

Titulillo: Empleo de aguas residuales de la producción azucarera

Revisión

Empleo de aguas residuales de la producción azucarera en el cultivo del arroz (*Oriza sativa* L.)

I use of residual waters of the sugar production in the cultivation of the rice (*Oriza sativa* L.)

Est. Kettys Marian del Toro Arias, Universidad de Granma. Granma. Cuba. ⁽¹⁾

Est. Ariadna Liens Silva, Universidad de Granma. Granma. Cuba. ⁽²⁾

MSc. Wilmer Luis Almarales Frías, Universidad de Granma. Granma. Cuba. ⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudiante cuarto año CD Agronomía. Universidad de Granma. Bayamo.

kettys2025@nauta.cu 

⁽²⁾ Estudiante cuarto año CD Agronomía. Universidad de Granma. Bayamo.

lienssilvaariadna@gmail.com 

⁽³⁾ Master en Ciencias Agrícolas. Profesor Auxiliar Universidad de Granma. Bayamo.

Walmaralesf@udg.co.cu. Walmaralesf74@gmail.com. 

Sahily Cano Llorente, Master en Ciencias Agrícolas. Profesor Auxiliar Universidad de Granma. Bayamo. @udg.co.cu. @gmail.com.

Resumen

Granma es una de las provincias de mayor producción de arroz del país, tanto sus sistemas de cultivo como su beneficio y procesamiento constituye un elemento de vital importancia socioeconómica. No obstante, en las últimas campañas se ha experimentado un notable descenso en las áreas agrícolas dedicadas a su cultivo fundamentado en la carencia de insumos y disponibilidad de aguas para el riego, por ello la búsqueda de soluciones es un



elemento trascendental para los agricultores y dentro de ellas el empleo de las aguas residuales de la industria azucarera constituye una alternativa viable. El experimento se condujo en condiciones de campo para evaluar el efecto causado por la mezcla de aguas residuales del procesamiento industrial del azúcar con el agua de riego procedente de la presa Cauto del Paso en algunas variables morfológicas y agro-productivas del cultivo. Con un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos se cuantificó la respuesta en: la altura de las plantas, número de hijos por plantas, panículas por metro cuadrado, granos llenos por panícula y peso de 1000 granos. El procesamiento estadístico de los datos se realizó mediante el Software estadístico InfoStat versión 2017 sobre Windows 10. El cultivo del arroz, variedad INCA LP - 5, mostró una respuesta positiva y significativa ante la aplicación de la mezcla de las aguas residuales al 75% con el agua para riego.

Palabras claves: arroz; riego; aguas residuales; medio ambiente

Abstract

Granma is one of the counties of bigger production of rice of our country, so much its cultivation systems as its benefit and prosecution constitutes an element of vital socioeconomic importance. Nevertheless, in the last campaigns a remarkable descent has been experienced in the agricultural areas dedicated to its cultivation based in the lack of inputs and readiness of waters for the watering, for it the search of solutions is a momentous element for the farmers and inside them the employment of the residual waters of the sugar industry constitutes a viable alternative. The experiment behaved under field conditions to evaluate the effect caused by the mixture of residual waters of the industrial prosecution of the sugar with the watering water coming from the Cautious prey of the Step in some morphological variables and agriculture-productive of the cultivation. With a

design totally randomized with three treatments the answer it was quantified in: the height
Revista Científica Estudiantil de la Universidad de Granma
RNPS: 2554 ISSN: 3007- 4347



of the plants, children's number for plants, panicles for square meter, full grains for panicles and weight of 1000 grains. The statistical prosecution of the data was carried out by means of the statistical Software InfoStat version 2017 on Windows 10. The cultivation of the rice, INCA LP - 5 variety, it showed a positive and significant answer before the application of the mixture from the residual waters to 75% with the water for watering.

Key words: rice; watering; residual waters; environment

Introducción

Muchos recursos agrícolas no solo representan parte de la ingesta alimenticia de las personas, sino que además contribuyen al desarrollo agroindustrial y a la economía de los países (Mendoza *et al.*, 2019), uno de esos recursos es el arroz (*Oriza sativa* L.) (FAO, 2015). Esta gramínea cuyo origen se remonta a la edad media en Asia, viene siendo cultivada hace más de 10 000 años y sus tallos pueden alcanzar los seis pies de altura, rica en nutrientes y minerales como la Riboflavina, Retinol, Calcio, Magnesio, Fósforo y Carbohidratos (Infoagro, 2018) constituye un alimento básico para tres cuartos de la población mundial (Ávila *et al.*, 2004) (Mendoza *et al.*, 2019).

