



# Ensayos de germinación en cuatro nuevas líneas de arroz obtenidas por hibridaciones en Los Palacios

## Germination tests in four new rice lines obtained by hybridizations in Los Palacios

 Rogelio Morejón Rivera<sup>1,2\*</sup>,  Sandra H. Díaz Solís<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Unidad Científico Tecnológica de Base, Los Palacios, Pinar del Río, Cuba.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, CP 32700

**RESUMEN:** La calidad de la semilla de arroz es un factor fundamental que debe ser considerado en cualquier programa de producción agrícola. El objetivo fue evaluar la calidad fisiológica de la semilla de cuatro nuevas líneas de arroz mediante métodos descriptivos y analíticos, para lo cual se empleó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones y se realizaron dos ensayos, el primero consistió en un test de germinación estándar donde se determinó el número de plántulas normales y anormales, longitud del coleóptilo y la radícula y el índice de vigor. En el segundo ensayo se realizaron conteos de emergencia de la semilla durante diez días y se determinaron el índice de velocidad de emergencia, el porcentaje total de emergencia y el coeficiente de velocidad de germinación. Los resultados mostraron que las Líneas 3, 4 e INCA LP-5 fueron los genotipos de mejor comportamiento en el porcentaje de germinación; Línea 2 e INCA LP-7 con el porcentaje más alto de plántulas normales y el testigo INCA LP-5, seguido de la Línea 2, con diferencias significativas entre ellos, los mejores en el índice de vigor y la longitud de la radícula. El testigo INCA LP-5 logró el 50 % de semillas emergidas a los siete días y el resto de los genotipos sobrepasa esta cifra entre los días 9 y 11. INCA LP-5 superó estadísticamente a todos los genotipos en los caracteres índice de velocidad de emergencia, porcentaje de emergencia y coeficiente de velocidad de germinación.

**Palabras clave:** *Oryza sativa*, emergencia, semilla, vigor.

**ABSTRACT:** The quality of the rice seed is a fundamental factor that must be considered in any agricultural production program. The objective was to evaluate the physiological quality of the seed of four new rice lines by descriptive and analytical methods, for which a completely randomized design with three repetitions was used and two trials were carried out, the first consisted of a standard germination test where the number of normal and abnormal seedlings, coleoptile and radicle length, and vigor index were determined. In the second trial, seed emergence counts were carried out for ten days and the emergence speed index, the total emergence percentage and the germination speed coefficient were determined. The results showed that Lines 3, 4 and INCA LP-5 were the genotypes with the best performance in the germination percentage; Line 2 and INCA LP-7 with the highest percentage of normal seedlings and the control INCA LP-5, followed by Line 2, with significant differences between them, the best in vigor index and radicle length. The control INCA LP-5 achieved 50 % of emerged seeds at 7 days and the rest of the genotypes accomplish to exceed that value between days 9 and 11. INCA LP-5 statistically surpassed all genotypes in the characters speed index emergence, emergence percentage and germination speed coefficient.

**Keywords:** *Oryza sativa*, emergency speed, seed, vigor.

\*Autor para correspondencia: [rogelio@inca.edu.cu](mailto:rogelio@inca.edu.cu)

Recibido: 23/10/2021

Aceptado: 20/02/2022

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

**Contribución de los autores:** **Conceptualización-** Sandra H. Díaz-Solís. **Investigación-** Rogeluo Morejón-Rivera, Sandra H. Díaz-Solís.

**Metodología-** Rogelio Morejón-Rivera, Sandra H. Díaz-Solís. **Procesamiento de los datos y Escritura del borrador inicial-** Rogelio Morejón-Rivera. **Escritura y edición final-**Sandra H. Díaz-Solís.

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 es el cereal que constituye la base para la alimentación de más de la mitad de la población mundial. La producción global de arroz cáscara en 2020 se estableció en 493.790 millones de toneladas (1), por su parte, Cuba es uno de los países que registra altos valores de consumo de arroz con 72 kg per cápita al año, por lo que el país ha decidido reanimar la producción de este cereal mediante un programa de desarrollo que permita, de manera paulatina, alcanzar el autoabastecimiento nacional.

Sin embargo, en las condiciones productivas del país, en los últimos 20 años, no se superan las 3,5 tha<sup>-1</sup> como promedio y, entre las causas más comunes de este problema se identifican: las indisciplinas tecnológicas e incumplimiento de las buenas prácticas agrícolas, problemas edáficos, nutricionales y la disponibilidad del recurso hídrico (2), a lo cual se suma la insuficiente cantidad de genotipos de ciclo corto y medio que permitan establecer una adecuada estructura varietal y la poca disponibilidad de semilla de calidad para enfrentar la demanda de la producción.

