



Germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) a diferentes temperaturas

Germination of rice seeds (*Oryza sativa* L.) at different temperatures

^{ID}Lázaro A. Maqueira López*, ^{ID}Rogelio Morejón Rivera, ^{ID}Osmany Rojón Herrera, ^{ID}Yaisys Blanco Valdés, ^{ID}Ana Isabel Izquierdo Collazo

Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios”. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

RESUMEN: La investigación se desarrolló en la Unidad Científico Tecnológica de Base, Los Palacios, Pinar del Río, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. El objetivo fue evaluar la influencia de las temperaturas en la germinación de cuatro cultivares de arroz. Se analizaron semillas de *Oryza sativa* L. (arroz) de los cultivares INCA LP-5, Reforma, INCA LP-2 y Jucarito 104 (J-104). Las temperaturas de germinación consideradas en cada ensayo fueron 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40°C. El diseño experimental utilizado en todos los casos fue completamente aleatorizado, cada ensayo fue evaluado individualmente y repetido dos veces, se trabajó con las medias de dichas repeticiones. Se contaron las semillas germinadas desde su establecimiento hasta la estabilización, con los datos obtenidos se determinó: porcentaje de germinación, semillas germinadas por día, Índice Maguire (IM) y número medio de días germinados (NMDG). Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%. Los resultados de este trabajo indican que existe sensibilidad en el proceso de germinación de diferentes cultivares de arroz ante los efectos de la temperatura. Cada cultivar muestra una mayor o menor resistencia de germinación en función de la temperatura. Por lo tanto, el efecto de la temperatura en el proceso está estrechamente relacionado con el material genético con que se esté trabajando. Además, con el incremento en la velocidad de germinación a partir del aumento de la temperatura, se alcanza un valor óptimo para después disminuir, independientemente del cultivar.

Key words: cereal, vigor, reserva.

ABSTRACT: The research was developed in the Base Scientific Science Unit, Los Palacios, Pinar del Río, belonging to the National Institute of Agricultural Sciences. The objective was to evaluate the influence of temperatures on the germination of four rice cultivars. Seeds of *Oryza sativa* L. (rice) were analyzed from the cultivars, INCA LP-5, Reforma, INCA LP-2 y Jucarito 104 (J-104). The germination temperatures considered in each trial were 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C. The experimental design used in all cases was completely randomized, each trial was evaluated individually and was repeated twice, we worked with the means of these repetitions. Germinated seeds were counted from their establishment until stabilization, with the data obtained was determined: Percentage of germination, seeds germinated per day and the Maguire Index. The results were subjected to an analysis of variance (ANOVA) with a confidence level of 95 %. The results of this work indicate that there is a sensitivity in the germination process of different rice cultivars to temperature effects. Each cultivar shows a greater or lesser germination resistance depending on the temperature. Therefore, temperature effect in the process is closely related to the genetic material with which it is working. In addition, with a germination speed increase in the increase in temperature, an optimal value is reached and then decreases, regardless of the cultivar.

Key words: cereal, vigor, reserve.

*Autor para correspondencia: lalberto@inca.edu.cu, maqueiralopez@gmail.com

Recibido: 20/01/2021

Aceptado: 25/08/2021

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución de los autores: **Conceptualización-** Lázaro A Maqueira López, Yaisys Blanco Valdés. **Investigación-** Lázaro A Maqueira López, Osmany Rojón Herrera, Rogelio Morejón Rivera. **Metodología-** Lázaro A Maqueira López, Osmany Rojón Herrera, Rogelio Morejón Rivera, Yaisys Blanco Valdés. **Supervisión-** Lázaro A Maqueira López. **Escritura del borrador inicial-** Lázaro A Maqueira López, Yaisys Blanco Valdez, Osmany Rojón Herrera, Rogelio Morejón Rivera, Ana Isabel Izquierdo Collazo. **Escritura del borrador final-** Lázaro A Maqueira López, Yaisys Blanco Valdés.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

El arroz, el trigo y el maíz son los cereales más importantes para la alimentación humana, a nivel mundial. El arroz (*Oryza sativa* L.) es consumido por más de la mitad de la población y proporciona el 27% de las calorías de los alimentos que consume la misma. Aproximadamente, 900 millones de pobres del mundo dependen del arroz como consumidores y/o productores (1).