Su producción mundial alcanzó en el año 2017 los 503,9 millones de toneladas, alrededor de 29 millones de ellas se produjeron en países de Latinoamérica según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) (FAO, 2024) (Navarrete, 2017). En términos generales los países centroamericanos son deficitarios en su producción de arroz (León y Ron, 2016). Los mayores rendimientos promedios en el área centroamericana se registran en El Salvador (Degiovanni *et al.*, 2010). Rendimientos también aceptables se reportan en Nicaragua, Costa Rica, Guatemala, Honduras y en Panamá. Asimismo, Costa Rica y Nicaragua son los mayores productores del área centroamericana (Infoagro, 2018).



El arroz constituye uno de los cultivos más importantes desde el punto de vista de sistemas productivos, área sembrada, producción, comercialización y consumo (Mendoza *et al.*, 2019). En Cuba su grano blanco es la base de la alimentación con importante aportes en la dieta, además de un consumo per cápita superior a las 60 kg (Maqueira *et al.*, 2006) (Pérez y Penichet, 2014).

En la provincia Granma se siembran alrededor de 45 000 ha con una producción de algo más de 150 000 toneladas de arroz cascara húmedo, siendo la tecnología de siembra directa, con riego por inundación, la de mayor representatividad, sobre todo en el sector de la siembra estatal (Pérez y Penichet, 2014). Para ello se demandan alrededor de 250 000 Hm³ al sistema de recursos hidráulicos (Degiovanni *et al.*, 2010).

La competencia por el uso del agua hace más escaso este recurso para el riego agrícola (Baird *et al.*, 2017); siendo necesaria la búsqueda de fuentes alternas (Castillo *et al.*, 2020), como la reutilización de las aguas residuales en la agricultura que representen beneficios para el suelo y los cultivos (Guerra *et al.*, 2023). Anualmente se producen 380 000 millones de m³ de aguas residuales en la superficie del planeta y según predicciones este volumen debe incrementar hasta 470 000 millones de m³ al final del 2030 y alcance los 574 billones de m³ en el 2050 (Vaegas *et al.*, 2020).

Las aguas residuales pueden ser una fuente de materias primas como nutrientes o ciertos metales (aguas residuales industriales) (Mendoza *et al.*, 2019). Además, contribuyen a reducir la energía necesaria en la extracción de estas materias primas para su uso como fertilizantes (Castillo *et al.*, 2020). La combinación de una demanda de agua creciente, especialmente en la agricultura y una disponibilidad de agua limpia cada vez menor está impulsando el uso de fuentes de aguas no convencionales (Guerra *et al.*, 2023).



En los últimos años Granma experimenta una drástica reducción en la disponibilidad del agua requerida para la agricultura, insumos agrícolas y disponibilidad energética, aspectos que por ende provocaron que las áreas de cultivo de arroz experimentaron una reducción considerable en ambas campañas de siembras, primavera y frío.

En tal sentido la búsqueda de alternativas de aguas de riego y fertilización motivaron el empleo de la mezcla de residuales de la producción azucarera del Central “Arquímedes Colina”, acumulados en embalse de oxidación Jucarito, en áreas dedicadas al cultivo del arroz, siendo el objetivo de este artículo : evaluar morfo-agronómicamente la respuesta del cultivar INCA LP – 5 ante las mezclas del agua de riego procedente de la presa Cauto el Paso, en dos proporciones, con residuales de la industria.

Población y muestra

El experimento se condujo en condiciones de campo, en la Empresa Provincial de Granos “Fernando Echenique” en la provincia Granma, durante la campaña de siembra del arroz primavera 2024 con el empleo del cultivar INCA LP – 5 sobre un suelo Oscuro plástico no Gleysado (Hernández *et al.*, 2015).

El área de plantación se preparó con la tecnología seco fangueo con minidique en curvas a nivel, para la siembra se esparcieron semillas certificada a voleo. Se empleó un diseño completamente aleatorizado, con tres tratamientos consistentes en un testigo con agua de riego de la presa Cauto del Paso y dos con mezclas de dicha fuente de abasto con residuales de la producción azucarera del Central “Arquímedes Colina” de la localidad de Mabay en el municipio Bayamo. En el manejo de los volúmenes para las mezclas se emplearon vertederos rectangulares.

✓ T₁: residual 75% con 25% de agua de riego.

✓ T₂: residual 50% con 50% de agua de riego.



- ✓ T₃: agua de riego sin mezcla con residual.