La calidad de la semilla de arroz es un factor fundamental que debe ser considerado en cualquier programa de producción agrícola, teniendo en cuenta que las características agronómicas de los cultivares obtenidos mediante la investigación, llegan a los agricultores a través de una buena semilla (3). Esta podría afectar el rendimiento de granos de arroz, las diferencias en este aspecto pueden causar la reducción y no uniformidad de la emergencia en el campo, provocando falta de homogeneidad en el crecimiento inicial de las plantas y, consecuentemente, afectando el cultivo y su rendimiento.

La elección de la semilla constituye una de las primeras decisiones que ha de adoptar el agricultor cada año, a la hora de decidir qué cultivar debe sembrar y la calidad de la semilla a utilizar. En los últimos cincuenta años se han producido importantes avances en el mundo de las semillas, que han contribuido a la evolución hacia una agricultura cada vez más tecnificada, con una reducción sustancial de la mano de obra, unida a un empleo cada vez más importante de maquinaria, abonos, fitosanitarios y nuevos cultivares (4).

La calidad fisiológica de las semillas ha sido caracterizada por la germinación y el vigor y esta es evaluada, generalmente, por la prueba de germinación que le confiere a las semillas condiciones favorables de humedad y temperatura, permitiendo expresar el potencial máximo para producir plántulas normales (3). El análisis de la semilla brinda información y establece un estándar para determinar el nivel de calidad, un buen manejo de este influye directamente sobre su valor comercial. Varias son las pruebas empleadas para evaluar la eficiencia de la semilla de arroz; tales como: el primer conteo de germinación, el envejecimiento acelerado, la clasificación del vigor de las plántulas, la velocidad de emergencia, entre otros (5).

Teniendo en cuenta los antecedentes enunciados, el objetivo de este trabajo fue realizar ensayos de germinación para evaluar la calidad fisiológica de las semillas de cuatro nuevas líneas de arroz mediante métodos descriptivos y analíticos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y condiciones generales de los ensayos

El trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de Mejoramiento Genético de la Unidad Científico Tecnológica de Base Los Palacios, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), en el municipio Los Palacios, provincia Pinar del Río, Cuba. Se utilizaron semillas de seis genotipos de arroz de tipo índica, cuatro nuevas líneas obtenidas por hibridaciones en la propia institución y los testigos INCA LP-5 e INCA LP-7, de ciclo corto-medio, respectivamente.

### ENSAYO 1

El test de germinación estándar se realizó en condiciones de laboratorio, usando placas Petri de 9 cm de diámetro por 1,5 cm de altura y se colocaron 25 semillas por placa, con un diseño Completamente Aleatorizado y tres repeticiones, donde los genotipos constituyeron los tratamientos. Para mantener las condiciones de humedad, en las placas, se colocó en el fondo de éstas papel de filtro y, durante todo el experimento, se mantuvieron las condiciones de humedad adicionando, periódicamente, agua destilada. Se realizó el conteo de germinación a los siete días de iniciada la prueba y se evaluaron el número de plántulas obtenidas, identificando el número de plántulas normales y anormales. Se determinó, además, la longitud del coleóptilo y de la radícula a las plántulas normales por placa, al quinto día después de la siembra, estos datos se expresa en cm, y se consideran un indicador del vigor.

Se calculó el índice de vigor (Iv) con los valores obtenidos en cada evaluación mediante la fórmula:

$$Iv = (\text{Crecimiento del coleóptilo} + \text{Crecimiento de la radícula}) \times \% \text{ de germinación}$$

### ENSAYO 2

La siembra se realizó en bandejas de cepellón de 46 x 70 cm, a razón de una semilla por sitio, con un sustrato suelo-materia orgánica 1:1. El tamaño de los alvéolos es de 2,5 x 2,5 cm, profundidad de 7,0 cm y la distancia entre plántulas fue aproximadamente de 3 cm. Se sembraron 30 semillas de cada genotipo y se utilizó un diseño Completamente Aleatorizado con tres repeticiones, en el que los genotipos constituyeron los tratamientos. Se realizaron conteos de emergencia de la semilla durante diez días y se evaluaron las variables siguientes:

- Índice de velocidad de emergencia (IVE). Se obtuvo a través del conteo diario de las plántulas emergidas del

suelo a partir de la siembra, tomando como plántulas emergidas a las que sobresalieron del sustrato y se calculó mediante la expresión:

$$IVE = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n_i}$$

$x_i$ : número de plántulas emergidas por día.