En Cuba, el cultivo del arroz ocupa solo el 7,6%, de los 2 733,5 millones de hectáreas (ha) de tierra cultivadas (2). El rendimiento agrícola en el país, para el período 2013 al 2016, fue de 3,07 t ha⁻¹ aunque se han señalado potenciales de rendimiento entre 6,4 a 7,4 t ha⁻¹, para las siembras de frío y 4,4 a 5,3 t ha⁻¹, para las de primavera. En los últimos cinco años, el comportamiento productivo en el país es similar al del periodo antes mencionado y, para suplir las demandas de la población cubana, se han tenido que importar más del 50 % del arroz que se consume (3). Todo lo planteado anteriormente es la razón por la que se siguen estrategias para aumentar el rendimiento y reducir las importaciones. Se fortalece la implementación de acciones donde, promover el mejoramiento genético de cultivares, la producción de semillas y el logro de una correcta fitotecnia, con énfasis en lograr una germinación que garantice una adecuada densidad de plantas, están entre las más importantes (4).

Sin embargo, la respuesta de cultivares de arroz a condiciones ambientales diferentes, debido a la gran variabilidad del clima resulta, en la actualidad, un elemento de vital importancia para lograr una elevada productividad ante los efectos del cambio climático (5). En general, la producción de los cultivos se ve afectada por la variabilidad del clima y, sobre todo, por el efecto de las temperaturas. Por ello, es importante conocer los estados de desarrollo y las etapas fenológicas más sensibles, así como el efecto perjudicial de las temperaturas sobre los procesos (6). De las fases y etapas del cultivo, el proceso de germinación se considera uno de los más afectados por la temperatura, debido a la influencia de ésta en la actividad de las enzimas reguladoras de la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla tras su rehidratación (7). En la actualidad, existe poca información de las consecuencias

de la temperatura sobre la germinación de cultivares de arroz obtenidos en el país y se requiere de una comprensión precisa de la dinámica de la germinación a diferentes temperaturas para asegurar un número de plántulas adecuado, en la práctica productiva; además, este experimento es importante para impulsar los programas de mejoramiento de los cultivares en función de la adaptación al clima en el sector agrícola. Por lo antes señalado, se realizó este trabajo con el objetivo de evaluar la influencia de las temperaturas en la germinación de cuatro cultivares de arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se desarrollaron en la Unidad Científica Tecnológica de Base Los Palacios (UCTB-LP), perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Se analizaron semillas de *Oryza sativa* L (arroz) de cuatro cultivares: INCA LP-5, Reforma, INCA LP-2 y Jucarito 104 (J-104) (Tabla 1) (8,9). Estas fueron suministradas por el grupo de semillas del INCA.

Una vez cosechado el cultivo, y con el propósito de bajar su humedad hasta el 12 %, las semillas se secaron en una estufa con aire forzado a 30 °C. La humedad de la semilla fue determinada con un determinador de humedad marca Kett J5, de fabricación japonesa. Posteriormente, fueron conservadas en recipientes plásticos bien tapados.

En el experimento, las temperaturas de germinación consideradas en cada ensayo fueron 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 °C. En cada ensayo, la unidad experimental correspondió a las placas petri de vidrio de 140 mm de diámetro y 20 mm de alto, con dos capas de papel filtro humedecido con agua destilada sobre el fondo de las placas y 40 semillas en su interior. Se establecieron cuatro repeticiones por tratamiento. Una vez dispuestas las semillas en las placas, se situaron en una cámara de germinación regulada a la temperatura respectiva, en condiciones de oscuridad. El diseño experimental utilizado, en todos los casos, fue completamente aleatorizado; cada ensayo (Temperaturas 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 °C) fue evaluado individualmente y repetido dos veces, se trabajó con las medias de dichas repeticiones.