Para evaluar la respuesta del cultivo ante las dos mezclas empleadas se evaluaron dos variables morfológicas: altura de la planta y cantidad de hijos emitidos y las variables agro productivas: panículas por metro cuadrado, granos llenos por panícula, peso de 1000 granos y el rendimiento agrícola.

- ✓ Altura de la planta (m): medida en cosecha a los 35 días desde el punto de algodón y medida desde la base del tallo hasta la inserción de la panícula con cinta métrica de 5 m.
- ✓ Hijos por planta (unidad): seleccionados 25 plantones por tratamiento, cosechados y contados los tallos fértiles y restada la panícula madre.
- ✓ Panículas por metro cuadrado (pan/m²): con marco cuadrado de 0.25 m² colocado sobre la superficie y contadas las panículas, multiplicando por 4 este valor, en 25 mediciones por tratamiento.
- ✓ Granos llenos por panículas (unidad): con el empleo de la cosecha de los plantones y seleccionadas al azar 25 panículas por tratamiento, trasladada al laboratorio y contados los granos llenos correctamente formados.
- ✓ Peso de mil granos (g): contados 1000 granos y pesados en balanza analítica de precisión en 25 muestras por tratamiento.
- ✓ Rendimiento (tha¹): calculado en base al 14 % de humedad del grano y el peso de la muestra de 3 m² con 25 muestras por tratamiento.

La información se recopiló en libreta de campo y se llevó a modelos confeccionados al efecto, posteriormente se creó una base de datos para el experimento sobre soporte electrónico, Microsoft Office Excel 2013. El procesamiento estadístico de los datos se realizó mediante el Software estadístico InfoStat versión 2017 sobre Windows 10.

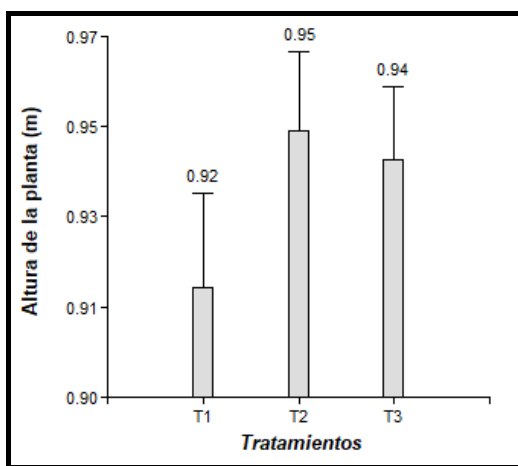


A todos los datos se les realizó la prueba de Shapiro- Wilks modificada para verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad, y la prueba de Levenne para determinar la homogeneidad de varianza (Conover, 1999).

Los datos que cumplieron con los supuestos se les realizó un análisis de varianza de clasificación simple por estadística paramétrica y en caso de diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación de rangos múltiples de media, según Tukey con $p \leq 5 \%$ de probabilidad de error y a los datos que no cumplieron con al menos uno de los supuestos antes mencionados, se les aplicó estadística no paramétrica, usando la prueba de rangos múltiples de Kruskal - Wallis ($p \leq 0.05$) (Di Rienzo *et al.*, 2012).

Análisis de los resultados

La altura de las planta mostró el mayor valor medio 0.95 m cuando el agua de riego se mezcló en proporción de un 50% con los residuales y el menor cuando se realizó al 75% (Figura 1). Entre los tratamientos no se constataron diferencias significativas.



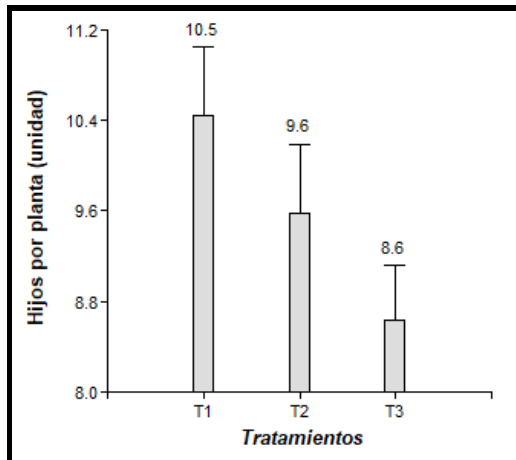
Letras iguales no difieren significativamente para $p \leq 5 \%$ de probabilidad de error.

Figura 1: Respuesta en la altura de la planta de arroz ante la aplicación de diferentes proporciones de mezcla de residuales de la industria azucarera y agua de riego.

