

Estrés hídrico sobre la calidad del grano en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)

Water stress effects on grain quality in the cultivation of rice (*Oryza sativa* L.)



<http://opn.to/a/lil5a>

Dr.C. Ricardo Polón-Pérez✉, Dr.Sc. Dámaso Castillo-Toro,
Dr.C. Alexander Miranda-Caballero, Dr.C. Michel Ruíz-Sánchez

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Unidad Científica Tecnológica de Base (UCTB) “Los Palacios”. Pinar del Río, Cuba.

RESUMEN. La investigación se condujo en la Unidad Científico Tecnológica de Base Los Palacios (UCTB Los Palacios), desde el año 2014 hasta el 2017, sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico, para conocer el efecto del estrés hídrico en la calidad industrial del grano en una variedad de ciclo medio. Los resultados arrojaron que en las nuevas variantes de manejar el agua se obtuvo un por ciento mayor de granos blancos enteros que osciló entre 55,9 y 65,3, mientras que en el manejo tradicional (testigo) se obtuvo el más bajo por ciento de granos blancos enteros entre 48,3 y 50,5 con una mayor cantidad de granos yesosos (con panza blanca) y fisuras en los granos, mientras que en las nuevas variantes de manejos del agua el comportamiento de los granos con panza blanca y figurados de los granos fue mucho menor respecto al manejo del agua tradicional siendo estos últimos elementos desfavorables una de las causas por la que algunas variedades no hayan podido continuar en la producción arrocerá nacional.

Palabras clave: calidad industrial del grano, variedad de ciclo medio, agua.

ABSTRACT. The experiment led up to in the UCTB of Los Palacios from 2014 the 2017, itself be more than enough or ground Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico, in order to know the effect of water stress on grain quality with a middle cycle rice variety. Aftermath yielded than in the new variants to drive water it was obtained a bigger percent of white entire grains that it oscillated between 55,9 and 65,3, while than in the traditional (check) handling the bottom obtained percent of white entire grains among 48,3 and 50,5 with a bigger quantity of chalky grains (with white belly) and fissures in the grains itself, while than in the new variants of handlings of the water the behavior of the grains with white belly and taken part of the grains a lot of minor in relation to the handling went from the traditional water being these last unfavorable elements, join of causes for her that some varieties do not find continued in the production national rice grower.

Keywords: grain quality middle, cycle rice variety, water.

✉ Autor para correspondencia: Ricardo Polón-Pérez. E-mail: rpolon@inca.edu.cu

Recibido: 21/05/2017

Aceptado: 11/06/2018

INTRODUCCIÓN

Por tradición y hábito alimentario, Cuba figura entre las naciones de alto consumo de arroz, con 60 kg anuales per cápita ([Ruiz et al., 2012](#)). La producción arroceras nacional no satisface la demanda interna, por lo que más del 40% de este producto que se destina para el consumo de la población es de importación ([MINAG, 2014, 2015](#)).

La economía cubana tiene que importar anualmente cerca de 4×10^5 t de grano blanco, cuya cifra equivale al 60% del consumo total ([MINAG, 2014, 2015](#)). No obstante, se aspira a la satisfacción plena de la demanda de este alimento, incluyendo al consumo turístico, por medio de la estructura de la cadena productiva y la red de investigaciones científicas, las cuales cubren un área de 16×10^4 ha pertenecientes al estado más 32×10^3 ha pertenecientes a productores privados, en pequeñas parcelas ([Polón et al., 2014](#)).

En el sector cooperativo de producción se reportan rendimientos agrícolas con el uso del cultivo de rebrote rendimientos fluctuantes entre 2.5 y 4.7 t. ha⁻¹ con una excelente calidad industrial del grano, granos cristalinos sin fisuras y panza blanca en el grano ([Castro et al., 2014](#)).

Estudios realizados en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por otros investigadores [Polón et al. \(2012\)](#) también se reportan incremento del rendimiento en granos y mejor calidad del grano cuando se aplica estrés hídrico al cultivo.