Tabla 1. Principales características biológicas de los cultivares de arroz estudiados en los experimentos

Características	Cultivares			
	INCA LP-5	Reforma	INCA LP-2	Jucarito 104
Duración del ciclo (días)				
Época "poco lluviosa"	128	122	134	147
Época "lluviosa"	110	105	114	119
Clasificación según el ciclo	Corto	Corto	Medio	Medio
Altura de la planta (cm)	90	90-110	88	85
Longitud de la panícula (cm)	23	26	24	23
Granos por panícula	90	150	90	112
Masa de mil granos (g)	29,5	26,6	29	28
Rendimiento (t ha ⁻¹)				
Época "poco lluviosa"	8,2	7,5	7,8	8,6
Época "lluviosa"	5,7	5,7	6,7	5,9

Se contaron las semillas germinadas desde su establecimiento hasta la estabilización. Con los datos obtenidos se determinó:

- Porcentaje de germinación (PG): Se consideró como semilla germinada aquella con una radícula de longitud mayor o igual a 2 mm (10). Número

$$PG = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas sembradas}} * 100 \quad (1)$$

- Semillas germinadas por día (SGD): Se contaron las semillas germinadas diariamente y se utilizó como criterio la aparición de la radícula mayor o igual a 2 mm.
- Índice Maguire (IM): Representa la velocidad de germinación, calculada a través de un tiempo ponderado (en días) de germinación acumulada. Donde G es el porcentaje de plántulas que germinan durante el intervalo de tiempo t (11).

$$IM = \sum_{t=1}^n (G1/t1) \quad (2)$$

- Número medio de días germinados (NMDG) donde: N_i es el número de semillas germinadas dentro de los intervalos de tiempo consecutivos, T_i es el tiempo en días transcurridos entre el inicio de la prueba y el fin del intervalo, n es el número total de semillas germinadas (12).

$$NMDG = \sum_{i=1}^n (N_i * T_i) / n \quad (3)$$

A los datos de cada variable evaluada se le comprobaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza (Test Bartlett's y Akolmogorov-Smirnov, respectivamente). Los resultados (PG, IM) fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%. La comparación de las medias se efectuó mediante la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey ($P > 0.05$) (13). Para ello, se utilizó el Programa STATGRAPHICS Plus 5.0 Centurión sobre Windows, versión XV (14).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los porcentajes finales de germinación aparecen en la tabla 2, todos los cultivares presentaron diferencias significativas en el rango de 10 a 40°C de temperaturas. Los valores más elevados se apreciaron entre 20 y 30°C, mientras que los más bajos se observan a 10°C. El cultivar

INCA LP-2 fue el que mejor respondió a los efectos de las diferentes temperaturas estudiadas, ya que se observaron valores de porcentajes de germinación entre 53 y 97%, aproximadamente. El cultivar INCA LP-5 fue el más afectado ante los efectos de las temperaturas de 10 °C y 15 °C, puesto que solo germinaron el 13 y el 30% respectivamente.

La influencia de la temperatura en el porcentaje de germinación de las semillas de cultivos de interés agrícola ha sido informada por varios autores, los que destacan que el porcentaje de emergencia de las semillas garantiza el 50% del éxito de la producción y puntualizan que la germinación solo ocurre apropiadamente dentro de un determinado rango de temperaturas (15, 16). En estudios realizados en el cultivo del maní se demostró, en todos los genotipos estudiados, que la respuesta de germinación se incrementó con el ascenso de la temperatura por encima de 14 °C. Para el rango comprendido entre 16 y 32 °C se obtuvieron porcentajes germinativos que cumplen la norma de comercialización de la semilla corriente para maní (> 80%); lo cual fue en todos los genotipos iguales o superiores al 90% (17). Sin embargo, hay que destacar que en los resultados del presente estudio con cultivares de arroz, existe una respuesta diferencial y particular de los cultivares a la temperatura de germinación, ya que hay variación en los porcentajes finales.

Con el índice de Maguire (Figura 1), donde se ponderó la germinación acumulada con el tiempo, se logró diferenciar el rol de la temperatura con respecto al proceso de germinación de los diferentes cultivares. Se aprecia en la Figura 1 que existen diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes temperaturas, para cada cultivar.