$n_i$ : número de días después de la siembra.

$n$ : número de conteo.

- Porcentaje total de emergencia (%E). Se contabilizaron las plántulas emergidas hasta el último día de la evaluación y el resultado se obtuvo dividiendo el número total de plántulas emergidas, entre el número total de semillas sembradas, multiplicado por cien.

$$\%E = \frac{\text{Número de plantas emergidas en el último conteo}}{\text{Número de semillas sembradas}} * 100$$

- Coeficiente de velocidad de germinación (Vg). Definido por la integración de los tiempos de germinación de cada semilla y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$Vg = \frac{1}{Tg} * 100 \quad Tg = \frac{\sum (Ni * Di)}{\sum Ni}$$

Tg: Tiempo de germinación de las semillas.

Ni: Número de semillas germinadas el día Di.

Di: Tiempo transcurrido desde la siembra.

## Análisis de la información

Para ambos ensayos se utilizó la metodología adaptada por González y Orozco, 1996 (6).

Las variables expresadas en porciento se transformaron ( $\arcsen\sqrt{\%}$ ), por no cumplir con las pruebas de normalidad. Los datos obtenidos se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA) y se docimaron las medias con la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 %, utilizando el programa estadístico STATGRAPHICS Plus v.5.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ENSAYO 1

El análisis de varianza para los porcentajes de germinación, plantas normales y anormales y el índice de

vigor mostró diferencias significativas entre los genotipos a un nivel de significación del 95 % (Tabla 1).

Los métodos de análisis de la germinación pueden clasificarse en descriptivos y analíticos, los primeros permiten hacer una evaluación preliminar de los resultados, mientras que los analíticos consisten en la aplicación de funciones matemáticas que describen el comportamiento germinativo de las semillas. Los métodos descriptivos son útiles como un primer paso en el análisis, sin embargo, para obtener objetivamente los tiempos promedio y las tasas de germinación se requiere de la aplicación de métodos analíticos, lo que ha sido objeto de estudio por diversos autores en diferentes cultivos (7 - 11).

El porcentaje de germinación tuvo sus mayores valores en el cultivar INCA LP-5 y las Líneas 3 y 4, sin diferencias estadísticas entre ellas, aunque solo la Línea 2, junto a INCA LP-7, mostró el porcentaje más alto de plántulas normales y, en correspondencia a esto, las cifras menores de plantas anormales.

Se conoce que la calidad fisiológica de la semilla depende de múltiples factores que pueden afectarla, tales como retrasos en la cosecha, situación común en nuestras condiciones tropicales, deficiencias en el desarrollo de los cultivos, retrasos en el secado de la semilla, daños mecánicos durante la recolección y trilla o en el procesamiento, el almacenamiento bajo condiciones desfavorables, las afectaciones por patógenos, entre otras (3).

La germinación es el primer paso para el desarrollo de semillas en nuevas plantas, cuando las condiciones ambientales propicias desencadenan el crecimiento (12, 13). En investigaciones realizadas con el cultivar INCA LP-5, donde se evaluó el efecto de extractos de sustancias húmicas en la germinación y el crecimiento de plántulas, se apreció para todos los tratamientos el efecto fisiológico deseado sobre la germinación (más del 90 % de las semillas germinaron), sin embargo, se comprobó que las diluciones empleadas de los extractos húmicos utilizados no afectaron el porcentaje de germinación de las semillas de arroz (8).

En trabajos realizados en Brasil, donde evaluaron la germinación, se muestran los registros a los 15 días y los resultados mostraron que el porcentaje de plantas normales, anormales y de semillas no germinadas, así

**Tabla 1.** Resultados del Análisis de Varianza de Clasificación Simple para los porcentajes de germinación, plántulas normales y anormales e índice de vigor

Genotipos	% Germinación	% Plantas Normales	% Plantas Anormales	Iv
INCA LP-7	95,0 c	95,0 a	0 c	361,0 c
INCA LP-5	97,5 a	89,6 b	8,0 a	507,0 a
Línea 1	94,0 c	90,0 b	4,0 b	347,8 c
Línea 2	96,0 b	96,0 a	0 c	460,8 b
Línea 3	97,0 ab	89,0 b	8,0 a	368,6 c
Línea 4	98,0 a	90,0 b	8,0 a	352,8 c
$\bar{X}$	96,25*	91,60*	4,67*	399,67*
CV (%)	3,77	5,79	8,56	12,57

Medias con letras iguales no difieren entre sí (Prueba de Rangos Múltiples de Duncan,  $p \leq 0,05$ )

como la energía germinativa y las plantas fueron afectadas por el peso específico de las semillas (14).

