Balanda, K. P., & Mac Gillivray, H. L. (1988). Kurtosis: A critical review. American Statistician, 42, 111-119. DOI:10.1080/00031305.1988.10475539

Basra, S. M. A., Farooq, M., Tabassam, R., & Ahmad, N. (2005). Physiological and biochemical aspects of presowing seed treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). Seed Science and Technology, 33, 623-628. DOI: https://doi.org/10.15258/sst.2005.33.3.09

Basra, S. M. A., Farooq, M., Tabassum, R., & Ahmed, N. (2006). Evaluation of seed vigour enhancement techniques on physiological and biochemical basis in coarse rice (*Oryza sativa* L.). Seed Science and Technology, 34(3), 719-728. DOI: https://doi.org/10.15258/sst.2006.34.3.18

Baskin, J. M., & Baskin, C. (2004). A classification system for seed dormancy. Seed Science Research, 14, 1-16. DOI: https://doi.org/10.1079/SSR2003150

Carpenter, J., & Bithell, J. (2000). Bootstrap confidence intervals: When, which, what? A practical guide for medical statisticians. Statistics in Medicine, 19, 1141-1164. DOI: 10.1002/(sici)1097-0258(20000515)19:9<1141::aid-sim479>3.0.co;2-f

Christos, A. D., Spyridon, D. K., & Sideris, F. (2019). Hydropriming effects on seed germination and field performance of faba bean in spring sowing. Agriculture, 9, 201. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture9090201

Damalas, C. A., Koutroubas, S. D., & Fotiadis, S. (2019). Hydro-Priming Effects on Seed Germination and Field Performance of Faba Bean in Spring Sowing. Agriculture, 9(9), 201. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture9090201

FAO. (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

Farooq, M., Basra, S. M. A., & Wahid, A. (2006a). Priming of field-sown rice seed enhances germination, seedling establishment, allometry and yield. Journal of Plant Growth Regulation, 49, 285-294. DOI: https://doi.org/10.1007/s10725-006-9138-y

Farooq, M., Basra, S. M. A., Afzal, I., & Khaliq, A. (2006b). Optimization of hydro-priming techniques for rice seed invigoration. Seed Science and Technology, 34(2), 507-512. DOI:10.15258/sst.2006.34.2.25

Fikriyah, V. N. (2018). Detecting rice crop establishment methods using Sentinel-1 multi temporal imagery in Nueva Ecija, Phillipines (Master's thesis, University of Twente). http://essay.utwente.nl/83632/1/fikriyah.pdf

Harding, B., Tremblay, C, & Cousineau, D. (2015). The standard error of the Pearson skew. The Quantitative Methods for Psychology, 11(1), 32-36. DOI: 10.20982/tqmp.11.1.p032

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica, 4(1). http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D., & Castro, S. N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba. ISBN: 978-959-7023-77-7. https://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacionsueloscuba%202015.pdf

Ibrahim, N. D., Bhadmus, Z., & Singh, A. (2013). Hydro-priming and re-drying effects on germination, emergence and growth of upland rice (*Oryza sativa* L.). Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences, 21, 157-164. DOI: http://dx.doi.org/10.4314/njbas.v21i2.11

ISTA Rules. (2022). International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland. https://seedhealth.org/files/2022/03/ISTA_Rules_2022_SHMethods_7-004.pdf

Jayaro, Y., Ávila, M., Hernández, F., & Romero, M. (2020). Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre la dormancia de la semilla de los cultivares de arroz SD20A Y MD248. Bioagro, 32(2), 87-94. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7901629.pdf

Joanes, D. N., & Gill, C. A. (1998). Comparing measures of sample skewness and kurtosis. Journal of the Royal Statistical Society, 47, 183-189. https://www.jstor.org/stable/2988433