De manera general, se observa un incremento en los valores del Índice de Maguire con el aumento de la temperatura, para después disminuir, por lo que se observó un máximo bien definido a los 30°C, para todos los cultivares en estudio. Sin embargo, los cultivares a las temperaturas de 10 y 15°C tuvieron un Índice bajo (entre 0,53 y 6,4) y mostraron, en este sentido, una afectación considerable en la velocidad de germinación como respuesta a la presencia de las temperaturas bajas. Aunque los valores en el cultivar INCA LP-2 son superiores a los del resto de los cultivares, lo cual puede estar

Tabla 2. Porcentajes de germinación de semillas de arroz a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Cultivares			
	INCA LP-5	Reforma	INCA LP-2	J-104
10	13,13 e	28,13 de	53,13 d	53,13 c
15	30,63 d	40,00 cd	71,25 c	40,00 b
20	98,13 a	90,00 a	81,88 b	91,88 a
25	100,00 a	98,75 a	96,88 a	99,38 a
30	84,40 b	63,13 b	96,88 a	93,13 a
35	72,50 c	49,38 bc	93,75 a	48,13 b
40	39,38 d	14,38 e	68,75 b	20,63 c
ESx	0,06***	0,05***	0,03***	0,06***

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

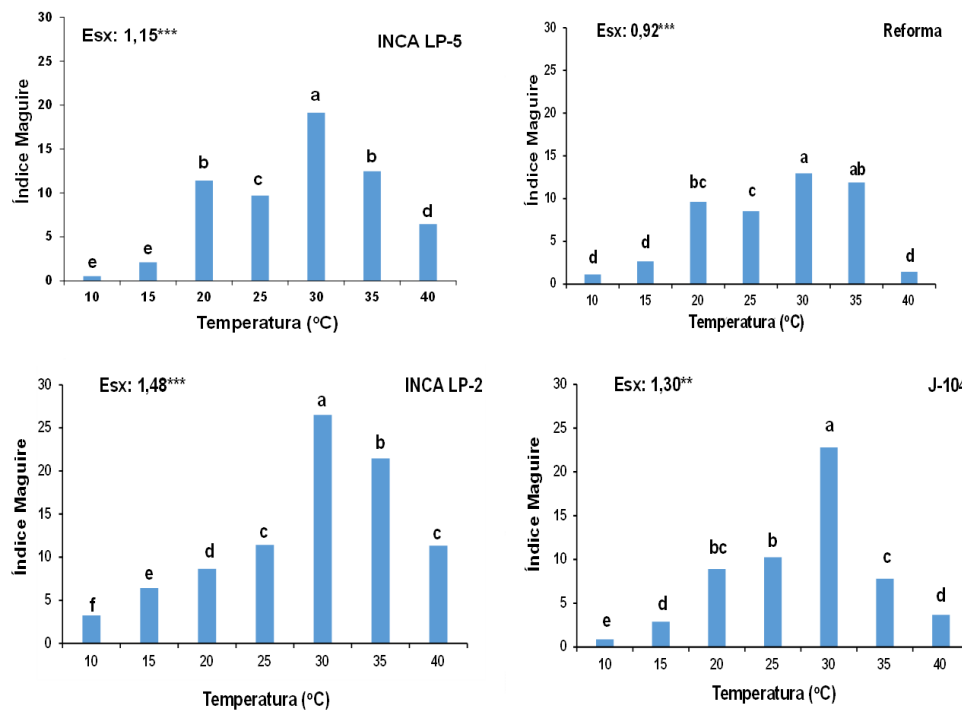


Figura 1. Índice de Maguire de semillas de arroz de cuatro cultivares (INCA LP-5, Reforma, INCA LP-2 y Jucarito 104), a diferentes temperaturas (10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 °C)

relacionado con las características genéticas del mismo. Este cultivar pudiera tenerse en cuenta para posteriores estudios en el que se busque tolerancia de los cultivares a las temperaturas relativamente bajas y para la selección de progenitores en el programa de mejora del arroz buscando tolerancia a estrés abiótico. Al respecto, algunos autores plantean que aun cuando sea imposible eliminar todos los factores de estrés a los que sean sometidos los cultivos, resulta de vital importancia el conocimiento de la forma en que estos provocan sus efectos en los procesos fisiológicos de las plantas, así como la identificación de cultivos y/o cultivares que sobreviven y toleran daños que puedan accionar más severamente a otros de la misma especie, ya que así es posible modificarlos genéticamente o minimizar los efectos que son capaces de producir (18).