Uno de los insumos más importante para cualquier cultivo y en especial el arroz sin lugar a dudas es el ([PNUD, 2016](#)), la reducción en el uso de este insumo es una de las bondades del sistema de rebrote. En Cuba en investigaciones desarrolladas en condiciones tanto de investigación como en producción se reporta una reducción considerable del agua de riego en este sistema de cultivo de hasta un 40% con una variedad de ciclo medio ([Polón et al., 2014](#)).

Según la FAO, la producción mundial en 2011 alcanzó 722 millones de toneladas contra 700 millones en 2010. Las cosechas han mejorado en casi todas las regiones arroceras del mundo gracias a una extensión de las áreas de cultivo, las cuales alcanzarían 164 millones de hectáreas ([Barrios et al., 2016](#)). Este incremento se concentra en los principales países productores, especialmente China, India e Indonesia quienes totalizan casi los dos tercios de la producción mundial ([FAOSTAT, 2015](#)).

Una forma económica de aumentar el rendimiento industrial de arroz blanco es mediante el incremento de los granos enteros por toneladas de arroz blanco obtenida a partir del arroz paddy cosechado.

La calidad industrial, denominada en la norma nacional e internacional como un componente del rendimiento industrial, es el porcentaje de granos enteros obtenido después del proceso de elaboración en la industria ([Camargo et al., 2014](#)). En el caso particular de Cuba según las especificaciones de la norma cubana de calidad, establece que el arroz consumo lleve un porcentaje de arroz partido, a medida que este sea menor mayor será la calidad del producto.

Por otro lado, estudiar el mecanismo a través del cual la humedad se retiene en el grano de arroz maduro, lo que influye fuertemente sobre su calidad es otro aspecto importante a evaluar. Junto con ello, no solo es necesario conocer la evolución del agua dentro del grano, sino también la cinética de almacenamiento de la materia seca en el mismo, en particular, midiendo el crecimiento de la masa de endospermo durante la maduración ([Tosquy et al., 2014](#)).

La mayor presencia de nitrógeno en la fertilización aumenta la cristalinidad del grano (poca panza blanca), reduce la figuración y la partidura del grano en el molino de blanqueo. También influye sobre la resistencia mecánica que produce la pasta de almidón de arroz cuando se calienta y luego se enfría ([Camargo et al., 2014](#)). La fisuración del grano de arroz se ha estudiado con rigor en muchas instituciones del mundo

El objetivo de la investigación fue conocer el efecto del estrés hídrico sobre la calidad industrial del grano en la fenofase vegetativa del cultivo en una variedad de ciclo medio.

MÉTODOS

La investigación se condujo durante cuatro años, desde 2014 hasta 2017 en la UCTB Los Palacios, sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico ([Hernández et al., 1999](#)).

Tratamientos:

- T₁- Estrés hídrico en el suelo durante 20 días a partir de la aplicación del primer herbicida y después riego normal.
- T₂- Estrés hídrico en el suelo durante 25 días a partir de la aplicación del primer herbicida y después riego normal.
- T₃- Estrés hídrico en el suelo durante 30 días a partir de la aplicación del primer herbicida y después riego normal.
- T₄- Estrés hídrico en el suelo durante 35 días a partir de la primera aplicación de herbicida y después riego normal.
- T₅- Estrés hídrico en el suelo durante 40 días a partir de la primera aplicación de herbicida y después riego normal.
- T₆ Riego normal durante todo el ciclo del cultivo sin estrés hídrico (testigo).

La densidad de siembra utilizada fue de 120 kg. ha⁻¹ ([MINAG, 2014](#)).

Para el desarrollo del experimento se utilizó la variedad comercial de ciclo medio J-104.

Evaluaciones realizadas:

- Rendimiento industrial (% de granos enteros).
- Panza blanca (%).
- Granos fisurados (%).
- Nitrógeno total (%).