Kalhori, N., Nulit, R., Azizi, P., & Atabki, N. (2018). Hydro priming stimulates seedling growth and establishment of Malaysian Indica rice (MR219) under drought stress. Acta Scientific Agriculture, 2(11), 9-16. https://actascientific.com/ASAG/pdf/ASAG-02-0218.pdf

Kumar, M., Rajpurohit, D., Basha, P., Bhalla, A., Randhawa, G., & Dhaliwal, H. (2009). Genetic control of seed dormancy in basmati rice. Madras Agricultural Journal, 96(7-12), 305-308. DOI: https://doi.org/10.29321/MAJ.10.100493

Kusano, M., Yang, Z., Okazaki, Y., Nakabayashi, R., Fukushima, A., & Saito, K. (2015). Using metabolomic approaches to explore chemical diversity in rice. Molecular Plant, 8(1), 58-67. DOI: https://doi.org/10.1016/j.molp.2014.11.010

Lutts, S., Benincasa, P., Wojtyla, L., Kubala, S., Pace, R., & Lechowska, K. (2016). Seed priming: New comprehensive approaches for an old empirical technique. In S. Araújo & A. Balestrazzi (Eds.), New Challenges in Seed Biology – Basic and Translational Research Driving Seed Technology, 1-46. InTechOpen. DOI: 10.5772/64420

Mamun, A. A., Naher, U. A., & Ali, M. Y. (2018). Effect of seed priming on seed germination and seedling growth of modern rice (*Oryza sativa* L.) varieties. The Agriculturists, 16(1), 34-43. DOI: https://doi.org/10.3329/agric.v16i1.37532

Maqueira, L.; Morejón, R.; Rojan, O.; Blanco, Y. e Izquierdo, A. (2023). Germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) a diferentes temperaturas. Cultivos Tropicales, 44 (4). https://cu-id.com/2050/v44n4e01

Marques, E., Fontes, R., Fontes, E., Martins, S., Soares, P., & Gomes, E. (2014). Dormancy and enzymatic activity of rice cultivars seeds stored in different environments. Journal of Seed Science, 36(4), 435-442. DOI: https://doi.org/10.1590/2317-1545v36n41031

Molina, M. (2022). Media armónica. Un acertijo con trampa. Revista Electrónica AnestesiaR, *14*(11). DOI: https://doi.org/10.30445/rear.v14i11.1091

Nakao, Y., Asea, G., Yoshino, M., Kojima, N., Hanada, H., Miyamoto, K., Yabuta, S., Kamioka, R. and Sakagami, J. (2018) Development of hydropriming techniques for sowing seeds of upland rice in Uganda. American Journal of Plant Sciences, 9, 2170-2182. DOI: 10.4236/ajps.2018.911157

Nedunchezhiyan, V., Velusamy, M., & Karthikeyan, S. (2019). Seed priming to mitigate the impact of elevated carbon dioxide associated temperature stress on germination in rice (*Oryza sativa*

L.). Archives of Agronomy and Soil Science, 66(1), 83-95. DOI:10.1080/03650340.2019.1599864

Paparella, S., De Sousa Araújo, S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2015). Seed priming: State of the art and new perspectives. Plant Cell Reports, 4(8), 1281-1293. DOI: 10.1007/s00299-015-1784-y

Shabbir, I., Ayub, M., Tahir, M., Bilal, M., Tanveer, A., Hussain, M., & Afzal, M. (2014). Impact of priming techniques on emergence and seedling growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. Scientia, 1, 92-96. DOI:10.15192/PSCP.SA.2014.1.3.9296

Tandoh, P. K., Idun, I. A., Aculey, P., Adu, E., & Osam, Y. N. (2024). Impact of hydro-pring durations on viability, growth and yield of two rice (*Oryza sativa*) varieties. Science World Journal, 19(3), 752-765. DOI: https://dx.doi.org/10.4314/swj.v19i3.22

Varier, A., Vari, A. K., & Dadlani, M. (2010). The subcellular basis of seed priming. Current Science, 99(4), 450-456. https://www.jstor.org/stable/24109568