Otro aspecto a resaltar es que en el cultivar J-104 disminuye considerablemente los valores de este Índice a temperaturas de 35 y 40 °C (valores entre 3 y 7, aproximadamente), aspecto que también puede estar relacionado con las características genéticas de dicho cultivar y demuestra la susceptibilidad del mismo ante las altas temperaturas, durante el proceso de germinación. En las condiciones climáticas de Cuba, resulta de interés la problemática que existe en cuanto la disminución de la germinación en los diferentes cultivares existentes a temperaturas inferiores a 15 °C y por encima de 30°C. Esto es debido a que las siembras del cultivo se realizan en dos épocas: "frio" y "primavera", por lo que las condiciones climáticas existentes durante la etapa de germinación, pudiera aumentar o disminuir los días para germinar un cultivar determinado, sobre todo, por su mayor o menor susceptibilidad del mismo a las temperaturas durante el

proceso germinativo. También, existen estudios donde se utilizan los índices de germinación de semillas para la selección temprana de genotipos tolerantes a determinado estrés (16, 19). Varios son los autores que resaltan la importancia de este índice (IM), ya que pondera y combina los parámetros capacidad, velocidad y uniformidad germinativa para valorar la calidad de la germinación, mientras mayor sea el resultado, mayor es la calidad de la semilla y la respuesta de los cultivares a las condiciones en el proceso de germinación (20).

En aspectos señalados por algunos autores, se destaca que la pobre germinación de las semillas a altas temperaturas está relacionada con la síntesis de proteínas en el embrión, lo cual influye en su velocidad de germinación. Al respecto, se informa que en la semilla ocurren varios procesos que dependen únicamente de las reservas, el ácido giberélico del embrión actúa sobre la capa de aleurona, donde se activa la enzima amilasa que inicia la degradación de sustancias de reserva contenidas en el endospermo y el cotiledón. De la digestión de tejidos de reserva son liberados diversos compuestos para ser reutilizados en múltiples procesos de síntesis. Moléculas complejas, como son: celulosas, hemicelulosas, almidones, amilopectinas, lípidos, ligninas, proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas y hormonas, son degradadas a moléculas simples por enzimas específicas (21). Otros autores destacan el papel del pericarpio en la termo inhibición de las semillas, señalan que en parte esto está dado por la presencia de inhibidores en el tejido o, también, por el hecho de que en presencia de altas temperaturas los requerimientos de oxígeno resultan relativamente altos y no permite que el pericarpio mantenga estas demandas (22).

Los resultados del presente trabajo coinciden con estudios realizados por otros autores, los que informan que la mayoría de los casos la velocidad de germinación se incrementa al aumentar la temperatura; aunque también temperaturas muy altas tienden a disminuirla. Con estudios donde se utilicen varias temperaturas dentro de determinado rango (10-40 °C) plantean los autores, es posible encontrar la temperatura óptima de germinación. Ellos destacan en sus resultados que con temperaturas sobre 32 °C puede disminuir el índice de velocidad germinativo de las semillas. Sin embargo, independientemente del genotipo, el aumento de la temperatura hasta 38°C disminuye significativamente la velocidad de germinación (22, 23). El efecto negativo de las altas temperaturas en la velocidad de germinación también fue expuesto por otros autores (24), quienes señalaron que una vez llegado al nivel óptimo de temperaturas, donde la velocidad germinativa es mayor, ocurre un descenso a medida que las temperaturas se acercan a su límite máximo, donde se produce un daño irreversible en las semillas.

El número medio de días a germinar en los cultivares de arroz estudiados varió considerablemente según la temperatura de germinación (Tabla 3). De manera general, se aprecia un comportamiento diferente al observado en la velocidad de germinación (Índice de Maguire), ya que a medida que aumentó la temperatura disminuyó el número medio de días a germinar para todos los cultivares en estudio. Resaltar al cultivar INCA LP-2 que presenta un menor tiempo (aproximadamente 7 días) para el proceso de germinación a temperaturas bajas (10 °C), con respecto al resto de los cultivares estudiados, que necesitó 10 días. Sin embargo, a temperaturas altas (40 °C) el resultado fue diferente.