Para el rendimiento industrial del grano se tomó una muestra de 1kg de semilla, determinándose el por ciento de granos enteros, panza blanca y granos fisurados, para estos dos últimos componentes del rendimiento industrial se tomaron submuestras de 100 granos y observándolas con una lupa se contaron la cantidad de granos con panza blanca y fisuras en el grano.

Se utilizó un diseño experimental Bloques al azar, con seis tratamientos, cinco con estrés hídrico y un testigo con riego normal según Instructivo Técnico ([MINAG, 2014](#)). El estrés hídrico se aplicó en la fase vegetativa desde marchitamiento de las hojas hasta su amarillamiento, y el suelo totalmente agrietado.

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza simple, aplicándose la dócima de rangos múltiples de Duncan cuando se encontraron diferencias significativas entre las medias para el nivel de significación ($p \leq 0,05$).

Determinación del nitrógeno total. Método Colorimétrico con el reactivo Nessler. Fundamentación: El método tradicional (y más exacto) para determinar el N se basa en convertir todas las formas de N a amoniacal, que en medio ácido presenta la forma NH₄⁺ y es estable, y después propiciar un medio alcalino para pasarlo a NH₃, destilarlo y recogerlo en medio ácido y valorarlo, pero es un método muy largo y requiere de mucha dedicación. Por ello, para su determinación de un modo más sencillo, se utiliza el método colorimétrico empleando el reactivo de Nessler ([Paneque, 2010](#)).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Son muchos los factores que afectan el rendimiento del arroz y su calidad industrial, destacándose, el momento en que se cosecha y el manejo del riego previo a la misma, produciéndose disminución en los porcentajes de granos enteros, fisurados y en la panza blanca (Thompson y Mutters, 2006). Sin embargo, en este trabajo, cuando se manejó el riego en el cultivo de manera diferente a lo tradicional (aniego permanente), es decir, provocando una condición de estrés hídrico por defecto, se favoreció la calidad industrial del grano para los años de estudio.

Cuando se aplicó un déficit hídrico (por defecto) al cultivo en la fase vegetativa, para el período poco lluvioso durante los cuatros años de investigación, las variantes de déficit hídrico superaron de manera significativamente al testigo (aniego permanente) en por ciento de granos enteros y nitrógeno total en la hoja, mientras que, el por ciento de granos fisurados y panza blanca, se comportó en menor por ciento con déficit hídrico respecto a la variante testigo, como se observa en las Tablas 1, 2, 3 y 4.

TABLA 1. Rendimiento industrial del grano durante el período poco lluvioso 2014.

| Tratamiento | Granos enteros (%) | Granos fisurados (%) | Panza blanca (%) | Nitrógeno total en hoja (%) |
|----------------|--------------------|----------------------|------------------|-----------------------------|
| T ₁ | 58,6 e | 5,6 b | 3,8 b | 2,0 b |
| T ₂ | 60,4 d | 5,0 b | 3,6 b | 2,0 b |
| T ₃ | 61,4 c | 5,2 b | 2,0 c | 2,1 b |
| T ₄ | 62,6 b | 0,0 c | 1,0 d | 3,8 a |
| T ₅ | 64,8 a | 0,0 c | 0,0 e | 3,6 a |
| T ₆ | 48,3 f | 60,0 a | 34,1 a | 1,2 c |
| ESx | 0,051 | 0,20 | 0,46 | 0,25 |

Medias con letras en común no difieren significativamente según prueba de Duncan al 5%.

TABLA 2. Rendimiento industrial del grano durante el período poco lluvioso 2015.

| Tratamiento | Granos enteros (%) | Granos fisurados (%) | Panza blanca (%) | Nitrógeno total en hoja (%) |
|----------------|--------------------|----------------------|------------------|-----------------------------|
| T ₁ | 57,4 e | 5,8 b | 3,1 b | 2,2 b |
| T ₂ | 60,4 d | 5,4 b | 3,1 b | 2,0 b |
| T ₃ | 61,2 c | 4,3 c | 2,8 bc | 2,0 b |
| T ₄ | 62,4 b | 0,0 d | 1,1 dc | 3,5 a |
| T ₅ | 64,3 a | 0,0 d | 0,0 e | 3,4 a |
| T ₆ | 49,1 f | 59,5 a | 37,8 a | 1,0 c |
| ESx | 0,060 | 0,21 | 0,40 | 0,24 |

Medias con letras en común no difieren significativamente según prueba de Duncan al 5%.

