

## Original

### **Efecto de la ceniza procedente de la industria azucarera en los primeros estadios del crecimiento de diez variedades de arroz (*Oryza Sativa L.*)**

**Effect of ash from the sugar industry in the early stages of the growth of ten rice varieties (*Oryza sativa L.*)**

M. Sc. Irenia Aguilera Garcés, Agrónoma, Asistente, Universidad de Granma,  
Cuba, [igarcesa@udg.co.cu](mailto:igarcesa@udg.co.cu)

Ing. Oandis Sosa Sánchez, Agrónomo, Universidad de Granma, Cuba,  
[oandis.sosa@gmail.com](mailto:oandis.sosa@gmail.com)

M. Sc. Elio Francisco Macías Núñez, Licenciado en Agronomía, Auxiliar, Universidad  
de Granma, Cuba, [emaciasn@udg.co.cu](mailto:emaciasn@udg.co.cu)

## RESUMEN

Con el objetivo de contribuir al incremento del rendimiento del cultivo del arroz a través del uso de fuentes inorgánicas de fertilización con un mínimo de gastos y de contaminación se desarrolló el siguiente experimento. Se evaluó el efecto de la ceniza procedente de la industria azucarera en la germinación y en los primeros estadios del crecimiento del cultivo del arroz en 10 variedades. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 5 repeticiones y a los datos recopilados se les aplicó un análisis de varianza simple y prueba de Rangos Múltiples de Tukey. Los resultados fueron sometidos a un Análisis Multivariado de Conglomerado Jerárquico de ligamiento completo, en base a una matriz de distancia Euclidiana, con el objetivo de delimitar agrupamientos de variedades en base a los niveles de respuesta a la aplicación de ceniza como resultado de la combustión del bagazo de caña. Estos arrojaron la formación de 5 grupos que caracterizan a las variedades en de mayor, intermedio y menor respuesta a la aplicación de ceniza durante los primeros estadios de crecimiento. Se demostró que existe una dependencia lineal significativa y positiva entre las dosis de ceniza y las variables evaluadas. La ceniza no produjo efecto alguno en la variable de germinación.

**PALABRAS CLAVES:** arroz; ceniza; fertilización; inorgánica

## ABSTRACT

With the objective of contributing to increase the rice cultivation yield through the use of inorganic sources of fertilization with minimum of expenses and contamination, two experiments were developed. In the laboratory experiment, the effect of ashes coming from the sugar industry was evaluated in the germination and in the first stages of the rice cultivation growth in 10 varieties. A design was utilized randomized with 5 repetitions and to the compiled data were

applied a simple analysis of variance and Multiples of Tukey tries of Range. Results were submitted to Hierarchic Conglomerado's Multivariate Analysis of complete tying, on the basis of Distancia Euclidiana's womb, for the sake of delimiting groups of varieties on the basis of the levels of answer to the application of ash as a result of the combustion of the waste pulp of cane. The results allow the formation of five g rroups that characterize the varieties in bigger, intermediate and smaller answer to the application of ashes during the first stages of growth. It was demonstrated that a significant lineal and positive dependence exists between the doses of ashes and the evaluated variables. The ashes didn't produce any effect in the germination variable.

**KEY WORDS:** rice; ash; inorganic; fertilizer

## **INTRODUCCIÓN**

El arroz es uno de los cultivos de mayor importancia dentro del sector agrícola mundial, no solo por su magnitud económica, sino también por su importancia alimentaria. El Departamento de Agricultura de Estados Unidos estima que la producción mundial de arroz 2016/2017 sería de 483, 26 millones de toneladas, lo que significa un incremento de 11,17 millones de toneladas o un 2.37% en la producción de arroz en el mundo. (USDA, 2016)

Un significativo aumento exhibe los rendimientos del arroz en Granma a partir de la introducción de variedades genéticas y la aplicación de una nueva metodología para la fertilización y organización de la cosecha. Los científicos de la Estación Territorial de Investigaciones del Arroz, ubicada en Jucarito, municipio de Río Cauto proponen una alternativa de fertilización por el método de balance de nitrógeno, fósforos y potasio (Pérez, 2008).

Se confirma que unas 10 mil hectáreas del cultivo se benefician con el método de balance de nitrógeno, fósforos y potasio en el Complejo agroindustrial arrocero Fernando Echenique de Granma. La alternativa, extendida actualmente a todas las unidades productoras de Cuba, ahorra cada seis mil hectáreas sembradas, entre 100 y 150 toneladas de fertilizantes básicos como el fósforo y la urea (Pérez, 2008).