De manera muy similar, a la altura de las plantas, para la emisión de hijos por plantas se encontró una tendencia a una mayor cantidad de tallos cuando se empleó el agua de riego



con residuales, el tratamiento al 75% con 10.5 hijos por planta (Figura 2) alcanzó el mayor valor medio, mientras la menor emisión de hijos por la planta se observó en el tratamiento donde se empleó del agua de riego sin mezcla. Para esta variable no se constataron diferencias significativas entre los tratamientos.



Letras iguales no difieren significativamente para $p \leq 5\%$ de probabilidad de error.

Figura 2: Respuesta en la cantidad de hijos emitidos por planta de arroz ante la aplicación de diferentes proporciones de mezcla de residuales de la industria azucarera y agua de riego.

Estas dos variables morfológicas del cultivo están muy relacionadas con la genética varietal así como al empleo de selección negativa durante la obtención de las variedades en los centros de investigación (Ávila *et al.*, 2004). En la investigación estas dos variables alcanzaron valores muy similares a los estándares de la variedad (Maqueira *et al.*, 2006).

Para la variable agro-productiva panículas por m^2 , se observó el mayor valor medio cuando la proporción del agua de riego con residuales se efectuó al 75% con 428 panículas, mientras la menor producción de tallos se reflejó en el tratamiento con agua de riego de la presa (Tabla 1). En lo general para esta variable se constató una respuesta en correspondencia con la emisión de tallos por la planta (Figura 2).

Con la reducción de los volúmenes de residuales existió una respuesta negativa de la planta en lograr la producción de hijos fértiles de manera significativa (Tabla 1), el tratamiento



con 75% de residuales superó de manera significativa a los dos restantes y se encontraron dichas diferencias también entre los tratamientos con 50% de proporción de residuales y cuando se regó con agua procedente de la presa.

Tabla 1: Respuesta del cultivo de arroz en la cantidad de panículas por metro cuadrado, granos llenos por panículas y peso de 1000 granos ante la aplicación de diferentes proporciones de mezcla de residuales de la industria azucarera y agua de riego.

Tratamiento	Pan/m ² (unidad)	Granos llenos/pan. (unidad)	Peso de 1000 granos (g)
T ₁	428 a	105 a	23.96 a
T ₂	388 b	106 a	23.91 a
T ₃	367 c	93 b	23.22 b
<i>E.E</i>	4.76	3.33	1.31
<i>C.V</i>	6.04	16.44	0.06
Letras iguales en misma columna no difieren significativamente $p \leq 5\%$ de probabilidad de error.			

En los granos llenos por panículas se observó una respuesta positiva y significativa con los tratamientos donde el agua de riego fue mezclada con residuales (Tabla 1), sin reflejar diferencias significativas entre tratamientos. La menor cantidad media para esta variable en estudio, 93 granos llenos bien formados, se constató en el tratamiento con riego de agua de la presa (T₃).

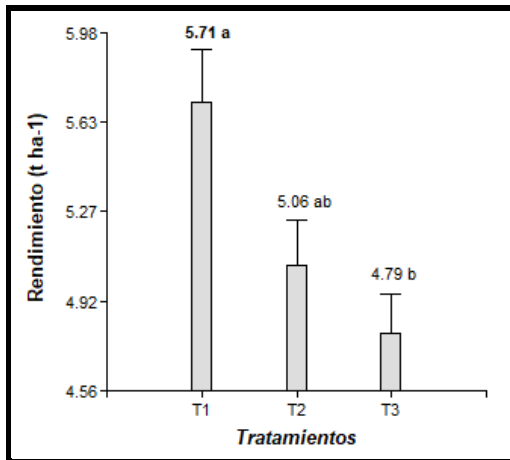
El componente del rendimiento para este cultivo, peso de 1000 granos, evidenció también una respuesta significativa y positiva al empleo de residuales de la industria azucarera (Tabla 1). Los granos más pesados se encontraron en los tratamientos con residuales con valores medios de 23.96 y 23.91 g respectivamente sin alcanzar diferencias significativas entre ellos pero si reflejaron dichas diferencias cuando se regó con agua procedente del embalse Cauto el Paso (T₃).

En lo general para los componentes del rendimiento se encontró una acción significativa al empleo de riego con residuales de la industria. Marcando la mayor respuesta cuando el 75%



del volumen de agua para el riego procedió del embalse de oxidación y con un mayor peso para las panículas por metro cuadrado (Tabla 1).

El rendimiento agrícola reflejó una respuesta positiva y significativa al empleo de residuales al 75% con el agua de riego (Figura 3).