TABLA 3. Rendimiento industrial del grano durante el período poco lluvioso 2016.

| Tratamiento | Granos enteros (%) | Granos fisurados (%) | Panza blanca (%) | Nitrógeno total en hoja (%) |
|----------------|--------------------|----------------------|------------------|-----------------------------|
| T ₁ | 56,2 e | 5,5 b | 4,8 b | 2,3 b |
| T ₂ | 60,0 d | 4,9 c | 4,0 b | 2,4 b |
| T ₃ | 61,1 c | 3,4 d | 3,1 c | 2,3 b |
| T ₄ | 63,1 b | 0,0 e | 2,8 dc | 3,7 a |
| T ₅ | 64,9 a | 0,0 e | 0,0 e | 3,6 a |
| T ₆ | 50,5 f | 56,6a | 39,3 a | 1,4 c |
| ESx | 0,081 | 0,19 | 0,39 | 0,22 |

Medias con letras en común no difieren significativamente según prueba de Duncan al 5%.

TABLA 4. Rendimiento industrial del grano durante el período poco lluvioso 2017.

| Tratamiento | Granos enteros (%) | Granos fisurados (%) | Panza blanca (%) | Nitrógeno total en hoja (%) |
|----------------|--------------------|----------------------|------------------|-----------------------------|
| T ₁ | 55,9 e | 5,1 b | 4,4 b | 2,1 b |
| T ₂ | 58,1 d | 4,2 d | 4,1 b | 2,3 b |
| T ₃ | 59,6 c | 3,1 c | 3,0 c | 2,0 b |
| T ₄ | 62,7 b | 0,0 e | 2,1 d | 3,3 a |
| T ₅ | 65,3 a | 0,0 e | 0,0 e | 3,4 a |
| T ₆ | 48,5 f | 58,2 a | 37,0 a | 1,1 c |
| ESx | | | 0,38 | 0,23 |

Medias con letras en común no difieren significativamente según prueba de Duncan al 5%.

En la [Tabla 1](#) (2014) se aprecia que el mejor tratamiento en cuanto a por ciento de granos enteros fue T₅ con 64,8%, siguiéndole en orden el T₄ con 62,6%, siendo el peor de los tratamientos el T₆ con 48,3%, estos mayores por cientos de granos enteros en las variantes de déficit hídrico, podrían estar dado entre otras causas a que, estos tratamientos también tuvieron los por cientos más bajos de granos fisurados T₄ y T₅ con 0% de granos fisurados, y de igual manera los de más bajos por cientos de panza blanca correspondió también a los tratamientos T₄ y T₅ con 1,0 y 0,0%, motivando esto un mayor por ciento de granos enteros, mientras que el testigo alcanzó 60,0 y 34,1% de granos fisurados, y con panza blanca respectivamente, provocando menor por ciento de granos enteros en el testigo en relación a las variantes con estrés hídrico, estos resultados discrepan con los reportados por varios investigadores ([Alvarado y Hernaiz, 1995](#); [Acosta et al., 2004](#); [García et al., 2011](#); [Osuna et al., 2013](#); [Sarwar et al., 2013](#); [Ndindeng et al., 2014](#); [Polón et al., 2014](#)).