Otros autores, en la búsqueda de la reducción de las pérdidas de productividad causadas por organismos patógenos, realizaron un ensayo con el objetivo de evaluar el potencial citogenotóxico de extractos acuosos de *Syzygium aromaticum* como posible tratamiento alternativo de semillas de quinua y descubrieron que variables como el índice de velocidad de germinación, la emergencia, el índice de velocidad de emergencia y la longitud de la raíz no mostraron diferencias significativas, en comparación con el tratamiento testigo (15).

Asimismo, al estudiar el factor tipo de secado, se obtuvo un mayor porcentaje de germinación (plántulas normales) con el secado a estufa (56,8%), que superó estadísticamente al secado al sol (37,6 %). Se confirmó, además, que los cultivares incrementaron el porcentaje de plántulas normales en función del incremento de los días de secado (16).

En otros trabajos sobre el tema, se ha encontrado que la masa del grano y el porcentaje de germinación (junto con la masa seca y la longitud de los brotes) eran las características principales responsables de las diferencias en la velocidad de germinación entre 50 variedades de arroz aromático (17).

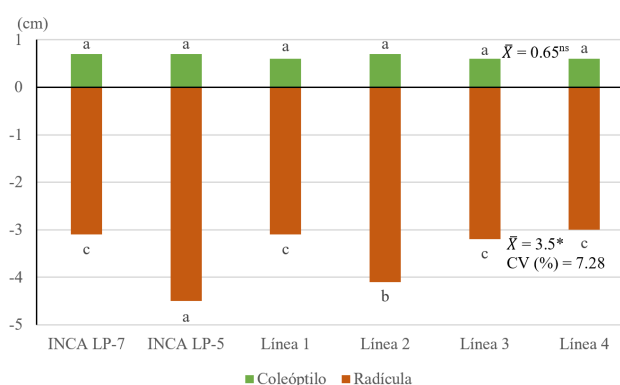
El índice de vigor sobresale en INCA LP-5, seguido de la Línea 2, con diferencias estadísticas entre ellas y las líneas 1, 3 y 4, junto al cultivar INCA LP-7, alcanzaron los índices más bajos.

En este sentido, varios autores plantean que el vigor de las semillas puede ser entendido como la suma de atributos que confiere a la semilla el potencial para germinar, emerger y establecer rápidamente una población adecuada de plántulas normales, bajo una amplia diversidad de condiciones ambientales. Generalmente, las semillas muy vigorosas tienen muchas ventajas en la producción agrícola, como resistencia a estreses adversos, emergencia rápida y mejora del rendimiento (18).

En estudios sobre la longevidad de las semillas de los genotipos de arroz, al analizar parámetros como la longitud de la plántula, su masa seca e índice de vigor de la plántula, se observa que estos parámetros disminuyen gradualmente entre los genotipos durante el tiempo de almacenamiento, lo que puede deberse a la diferencia genotípica inherente (19).

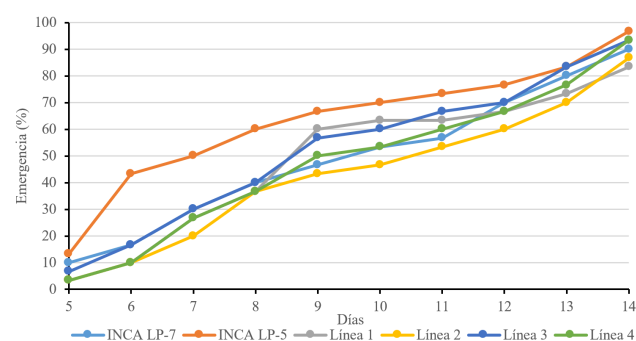
En la Figura 1 se observan los resultados del análisis de varianza para la longitud del coleóptilo y la radícula. Para la primera variable no existen diferencias significativas entre los genotipos, mientras que en la longitud de la radícula, INCA LP-5 mostró el mayor valor seguido de la Línea 2, superando ambas los 4 cm.