El NMDG ha sido utilizado por varios autores para destacar diferencias en el proceso de germinación de la semilla en determinados estudios. Al comparar la germinación de las semillas de sorgo de diferente calibre, se observó que las semillas de mayor calibre presentaron los menores valores de esta variable (10). Por el contrario, en un trabajo realizado en el cultivo del maíz, donde se utilizaron tres cultivares y sus semillas fueron sometidas antes de la prueba de germinación a diferentes tiempos de inmersión en agua a 100°C (0, 2, 4, 6 y 8 segundos). Se

alcanzó como resultado que no hubo respuesta significativa entre los tratamientos en cuanto al NMDG, ya que los valores oscilaron entre cuatro y cinco días (25). Sin embargo, con los resultados de este estudio se puede evidenciar, claramente, la resistencia a la germinación de cada cultivar ante los diferentes grados de temperaturas a las que fueron sometidas las semillas, debido a las diferencias significativas que existen entre los tratamientos. Aspecto resaltado por otros autores (26) que han determinado el NMDG con este propósito.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo indican que existe sensibilidad en el proceso de germinación de las semillas de diferentes cultivares de arroz ante los efectos de la temperatura. Las semillas de cada cultivar muestra una mayor o menor resistencia de germinación, en función de la temperatura. Por lo tanto, la acción de la temperatura en el proceso está estrechamente relacionado con el material genético con que se esté trabajando. Además, con un incremento en la velocidad de germinación a partir del aumento de la temperatura, se alcanza un valor óptimo, para después disminuir, independientemente del cultivar.

BIBLIOGRAFÍA

- Saito, K.; Asai, H.; Zhao, D.; Laborte, A.G. y Grenier, C. "Progress in varietal improvement for increasing upland rice productivity in the tropics", *Plant Production Science*, vol. 21, no. 3, 3 de julio de 2018, pp. 145-158, ISSN 1343-943X, DOI [10.1080/1343943X.2018.1459751](https://doi.org/10.1080/1343943X.2018.1459751), [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <https://doi.org/10.1080/1343943X.2018.1459751>.
- Inst. Oficina Nacional de Estadísticas e Información *Anuario Estadístico de Cuba. Año 2016* [en línea], Oficina Nacional de Estadísticas e Información, La Habana, Cuba, 2017, http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/00_anuario_estadistico_2016.pdf, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <http://www.onei.gob.cu/node/13608>.
- Julián Herrera Puebla; Guillermo Hervis Granda; Felicitá González Robaina; y Carmen Duarte Díaz "Estudio sobre el balance hídrico del arroz en Cuba | Ingeniería Agrícola", vol. 9, no. 3, 2019, pp. 48-59, [Consultado: 18 de julio de

Tabla 3. Número medio de días a germinar (NMDG) de semillas de arroz a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Cultivares			
	INCA LP-5	Reforma	INCA LP-2	J-104
10	10,00 a	10,00 a	6,70 a	10,00 a
15	5,90 b	6,00 b	4,65 b	5,58 b
20	3,54 d	3,87 e	3,91 c	4,28 c
25	4,24 c	4,62 c	3,46 d	4,01 d
30	2,09 f	2,20 f	1,68 g	1,91 g
35	2,53 e	1,94 g	1,95 f	2,57 e
40	2,44 e	4,00 d	2,79 e	2,33 f
ESx	0,50***	0,48***	0,31***	0,50***

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Test de Tukey, $p \leq 0,05$)