El rendimiento industrial, en por ciento de granos enteros y fisurados para los demás períodos pocos lluvioso (2015, 2016 y 2017), se mantuvo el mismo comportamiento que el período poco lluvioso 2014, siendo los mejores tratamientos en por ciento de granos enteros el T₄ y T₅, superando significativamente al testigo, siendo el de más bajo valor, atribuyéndose este comportamiento, a un mayor porcentaje de granos enteros en los tratamientos con déficit hídrico, y a una nula (0%) producción en el porcentaje de granos fisurados, y también a los más bajos por cientos de granos con panza blanca, no habiendo coincidencia con los reportados por otros autores al pasar por períodos con estrés hídrico el cultivo los que plantean afectaciones en los granos enteros ([Cuevas y Fitzgerald, 2012](#); [Sarwar et al., 2013](#); [Ndindeng et al., 2014](#); [Londero et al., 2015](#); [Cuevas et al., 2016](#)).

La formación de panza blanca en el grano para los cuatro años estudiados, siempre fue menor en los tratamientos T₄ y T₅ con déficit hídrico, permitiendo obtener una mayor cantidad de granos enteros en estos dos tratamientos, este resultado no coincide con lo reportado en la literatura científica que plantea una menor producción de granos enteros con déficit hídrico ([Thompson y Mutters, 2006](#); [Sarwar et al., 2013](#)), mientras que, el tratamiento testigo T₆, alcanzó los valores más altos de granos con panza blanca, lo que contribuyó al menor por ciento de granos enteros como se puede observar en las [Tablas 1, 2, 3 y 4](#). Parece indicar que, la condición de déficit hídrico provocada al cultivo, permitió una mejor distribución y organización de los granos de almidón (más unidos) disminuyendo la partidura del grano, dando lugar a la obtención de una mayor cantidad de granos enteros, al parecer no sucede este fenómeno en el tratamiento testigo (sin estrés hídrico). Al respecto [Acosta et al. \(2004\)](#), plantean que cuando los granos de almidón no están bien distribuidos en el grano, crea espacios vacíos y con aire en el mismo, lo que contribuye a una mayor partidura del grano en el molino, disminuyendo el por ciento de granos enteros afectando finalmente la calidad industrial del grano.

Como se aprecia en las [Tablas 1, 2, 3 y 4](#), para el período poco lluvioso, los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ con déficit hídrico, obtuvieron los mayores por cientos de rendimientos industrial de granos enteros y con mejor calidad, respecto al tratamiento testigo (T₆), al parecer, cuando se aplica la condición de déficit hídrico al cultivo en fase vegetativa, se produce un incremento del rendimiento industrial del grano, esto coincide con lo reportado en el cultivo del frijol por otros investigadores ([Polón et al., 2003](#); [Polón et al., 2014](#); [Tosquy et al., 2014](#)).

En las [Tablas 1, 2, 3 y 4](#) para los períodos poco lluvioso, se refleja el comportamiento del por ciento de nitrógeno total en el grano de arroz, los mejores tratamientos fueron T₄ y T₅ para valores de 3,3 y 3,4 respectivamente, con diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos, siendo el peor de todos el T₆ (testigo), con un valor de 1,1 por ciento, y correspondiéndose también con los mejores y peor tratamiento de por ciento de granos enteros respectivamente, este comportamiento más favorable a la mayor producción de granos enteros, podría estar dado entre otras causas, a la mayor producción de nitrógeno total cuando se practica la condición de déficit hídrico al cultivo, también obteniendo menos granos fisurados con 0% y panza blanca en el granos que varió entre 0,0 y 2,1%, permitiendo esto una menor partidura del grano, y finalmente se logra más cantidad de granos enteros.

Estos resultados coinciden con lo reportado por [Acosta et al. \(2004\)](#), al plantear que, la mayor presencia de nitrógeno en la fertilización aumenta la cristalinidad del grano, reduce la fisuración y la partidura del grano en el molino de blanqueado, aumentando la cantidad de granos enteros.