La International Seed Testing Association considera el proceso de germinación de una semilla como el establecimiento de un estado metabólicamente activo, manifestado fisiológicamente por la división celular y por la diferenciación. La primera expresión de este proceso es la emergencia de la radícula y se suele considerar que una semilla ha germinado cuando la radícula alcanza una longitud mayor de 3 mm (4).



Medias con letras iguales no difieren entre sí (Prueba de Rangos Múltiples de Duncan,  $p < 0,05$ )

**Figura 1.** Resultados del Análisis de Varianza de Clasificación Simple (ANOVA) para la longitud del coleóptilo y la radícula



**Figura 2.** Curva de emergencia de la semilla para cada genotipo

Se plantea, además, que el arroz es único entre los cereales por su capacidad de germinar, no solo cuando está sumergido, sino también en condiciones anaeróbicas. La germinación de este bajo inmersión o anoxia se caracteriza por un coleóptilo más prolongado y un retraso en la emergencia de la radícula. En investigaciones donde se analizaron accesiones de arroz de tipo japónica templadas y tropicales se muestra una gran variabilidad en la longitud de los coleóptilos (20).

En trabajos realizados en Tailandia, cuando se evaluó la respuesta de la germinación de nueve cultivares de arroz bajo lluvia ácida simulada, los resultados mostraron que la germinación de la semilla de arroz disminuyó después de la exposición a este factor. La lluvia ácida redujo, significativamente, la longitud de la raíz de la plántula, la proporción de raíz a brote y las raíces de la corona por plántula (21).

## ENSAYO 2

El porcentaje de emergencia en el tiempo se grafica en la Figura 2, los testigos INCA LP-5 e INCA LP-7 alcanzaron el 50% de semillas emergidas a los 7 y 10 días, respectivamente, mientras que las líneas 1, 3 y 4 sobrepasaron esta cifra al día 9 y la línea 2 a los 11 días.

Para incrementar la producción es necesario la utilización de semillas de alta calidad, asociada a prácticas

agronómicas correctas, sin embargo, actualmente, la tasa de utilización de semillas certificadas no alcanza los niveles demandados, situación similar se presenta en la producción de arroz en Cuba. Las semillas deterioradas poseen baja germinación y vigor, por consiguiente, tienden a producir plantas débiles con reducido potencial de rendimiento. Se presume que lotes de semillas de arroz con diferentes niveles de calidad fisiológica presentan desempeño diferenciando en la emergencia en campo y en la fase inicial del crecimiento de las plántulas (3).

Para todos los caracteres que se muestran en la **Tabla 2**, existen diferencias significativas entre tratamientos y el testigo INCA LP-5 supera estadísticamente al resto de los genotipos en todos ellos.

En la variable índice de velocidad de emergencia, la Línea 3 e INCA LP-7, sin diferencia significativa entre estas, fueron superiores a las líneas restantes. En otros trabajos, donde se estudia la influencia de la época de cosecha en el índice de velocidad de emergencia se obtuvo que las semillas cosechadas a los 25 días después de la floración presentaron los mayores valores, disminuyendo con el retraso en la cosecha del arroz (3).

En la variable porcentaje de emergencia, excepto la Línea 1, las demás no tuvieron diferencias con el testigo INCA LP-7 y todos fueron superados por INCA LP-5. En investigaciones realizadas con arroz rojo, aunque no se presentan diferencias en el porcentaje de emergencia entre este y los cultivares, el índice de la tasa de emergencia muestra que el arroz rojo emergió primero que las variedades. Estos resultados sugieren que la capacidad de interferencia que tiene el arroz rojo se debe, principalmente, a la alta velocidad con que germina, emerge y crece en los primeros estados de desarrollo de la planta (22).

El coeficiente de velocidad de germinación mostró una diferencia significativa entre la mayoría de los genotipos. La Línea 1 fue superior a la Línea 3 e INCA LP-7 y estas, a su vez, lograron valores estadísticamente diferentes por encima de las Líneas 2 y 4.

La literatura consultada plantea que la clasificación de los genotipos, en cuanto a la velocidad de germinación, fue constante a lo largo de los años y las condiciones de disponibilidad de agua y las barreras a la absorción de

agua, en la cáscara y el pericarpio, eran determinantes de la velocidad de germinación (23).

Otros trabajos señalan que, es probable, que las diferencias genotípicas en la velocidad de germinación, en condiciones favorables, tengan un gran efecto en el tiempo necesario para que las plántulas emerjan en el campo lo que, a su vez, tendría una implicación significativa en el vigor temprano y el rendimiento de grano en condiciones más secas (24).