- 2023], Disponible en: <<https://ojs.edicionescervantes.com/index.php/IAgric/article/view/1143>>.
4. Pérez, Á.L.P.; López, L.A.M.; Noval, W.T. de la.; Pérez, A.S.; Mesa, S.A.P. y Lescano, G.G. "Comportamiento de las variables clima en áreas de la Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios y su influencia en el rendimiento de cultivos de arroz", *Avances*, vol. 17, no. 2, 17 de agosto de 2015, pp. 184-193, ISSN 1562-3297, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <<http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/11>>.
 5. FAO. 2018. *El cambio climático, la agricultura y la seguridad alimentaria*. [en línea], junio de 2018, Disponible en: <https://www.google.com/cu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjVzcxxeXaAhVD0IMKH6ODcAQFggYMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2F3%2Fa-i5349s.pdf&usq=AOvVaw3_qKHytNbE2MVCnP-jBivC>.
 6. Chaves-Barrantes, N.F. y Gutiérrez-Soto, M.V. "Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II. Tolerancia y tratamiento agronómico1", *Agronomía Mesoamericana*, vol. 28, no. 1, 2017, pp. 255-271, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <<https://www.redalyc.org/journal/437/43748637021/html>>.
 7. Obregón P. *La germinación* [en línea], *Monografías.com. Agricultura y ganadería*, 2007, 4 de enero de 2018, Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos70/germinacion/germinacion.shtml>>.
 8. Pulton Padron Violeta; Faure. B; Cantillo P. I; y Toledo. D *Catálogo de Variedades del Instituto de Investigaciones de Granos Arroz, Maíz, Frijol, Soya.* | ISBN 978-959-285-060-6 - Libro [en línea], Ediciones IIGranos, Artemisa, 2018, (ser. TECNOLOGÍA (CIENCIAS APLICADAS)), p. 93, ISBN 978-959-285-060-6, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <<https://isbn.cloud/9789592850606/catalogo-de-variedades-del-instituto-de-investigaciones-de-granos-arroz-maiz-frijol-soya/>>.
 9. Valdés, E.; Díaz Valdés, E.C.; Blanco Reinoso, G.; González Cepero, M.C.; Pérez León, N. de J. y Díaz Solís, S.H. *Cultivos Cubanos de Arroz* [en línea], INCA, 2018, (ser. TECNOLOGÍA (CIENCIAS APLICADAS)), p. 25, ISBN 978-959-7258-00-1, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <<https://isbn.cloud/9789597258001/cultivos-cubanos-de-arroz/>>.
 10. Ruiz-Sánchez, M.; Muñoz-Hernández, Y.; Guzmán, D.; Velázquez-Rodríguez, R.; Díaz-López, G.S.; Martínez, A.Y. y Almeida, F.M. "Efecto del calibre semilla (masa) en la germinación del sorgo", *Cultivos Tropicales*, vol. 39, no. 4, diciembre de 2018, pp. 51-59, ISSN 0258-5936, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362018000400007&lng=es&nrm=iso&tlng=es>.
 11. Ferraz, M.; Franco, C.; Batista, G. s. y Pivetta, K. "Salinity on the germination of seed and index of germination speed of three ornamental species", *Ornamental Horticulture*, vol. 22, 1 de septiembre de 2016, pp. 196-201, DOI 10.14295/oh.v22i2.919.
 12. Duarte, E.; González, B. y Rocha Peña, M.A. "Análisis físico y germinación de semillas de «Austrochthamalia teyucuaensis» H. A. Keller, endémica del bosque atlántico y en peligro de extinción", *Agrociencia*, *Agrociencia*, vol. 53, no. 3, 2019, pp. 403-416, ISSN 1405-3195, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6933814>>.
 13. Duncan, D.B. "Multiple Range and Multiple F Tests", *Biometrics*, vol. 11, no. 1, 1955, pp. 1-42, ISSN 0006-341X, DOI 10.2307/3001478, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <<https://www.jstor.org/stable/3001478>>.
 14. *Statistical Graphics Crop. STATGRAPHICS® Plus* [en línea], 2000, Disponible en: <<http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pdpricing>>.
 15. Kayongo SY y Andersson P (PDF) FARMER PARTICIPATORY EVALUATION OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L) VARIETIES FOR SEED PRODUCTION IN TESO- KARAMOJA SUB-REGION, UGANDA", *International Journal of Research In Agriculture and Food Sciences*, vol. 2, no. 3, 2014, pp. 58-60, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/282076329_FARMER_PARTICIPATORY_EVALUATION_OF_BEAN_Phaseolus_vulgaris_L_VARIETIES_FOR_SEED_PRODUCTION_IN_TESO_KARAMOJA_SUB-REGION_UGANDA>.
 16. Aflaki, F.; Sedghi, M.; Pazuki, A. y Pessarakli, M. "INVESTIGATION OF SEED GERMINATION INDICES FOR EARLY SELECTION OF SALINITY TOLERANT GENOTYPES: A CASE STUDY IN WHEAT", *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 15 de febrero de 2017, pp. 222-226, ISSN 2079-0538, DOI 10.9755/ejfa.2016-12-1940, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <<https://www.ejfa.me/index.php/journal/article/view/595>>.
 17. Caroca R; Zapata N; y Vargas M "EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA GERMINACIÓN DE CUATRO GENOTIPOS DE MANÍ (*Arachis hypogaea* L.)", *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, vol. 32, no. 2, 2016, pp. 94-101, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902016000200002>.
 18. Torres, W. "Aspecto de la biología de las plantas ante condiciones de estrés abiótico." [en línea], ed. Cornide, M.T., *Genética, genómica y fitomejoramiento.*, vol. 1, edit. Felix Varela, La Habana (Cuba), 2018, pp. 211-255.
 19. Vitória, R.Z.D.; Oliveira, F.D.T.G.D.; Posse, S.C.P.; Arantes, S.D.; Schmildt, O.; Viana, A.; Malikuski, R.G. y Barros, B.L.A. "Qualidade fisiológica de sementes de aroeira em função da maturação dos frutos sob diferentes temperaturas de germinação.", *Nucleus*, vol. 15, no. 2, 30 de octubre de 2018, pp. 575-582, ISSN 1678-6602, 1982-2278, DOI 10.3738/1982.2278.2870, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <<http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/2870/2729>>.