Esta variedad de ciclo medio J-104, fue la de mayor rendimiento agrícola en la producción arroceras en Cuba, pero con una baja calidad industrial del grano, que oscilaba entre 48 y 50% de granos enteros, motivo por el cual fue sustituida por otras de mejor calidad industrial, aplicando déficit hídrico, similares a los desarrollado en esta investigación, podría contribuir a mejorar la calidad industrial del grano en esta variedad de ciclo medio en Cuba.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que, al someter al cultivo del arroz a un período de tiempo bajo déficit hídrico se incrementa el por ciento de granos enteros, se disminuyen los granos fisurados y la presencia de panza blanca en el grano, y una mayor cantidad de nitrógeno en la hoja en la variedad de ciclo medio J-104.

AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias a los investigadores y especialistas siguientes: M.Sc. Ana Adelfa Hernández Martínez, M.Sc. Caridad Sánchez-Veranes, M.Sc. José L. Companioni-Sanderson, M.Sc. Roberto Cuñarro-Cabeza, e Ing. Rasmely Díaz-García, por el valioso apoyo a la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA-DÍAZ, E.; TREJO-LÓPEZ, C.; DEL MAR RUIZ-POSADAS, L.; PADILLA-RAMÍREZ, J.S.; ACOSTA-GALLEGOS, J.A.: “Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva”, *Terra Latinoamericana*, 22(1): 49–58, 2004.
- ALVARADO, R.; HERNAIZ, S.: *Manual de producción de arroz*, no. ser. 62, Ed. Ministerio de Agricultura, Programa de Reconversión de Suelos Arroceros, 1995.
- BARRIOS GÓMEZ, E.J.; RODRÍGUEZ MORELOS, V.H.; HERNÁNDEZ ARAGÓN, L.; TAVITAS FUENTES, L.; HERNÁNDEZ PÉREZ, A.; TAPIA VARGAS, L.M.; PINZÓN GARCÍA, J.M.: “Evaluación de líneas de arroz de grano delgado para riego en México”, *Interciencia*, 41(7), 2016.

- CAMARGO-BUITRAGO, I.; QUIRÓS-MCINTIRE, E.I.; CAMARGO-GARCÍA, V.M.: “Selección de nuevos genotipos de arroz basados en la probabilidad de superar al testigo”, *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 2014.
- CASTRO ÁLVAREZ, R.; DÍAZ SOLÍS, S.H.; ÁLVAREZ, G.E.; MOREJÓN, R.; POLÓN PÉREZ, R.: “Evaluación de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) para la práctica de cultivo de rebrote en las condiciones de Cuba”, *Cultivos Tropicales*, 35(4): 85–91, 2014, ISSN: 1819-4087.
- CUEVAS, R.P.; FITZGERALD, M.A.: “Genetic diversity of rice grain quality”, En: *Genetic Diversity in Plants*, Ed. InTech, 2012.
- CUEVAS, R.P.; PEDE, V.O.; MCKINLEY, J.; VELARDE, O.; DEMONT, M.: “Rice grain quality and consumer preferences: a case study of two rural towns in the Philippines”, *PloS one*, 11(3): e0150345, 2016.
- FAOSTAT: *Base de datos de producción*, [en línea], 2015, Disponible en: www.faostat.org, [Consulta: 17 de marzo de 2015].
- GARCÍA ANGULO, J.L.; HERNÁNDEZ ARAGÓN, L.; TAVITAS FUENTES, L.: “El Silverio: nueva variedad de arroz para el trópico mexicano”, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(4): 607–612, 2011.
- HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J.; BOSCH, D.; RIVERO, L.; CAMACHO, E.: *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*, Ed. AGRINFOR, ed. L.L. Barcaz, vol. 1, La Habana, Cuba, 1999, ISBN: 959-246-022-1.
- LONDERO, G.P.; MARCHESAN, E.; PARISOTTO, E.; COELHO, L.L.; SOARES, C.F.; DA SILVA, A.L.; ARAMBURU, B.B.: “Qualidade industrial de grãos de arroz decorrente da supressão da irrigação e umidade de colheita”, *IRRIGA*, 20(3): 587, 2015.
- MINAG: *Instructivo Técnico del Arroz*, 2014.
- MINAG: *Empresa General Agroindustrial de Granos*, 2 p., 2015.
- NDINDENG, S.A.; MAPIEMFU, D.L.; FANTONG, W.; NCHINDA, V.P.; AMBANG, Z.; MANFUL, J.T.: “Postharvest adaptation strategies to the effects of temperature variations and farmer-miller practices on the physical quality of rice in Cameroon”, *American Journal of Climate Change*, 3(02): 178, 2014.
- OSUNA-CEJA, E.S.; REYES-MUROV, L.; PADILLA-RAMÍREZ, J.S.; ROSALES-SERNA, R.; MARTÍNEZ-GAMIÑO, M.A.; ACOSTA-GALLEGOS, J.A.; FIGUEROA-SANDOVAL, B.: “Rendimiento de genotipos de frijol con diferentes métodos de siembra y riego-sequía en Aguascalientes”, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(8): 1209–1221, 2013.
- PANEQUE-PÉREZ, V.M.: *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos*, Ed. Ediciones INCA, 2010.
- PNUD: *Informe sobre Desarrollo Humano 2015*, Colombia, 2016.
- POLÓN PÉREZ, R.; CASTRO ALVAREZ, R.; RUIZ SÁNCHEZ, M.; MAQUEIRA LÓPEZ, L.A.: “Práctica de diferentes alturas de corte en el rebrote y su influencia en el rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en una variedad de ciclo medio”, *Cultivos Tropicales*, 33(4): 59–62, 2012, ISSN: 1819-4087.
- POLÓN PÉREZ, R.; MIRANDA CABALLERO, A.; RAMÍREZ ARREBATO, M.A.; MAQUEIRA LÓPEZ, L.A.: “Efectos del estrés de agua sobre el rendimiento de granos en la fase vegetativa en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4): 33–36, 2014.
- POLÓN, R.; CASTRO, R.I.; PÉREZ, N.; CRISTO, E.; MOREJÓN, R.; PARRA, Y.: “Influencia de la altura de la soca en el rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en una variedad de ciclo corto”, *Cultivos Tropicales*, 24(1), 2003, ISSN: 1819-4087.