Todo proceso de obtención de energía implica la generación de un residuo, incluso si la materia que sirve de combustible es ecológica. Es lo que ocurre con la biomasa que utiliza compuestos orgánicos como fuente energética a través de la combustión. Esta quema genera unos residuos que suponen un problema ambiental. No obstante, esos montones de cenizas pueden convertirse en abono porque todo puede reutilizarse. Así lo han concebido científicos de la Estación Experimental del Zaidín, ubicada en Granada (CSIC, 2004).

Las cenizas constituyen un fertilizante inorgánico de reconocido y demostrado aportes de

minerales duradero hasta cinco años en los cultivos agrícolas (Rodríguez, 2006). Estas presentan contenidos importantes de diferentes nutrientes como K, P, Mg y Ca, los cuales se encuentran en formas relativamente solubles (Someshwar, 1996; Vance, 1996).

En Cuba la ceniza procedente del bagazo de caña se obtiene como residuo de la combustión en los centrales azucareros y se puede utilizar como fertilizante inorgánico para evaluar el efecto en el rendimiento y sus componentes del cultivo del arroz, partiendo de los escasos resultados existentes en la literatura científica de nuestro país. Planteamos así el siguiente objetivo evaluar el efecto de la ceniza procedente de la industria azucarera en la germinación y en los primeros estadios del crecimiento del cultivo del arroz en 10 variedades.

### **POBLACIÓN Y MUESTRA**

La investigación se realizó en la Universidad de Granma, Bayamo, en el mes de noviembre de 2014. Se seleccionaron semillas de 10 variedades de interés agrícola.

Variedades estudiadas, procedencia y ciclo.

No	Variedad	Procedencia	Ciclo
1	Reforma	Taiwán	Corto
2	IAC25	Cuba	Corto
3	IAC27	Cuba	Corto
4	IAC28	Cuba	Medio
5	IAC36	Cuba	Medio
6	Lp-5	Cuba	Corto
7	Lc8866	Vietnam	Medio
8	Selección-1	Cuba	Medio
9	J-104	Cuba	Medio
10	IAC40	Cuba	Medio

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se colocaron 10 semillas a germinar por cada placa petri de 8.6 cm de diámetro con papel de filtro humedecido, aplicándole 10 ml de agua destilada y varias concentraciones de ceniza durante 15 días. La temperatura durante el desarrollo del experimento fue de 30°C.

El experimento se cosechó a los 15 días después de germinadas las semillas, momento en que

se determinó la respuesta a la aplicación de ceniza utilizando las variables, altura de la plántula (AP) longitud de la radícula (LR) y acumulación de masa seca de la planta (MS), con la siguiente ecuación.

$$IR=100(TC/TC^+)$$

- Donde IR es índice de respuesta.

TC<sup>+</sup> es el tratamiento con ceniza.

TC es el tratamiento control.

Dosis de ceniza aplicadas:

- I. Control (sin ceniza).
- II. 5g.l de ceniza.
- III. 10g.l de ceniza.
- IV. 15g .l de ceniza.
- V. 20g.l de ceniza.

Para la germinación (%) se calculó el porcentaje de semillas germinadas, a través del conteo de las semillas y este indicador se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ germinación} = \frac{\text{No. semillas germinadas}}{\text{No. Total de semillas}} \times 100$$

El criterio de germinación que se tuvo en cuenta fue a partir de 1 mm de radícula emitida.

Para la altura de las plántulas (cm) y longitud de la radícula (cm) se midieron 250 plántulas desde la base del tallo hasta su ápice y su cornia respectivamente, empleando una cinta milimetrada (*MEASURE*) de 2.0 metros con un margen de error de medición de 0, 00001 metros. Una vez medido los parámetros se colocaron en bolsas de papel y se situaron en una estufa de secado (Binder) a una temperatura de 105°C durante 48 horas hasta obtener su deshidratación completa. Posteriormente se pesaron en una balanza técnica (*Sartorius* CP64-OCE con un error de 0,001g), el peso fue expresado en gramos de materia vegetal seca.

Procesamiento estadístico:

Los resultados fueron sometidos a un Análisis Multivariado de Conglomerado Jerárquico de ligamiento completo, en base a una matriz de Distancia Euclidiana, con el objetivo de delimitar agrupamientos de variedades en base a los niveles de respuesta a la aplicación de ceniza como resultado de la combustión del bagazo de caña.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 5 repeticiones y a los datos recopilados se les aplicó un análisis de varianza simple y prueba de Rangos Múltiples de Tukey.

Se determinó el grado de dependencia entre, la altura de la plántula y la longitud de la radícula, así como la masa seca, con las dosis de ceniza utilizadas, mediante un análisis de regresión lineal simple. A partir de las ecuaciones obtenidas fue calculada la dosis de incremento del 50 % en las variables antes mencionadas.

### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Efecto de la ceniza en la germinación y algunas variables del crecimiento en las diez variedades de arroz estudiadas.

La aplicación de ceniza no tuvo efecto en el porcentaje de germinación en el cultivo del arroz bajo condiciones controladas, al no existir significación entre los tratamientos empleados y el control; al parecer en esta etapa del desarrollo del cultivo, influyen mecanismos fisiológicos probablemente enlazados con los primeros ciclos de división celular en el embrión de las semillas, los cuales le permiten a la planta desarrollarse a partir de sus propias reservas (Tabla 1).

Tabla 1. Comportamiento del porcentaje de germinación (%) en las variedades de arroz (Lp- 5, IAC- 25, IAC- 36, IAC- 28, IAC- 27, Selección- 1, Reforma, IAC- 40, J-104 y LC8866) en los diferentes tratamientos.

Variedades	control	T1	T2	T3
Reforma	100	100	100	100
IAC-25	100	100	100	100
IAC-27	100	100	100	100
IAC-28	100	100	100	100
IAC-36	100	100	100	100
IAC-40	100	100	100	100
Lp-5	100	100	100	100
LC8866	100	100	100	100
J-104	100	100	100	100
	NS	NS	NS	NS

Moreira, (2008) no tuvo un efecto significativo al aplicar ceniza de bagazo de caña en 4 dosis diferentes (0, 5, 10 y 15 g de ceniza. 500 ml de agua destilada) en el cultivo del pepino, analizando el parámetro del porcentaje de germinación en condiciones de laboratorio.

El análisis de Conglomerados Jerárquico de Ligamiento Completo basado en la distancia euclidiana permitió reunir a las variedades en cinco grupos, indicando la existencia de variabilidad para la respuesta a la aplicación de ceniza (Figura 1) Este resultado permitirá

discriminar el material con menos perspectiva para el establecimiento en el campo, trayendo un considerable ahorro de materiales; tiempo, recursos humanos y seguridad en las cosechas.