Por otra parte, algunos autores plantean que se requieren variedades con germinación rápida para un vigor temprano, particularmente cuando la sequía temprana puede afectar el rendimiento de grano y, también, en campos con malezas (25, 18). Otros sugieren que el porcentaje y la velocidad de germinación se reducen levemente cuando el arroz se cultivó con déficit hídrico (26).

## CONCLUSIONES

- Las Líneas 3, 4 e INCA LP-5 tienen mejor comportamiento en el porcentaje de germinación; la Línea 2 e INCA LP-7 presentan el porcentaje más alto de plántulas normales y el testigo INCA LP-5, seguido de la Línea 2, con diferencias significativas entre ellos, son los mejores genotipos en el índice de vigor y la longitud de la radícula.
- El testigo INCA LP-5 logra el 50% de semillas emergidas a los 7 días y el resto de los genotipos sobrepasa esta cifra entre los días 9 y 11 días.
- INCA LP-5 supera estadísticamente a todos los genotipos en los caracteres índice de velocidad de emergencia, porcentaje de emergencia y coeficiente de velocidad de germinación, secundado por la Línea 3 e INCA LP-7 en el primero, por las Líneas 2, 3, 4 e INCA LP-7 en el segundo y por la Línea 1 en el tercero.

## BIBLIOGRAFÍA

- Wap. -W. agricultural production online. *World Rice Production 2020/2021* [en línea], *World Rice Production 2020/2021*, 2020, Disponible en: <<http://www.worl-dagri-culturalproduction.com/crops/rice.aspx>>.

**Tabla 2.** Resultados del Análisis de Varianza de Clasificación Simple para el Índice de velocidad de emergencia (IVE), el Porcentaje total de emergencia (%E) y el Coeficiente de velocidad de germinación (Vg)

Genotipos	IVE	%E	Vg
INCA LP-7	3,17 b	90 b	10,51 c
INCA LP-5	3,90 a	97 a	11,84 a
Línea 1	2,95 c	83 c	10,92 b
Línea 2	2,85 c	87 b	9,96 d
Línea 3	3,29 b	93 b	10,65 c
Línea 4	3,10 c	93 b	10,11 d
$\bar{X}$	3,21*	91*	10,66*
CV (%)	1,54	5,28	2,47

Medias con letras iguales no difieren entre sí (Prueba de Rangos Múltiples de Duncan,  $p \leq 0.05$ )