- RUIZ SÁNCHEZ, M.; POLÓN PÉREZ, R.; VÁZQUEZ DEL LLANO, B.; MUÑOZ HERNÁNDEZ, Y.; CUÉLLAR OLIVERO, N.; RUIZ-LOZANO, J.M.: “La simbiosis micorrizica arbuscular en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) sometidas a estrés hídrico: Parte I. Mejora la respuesta fisiológica”, *Cultivos tropicales*, 33(4): 47–52, 2012, ISSN: 1819-4087.
- SARWAR, J.M.; NOZULAI, B.N.M.; KHAIRI, B.C.L.M.; MOHD, K.Y.: “Effects of water stress on rice production: bioavailability of potassium in soil”, *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 9(2), 2013.
- THOMPSON, J.F.; MUTTERS, R.G.: “Effect of weather and rice moisture at harvest on milling quality of California medium-grain rice”, *Transactions of the ASABE*, 49(2): 435–440, 2006.
- TOSQUY-VALLE, O.H.; LÓPEZ-SALINAS, E.; FRANCISCO-NICOLÁS, N.; ACOSTA-GALLEGOS, J.A.; VILLAR-SÁNCHEZ, B.: “Genotipos de frijol negro opaco resistentes a sequía terminal”, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(7): 1197–1204, 2014.

Ricardo Polón-Pérez, Investigador Auxiliar y Profesor Auxiliar, Unidad Científica Tecnológica de Base (UCTB) “Los Palacios”. Carretera La Francia Km 1 1/2, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Pinar del Río, Cuba. Correo electrónico: rpolon@inca.edu.cu

Dámaso Castillo-Toro, Correo electrónico: damaso@iig.cu

Alexander Miranda-Caballero, Correo electrónico: alex@inca.edu.cu

Michel Ruiz-Sánchez, Correo electrónico: michi@inca.edu.cu

NOTAS

*Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

*Este artículo de se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

*La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.