Letras iguales no difieren significativamente para $p \leq 5\%$ de probabilidad de error.

Figura 3: Respuesta en el rendimiento agrícola del cultivo de arroz ante la aplicación de diferentes proporciones de mezcla de residuales de la industria azucarera y agua de riego.

Conclusiones

1. El arroz, variedad INCA LP - 5, mostró una respuesta positiva y significativa en las panículas por metro cuadrado, los granos llenos, peso de 1000 granos y el rendimiento agrícola ante la aplicación de la mezcla del agua de riego con residual de la industria azucarera.
2. Con la aplicación de la mezcla del agua de riego con residuales a un 75% se reflejó un incremento significativo en la cantidad de panículas por metro cuadrado, los granos llenos por panículas, el peso de 1000 granos y el rendimiento agrícola del cultivar INCA LP - 5.



Recomendaciones

Emplear la mezcla del agua de riego proveniente de la presa Cauto del Paso con residuales de la industria azucarera del central “Arquímedes Colina” a un 75% para áreas del cultivo del arroz.



Referencias bibliográficas

- Ávila, J., González, L. M. y Obiol, T. (2004). Evaluación de variedades de arroz en la zona oriental de Cuba. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 15 (1), pp. 17-24.
<https://archivo.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/user/>
- Baird, R., Eaton, A. y Rice, R. Eds. (2017). *Standard Methods for the examination of Water and Waste Water*. American Public Health.
- Castillo, J.G., Balarenzo, L.D., Vines, M.B. y Zambrano, H.A. (2020). Alternativa en la estabilización de lodos provenientes de plantas de tratamientos de aguas residuales. *Revistas de Investigaciones Energías, Medio Ambiente y Tecnología*, 5 (1), p. p 23-27. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Rieimat/article/view/2499>
- Conover, W. J. (1999). *Practical Nonparametric Statistics*. Overview.
- Degiovanni, V., Martínez, C. y Motta, F. (2010). *Producción Eco-Eficiente del Arroz en América Latina*. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L. A. (2012). *InfoStat versión 2012*. Centro de Transferencia InfoStat,
- FAO (2024, 15 de mayo). *Perspectivas alimentarias. Resúmenes de Mercado*.
<http://www.fao.org/about-org-chart/en/>
- Guerra, G. Bronw, O., Melo, B., Hernández, A., Martínez, M.E. y Donis, E. (2023). Reutilización de aguas residuales urbana depurada de una laguna de estabilización con fines de riego. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 32 (4), p.p. 12-44.



http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS2071-00542023000400004.

Hernández, J. A.; Pérez, J. J. M.; Bosch, I. D. y Castro, S. N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

Infoagro (2018, 12 de octubre). *El cultivo del Arroz*.
<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>

León, M. y Ron, R. (2016). *Análisis de la producción y comercialización del arroz de pequeños y medianos agricultores en el cantón Samborondóm*. ECOTEC.

Maqueira, L. A., Torres, W., Morejón, R. y Ruiz, M. (2006). Relación del crecimiento y rendimiento de la variedad inca lp-5 sometida a los principios básicos del sistema intensivo del cultivo del arroz (sica). *Revista Cultivos Tropicales*, 27 (4), pp. 43-47.
<https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/download/353/pdf/985>

Mendoza, H. E.Loor, A. C. y Vilema, S. F. (2019). El arroz y su importancia en los emprendimientos rurales de la agroindustria como mecanismo de desarrollo local de Samborondón. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(1), p.p. 324-330.
<http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

Mendoza, S.S., Cervantes, M.G., Valenzuela, A.A., Guzman, T.L., Orona, I. y Cervantes, T.J. (2019). Uso potencial de las aguas residuales en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(1), p.p. 115-126.
<http://doi.org/10.15174.au.2019.2117>

Navarrete, J. (2017). *El mercado del arroz*. <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/El-mercado-del-arroz-I-20170612-0005.html>



Pérez, M. y Penichet, M. A. (2014). Los rendimientos arroceros en Cuba: propuesta de un sistema de acciones. *Revista Economía y Desarrollo*, 152 (2), pp. 138-154.
<http://scielo.sld.cu/scielo.php>

Vaegas, A.K.N., Calderón, J., Velázquez, D., Castro, M. y Núñez, D.A. (2020). Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticos en Colombia. *Revista Chilena de Ingeniería*, 28(2), p.p. 315-322.
<https://www.scielo.el/scielo.php?pid=S0718-33052020000200315&script=sci-aetext>.