2. Caballero, A.M. "Impacto de la tecnología de trasplante mecanizado de arroz", *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, vol. 4, no. 3, 25 de diciembre de 2020, pp. 334-349, ISSN 2664-0856.
3. Intriago Paredes, A.A. *Evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz (Oryza sativa) INIAP 16 en función de las épocas de cosecha*. [en línea] [Diploma], Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, 2011, [Consultado: 19 de julio de 2023], Disponible en: <<http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2342>>, [publisher: Quevedo : UTEQ].
4. Rodríguez Quilón, I.; Adam, G. y Duran Altisent, J.M. "Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas", *Agricultura Revista Agropecuaria*, no. 912, noviembre de 2008, pp. 836-842, ISSN 0002-1334, <https://oa.upm.es/45493/>.
5. Menezes, N.L. de. y Silveira, T.L.D. da. "Métodos para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz", *Scientia Agrícola*, vol. 52, no. 2, agosto de 1995, pp. 350-359, ISSN 1678-992X, DOI [10.1590/S0103-90161995000200025](https://doi.org/10.1590/S0103-90161995000200025).
6. González Zertuche, L. y Orozco Segovia, A. "Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: Manfreda brachystachya", *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, no. 58, 1996, pp. 15-30, ISSN 0185-3619.
7. González-Amaya, L.J.; Pita, B.E.; Pinzón-Sandoval, E.H.; Cely, G.E.; Serrano, P.A.; González-Amaya, L.J.; Pita, B.E.; Pinzón-Sandoval, E.H.; Cely, G.E. y Serrano, P.A. "Efecto de tratamientos pregerminativos en semillas de *Dianthus barbatus* L. cv. 'Purple' bajo condiciones controladas", *Revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 35, no. 1, junio de 2018, pp. 58-68, ISSN 0120-0135, DOI [10.22267/rcia.183501.83](https://doi.org/10.22267/rcia.183501.83).
8. Galbán-Méndez, J.M.; Martínez-Balmori, D.; González-Viera, D.; Galbán-Méndez, J.M.; Martínez-Balmori, D. y González-Viera, D. "Efecto de extractos de sustancias húmicas en la germinación y el crecimiento de plántulas de arroz (*Oryza sativa* L.), cv. INCA LP-5", *Cultivos Tropicales*, vol. 42, no. 1, marzo de 2021, ISSN 0258-5936, [Consultado: 19 de julio de 2023], Disponible en: <[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0258-59362021000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362021000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)>.
9. Frías, C.; Ríos, D.; Rodríguez, R. y Cedeño, M. "Porcentaje de germinación de la semilla arroz IDIAP 137 en diferentes tipos de suelo", *Revista de Iniciación Científica*, vol. 4, no. 2, 2018, pp. 44-48, ISSN 2413-6786, DOI [10.33412/rev-ric.v4.2.2155](https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.2.2155).
10. Rivas Moreno, M. *Evaluación de la germinación y producción de las variedades de arroz (O. sativa) f-68 y f-2000 en el municipio de Turbo Antioquia*. [en línea] [Diploma], Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Colombia, 2020, [Consultado: 19 de julio de 2023], Disponible en: <<http://repository.unad.edu.co/handle/10596/37921>>, [Accepted: 2020-12-09T02:47:41Z].
11. Núñez, Á.C.; Rodríguez, S.R. y Hidalgo, D.M. "Evaluación de extractos vegetales en la germinación de semillas de arroz (oryzasativa), cultivar lp-5 en Yara, provincia Granma (Original)", *Redel. Revista Granmense de Desarrollo Local*, vol. 5, no. 2, 29 de abril de 2021, pp. 120-131, ISSN 2664-3065.
12. Chaichana, N. "Analysis of nutritional composition, antioxidant activity and callus induction of *Oryza sativa* cultivars Khumthan and Norprae.", *ScienceAsia*, vol. 45, no. 6, 2019, pp. 509-514, ISSN 1513-1874, DOI: [10.2306/scienceasia1513-1874.2019.45.509](https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2019.45.509).
13. Chaipanich, V.V.; Roberts, D.L.; Yenchon, S.; Te-chato, S. y Divakaran, M. "In vitro seed germination and plantlet regeneration of *Vanilla siamensis*: An endemic species in Thailand", *ScienceAsia*, vol. 46, no. 3, 2020, p. 315, ISSN 1513-1874, DOI: [10.2306/scienceasia1513-1874.2020.040](https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2020.040).
14. Gómez Ibarra, R.A.; Kruger, R.D.; Pachecoy, M.I.; Herber, L.G.; Fontana, M.L.; Gómez Ibarra, R.A.; Kruger, R.D.; Pachecoy, M.I.; Herber, L.G. y Fontana, M.L. "Arroz: implicancia del peso específico de granos en la calidad de semillas", *Fave. Sección ciencias agrarias*, vol. 20, no. 2, diciembre de 2021, pp. 21-31, ISSN 1666-7719, DOI <https://doi.org/10.14409/fa.v20i2.10622>.
15. Fernando Lidório, H.; Cardoso Sobrinho, J.; Farias Menegaes, J.; Russi Nunes, U.; de Senna Pereira, J.; Bosio Tedesco, S.; Arrué Melo, A. y Lorensi Leivas, A. "Cytogenotoxicity potential of *Syzygium aromaticum* extract, an alternative treatment for *Chenopodium quinoa* seed", *Bioteχνología Vegetal*, vol. 20, no. 4, diciembre de 2020, pp. 290-297, ISSN 2074-8647, <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/679/pdf>.
16. Julon, T. y Segundo, R. *Determinación de la duración e intensidad de la latencia en semilla de arroz (conquista, esperanza, fortaleza, capirona, ferom y moro)* [en línea] [Diploma], Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, 2014, Disponible en: <<http://hdl.handle.net/11458/659>>.
17. Bhandarkar, S.; Sharm, B.; Parikh, M.; K Nair, S. y Gaurha, D. "Evaluation of variations in seed vigour characters of traditional aromatic rice (*Oryza sativa* L.) accessions of Chhattisgarh using multivariate technique", *International Journal of Chemical Studies*, vol. 6, no. 5, 1 de enero de 2018, pp. 348-353, <https://www.chemjournal.com/archives/2018/vol6issue5/PartG/6-4-576-226.pdf>.
18. Guo, T.; Yang, J.; Li, D.; Sun, K.; Luo, L.; Xiao, W.; Wang, J.; Liu, Y.; Wang, S.; Wang, H. y Chen, Z. "Integrating GWAS, QTL, mapping and RNA-seq to identify candidate genes for seed vigor in rice (*Oryza sativa* L.)", *Molecular Breeding*, vol. 39, no. 6, 30 de mayo de 2019, p. 87, ISSN 1572-9788, DOI [10.1007/s11032-019-0993-4](https://doi.org/10.1007/s11032-019-0993-4), <https://link.springer.com/article/10.1007/s11032-019-0993-4>.
19. Kumar, V.; Opena, J.; Valencia, K.; Ho, T.; Son, N.; Donayre, D.K.; Janiya, J. y Johnson, D. "Rice Weed Management in Southeast Asia" [en línea], eds. Rao, A.N. y Matsumoto, H., *Weed management in Rice in the Asian-Pacific Region*, edit. Asian-Pacific Weed Science Society (APWSS); The Weed Science Society of Japan, Japan and Indian Society of Weed Science, India, 1 de septiembre de 2017, pp. 282-307, ISBN 978-81-931978-4-4, <https://core.ac.uk/pdf/219475057.pdf>, Disponible en: <[https://www.researchgate.net/publication/336169908\\_Rice\\_Weed\\_Management\\_in\\_Southeast\\_Asia](https://www.researchgate.net/publication/336169908_Rice_Weed_Management_in_Southeast_Asia)>.