20. Romero-Rangel, S.; Rubio-Licona, L.E.; Chávez-Serrano, L.; Rojas-Zenteno, E.C. y García-Pineda, M. "COMPORTAMIENTO GERMINATIVO Y CRECIMIENTO TEMPRANO DE *PINUS DEVONIANA* Y *PINUS PSEUDOSTROBUS* (PINACEAE)", *BIOCYT Biología Ciencia y Tecnología*, vol. 10, no. 37-39, 11 de septiembre de 2017, ISSN 2007-2082, DOI [10.22201/fesi.20072082.2017.10.61719](https://doi.org/10.22201/fesi.20072082.2017.10.61719), [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/biocyt/article/view/61719>.
21. Morales-Santos, M.E.; Peña-Valdivia, C.B.; García-Esteva, A.; Aguilar-Benítez, G.; Kohashi-Shibata, J.; Morales-Santos, M.E.; Peña-Valdivia, C.B.; García-Esteva, A.; Aguilar-Benítez, G. y Kohashi-Shibata, J. "Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie", *Agrociencia*, vol. 51, no. 1, febrero de 2017, pp. 43-62, ISBN 1405-3195, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-31952017000100043&lng=es&nrm=iso&tIng=es.
22. Drew, R.L.K. y Brocklehurst, P.A. "Investigations on the Control of Lettuce Seed Germination at High Temperatures", *Journal of Experimental Botany*, vol. 35, no. 156, 1984, pp. 986-993, ISSN 0022-0957, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/23691115>.
23. Grey, T.L.; Beasley, J.P.; Webster, T.M. y Chen, C.Y. "Peanut Seed Vigor Evaluation Using a Thermal Gradient", *International Journal of Agronomy*, vol. 2011, 4 de agosto de 2011, p. e202341, ISSN 1687-8159, DOI [10.1155/2011/202341](https://doi.org/10.1155/2011/202341), [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/ija/2011/202341/>.
24. Finch-Savage, W.E. "The use of population-based threshold models to describe and predict the effects of seedbed environment on germination and seedling emergence of crops", *Haworth Press, New York, USA.*, 2004, (ser. applications to agriculture), pp. 51-96, Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkpozje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1626981](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkpozje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1626981).
25. González-Rodríguez, F.; Borges-Gómez, L.; Pinzón-López, L.; Magaña-Magaña, M.; Sanginés-García, R. y Urrestarazu-Gavilán, M. "Inmersión de semillas de maíz en agua caliente en la producción de germinados para forraje", *Agronomía Mesoamericana*, vol. 25, no. 1, junio de 2014, pp. 54-62, ISSN 1659-1321, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1659-13212014000100006&lng=en&nrm=iso&tIng=es.
26. Asier Jáñez Ortiz de Landaluce *Desarrollo de los protocolos de germinación y viabilidad de semillas de dos especies de interés para la conservación en la capv: una rutácea, *Haplophyllum linifolium* y una liliácea, *Lilium pyrenaicum gouan** [en línea] [Tesis Maestría], Universidad del País Vasco, Leioa, 2015, p. 51, [Consultado: 18 de julio de 2023], Disponible en: <https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/31/30/83130.pdf>.