20. Nghi, K.N.; Tondelli, A.; Valè, G.; Tagliani, A.; Marè, C.; Perata, P. y Pucciariello, C. "Dissection of coleoptile elongation in japonica rice under submergence through integrated genome-wide association mapping and transcriptional analyses", *Plant, Cell & Environment*, vol. 42, no. 6, 2019, pp. 1832-1846, ISSN 1365-3040, DOI [10.1111/pce.13540](https://doi.org/10.1111/pce.13540).
21. Pradi Vendruscolo, E.; Alcântara Rodrigues, A.H.; Correa, S.R.; Seleguini, A.; Ferreira de Lima, S.; Pradi Vendruscolo, E.; Alcântara Rodrigues, A.H.; Correa, S.R.; Seleguini, A. y Ferreira de Lima, S. "Different soaking times and niacin concentrations affect yield of upland rice under water deficit conditions", *Agronomía Colombiana*, vol. 37, no. 2, agosto de 2019, pp. 166-172, ISSN 0120-9965, DOI [10.15446/agron.colomb.v37n2.72765](https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n2.72765).
22. Clavijo P., J. y Baker, J.B. "Germinación, emergencia y crecimiento temprano de arroz rojo y cuatro variedades de arroz", *Agronomía Colombiana*, vol. 5, 1988, pp. 3-7, <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/33770/20931-70783-1-PB.pdf?sequence=1>, [Accepted: 2019-06-27T23:03:28Z].
23. Chao, S.; Mitchell, J. y Fukai, S. "Factors Determining Genotypic Variation in the Speed of Rice Germination", *Agronomy*, vol. 11, no. 8, agosto de 2021, p. 1614, ISSN 2073-4395, DOI [10.3390/agronomy11081614](https://doi.org/10.3390/agronomy11081614).
24. Fukai, S. y Wade, L.J. "Chapter 2 - Rice" [en línea], eds. Sadras, V.O. y Calderini, D.F., *Crop Physiology Case Histories for Major Crops*, edit. Academic Press, Cambridge, USA, 1 de enero de 2021, pp. 44-97, ISBN 978-0-12-819194-1, [Consultado: 19 de julio de 2023], Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128191941000025>.
25. Yamane, K.; Garcia, R.; Imayoshi, K.; Mabesa-Telosa, R. c.; Banayo, N. p. m. c.; Vergara, G.; Yamauchi, A.; Sta.Cruz, P. y Kato, Y. "Seed vigour contributes to yield improvement in dry direct-seeded rainfed lowland rice", *Annals of Applied Biology*, vol. 172, no. 1, 2018, pp. 100-110, ISSN 1744-7348, DOI [10.1111/aab.12405](https://doi.org/10.1111/aab.12405).
26. Abdul Rahman, S.M. y Ellis, R.H. "Seed quality in rice is most sensitive to drought and high temperature in early seed development", *Seed Science Research*, vol. 29, no. 4, diciembre de 2019, pp. 238-249, ISSN 0960-2585, 1475-2735, DOI [10.1017/S0960258519000217](https://doi.org/10.1017/S0960258519000217).