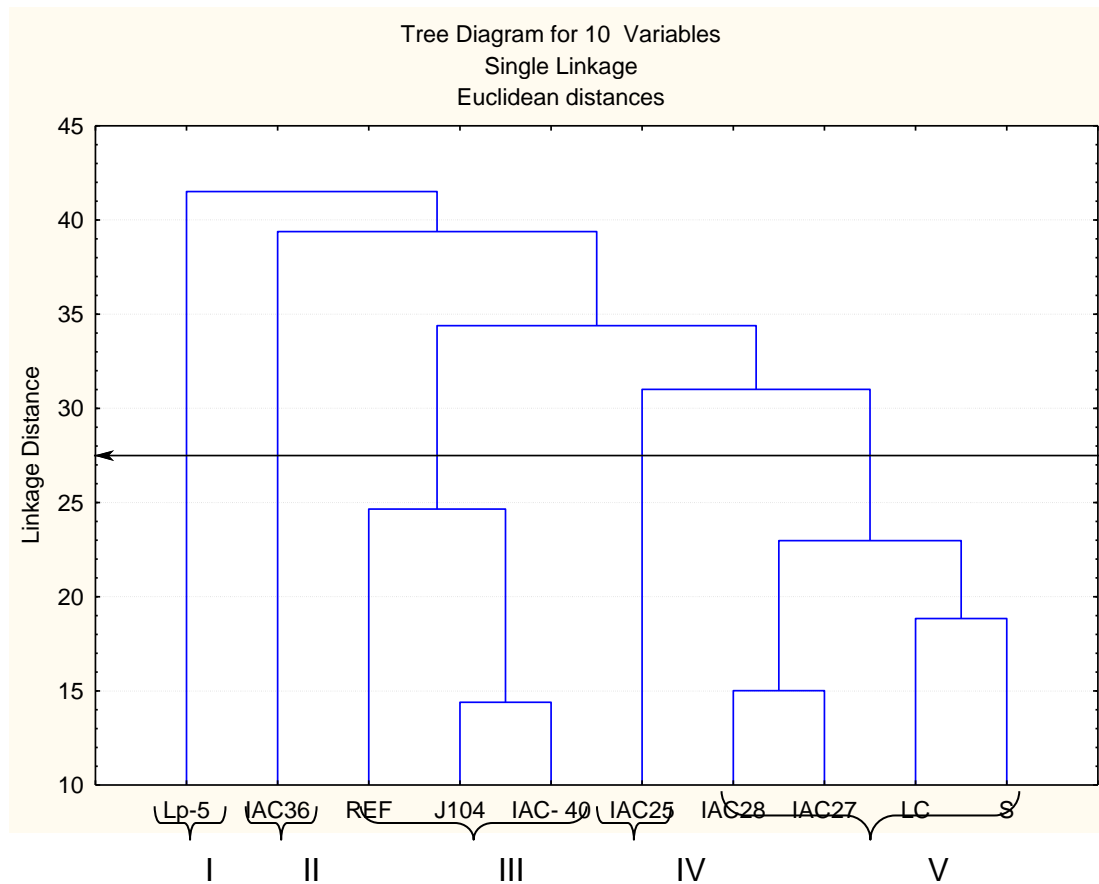


Figura 1. Dendrograma de agrupamiento de las variedades de arroz evaluadas de acuerdo a su respuesta a la aplicación de ceniza.

En el tercer grupo se encuentran las variedades REFORMA, IAC- 40 y J-104 con los mayores valores promedios en los índices de respuesta a la aplicación de ceniza (Tabla 2), para la altura de la plántula (AP), longitud de la radícula (LR) y materia seca de la plántula (MS) seguido del grupo IV con la variedad IAC- 25 donde los mayores índices de respuesta se encontraron en la longitud de la radícula, por lo cual se pueden clasificar como con buena respuesta a la fertilización con cenizas debido a que los aportes de fósforo (P) estimulan el desarrollo radicular de la planta (Azcón, 2008).

El grupo V, integrado por las variedades (IAC- 28, IAC 27, SELECCIÓN y LC8866) es un grupo intermedio, ubicándose los valores medios en las variables evaluadas.

El grupo II, integrado por la variedad (IAC- 36) y el grupo I con la Lp-5 con los menores aportes promedios, pudiéndose clasificar como los de menor respuesta a la fertilización con ceniza.

Tabla 2. Valores promedios de la respuesta a la aplicación de ceniza sobre la base de la altura de la plántula (A.P),

## longitud de la radícula (L.R) y materia seca (M.S).

G	Var	AP				LR				MS			
		5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
I	LP-5	37.2	38.6	27.8	20.4	20.9	19.2	20.2	21.4	23.7	34.1	35.3	31.7
II	IAC-36	40.5	39.7	28.2	23.6	20.2	21.7	23.8	22.1	28.9	34.4	35.6	30.2
	J-104												
III	IAC40	53.6	55.4	57	57.9	25.7	28.5	31.6	26.4	42.3	44.2	46.4	45.7
	Reforma												
IV	ICA-25	52.3	54.6	55.4	58.8	24.7	29.1	31.4	25.9	36.8	35.4	38.2	33.1
	Selección												
V	LC 8866												
	IAC27	50.6	51.2	53.4	55.6	20.4	23.9	25.1	22.8	35.7	34.6	35.9	30.8
	IAC28												

Al evaluar las relaciones entre la respuesta a la fertilización con ceniza y la altura de la plántula (AP), longitud de la radícula (LR) y materia seca de la plántula (MS) en los grupos evaluados (tabla 3 y 4) se puede observar que existe una marcada dependencia en las variedades, ajustándose a una ecuación lineal, positiva y significativa, además de observarse tendencias al incremento en las dosis de ceniza que no inhiben las diferentes variables al 50 %.

Tabla 3. Relación entre la ceniza y las variables de crecimiento durante las primeras etapas de desarrollo de las variedades del grupo III (de mayor respuesta a la aplicación de ceniza). (\*\* Indica significación para  $p \leq 0.01$ )

Variedades	Indicadores	Ecuaciones de regresión	de r	R <sup>2</sup>	DI-50%
IAC- 40	AP	Y=83.39-4.219x	0.67**	0.45	7.91
	LR	Y=35.30-1.423x	0.38**	0.14	10.3
	MS	Y=51.54+0.5920x	0.15*	0.02	2.60
J-104	AP	Y=77.145-3.469x	0.65**	0.43	7.82
	LR	Y=31.405-0.747x	0.20**	0.41	24.8
	MS	Y=49.28-1.565x	0.44**	0.19	0.46
REFORMA	AP	Y=73.565-3.900x	0.68**	0.46	6.04
	LR	Y=29.36-0.6880x	0.20**	0.42	30.0
	MS	Y=35.20-0.2020x	0.35**	0.12	73.2

Tabla 4. Relación entre la ceniza y las variables de crecimiento durante las primeras etapas de desarrollo de la variedad

del grupo I (de menor respuesta a la aplicación de ceniza). (\*\* Indica significación para  $p \leq 0.01$ )

Variedad	Indicadores	Ecuaciones de regresión	r	R <sup>2</sup>	DI-50%
LP-5	AP	$Y=55.64-7.700x$	0.83**	0.70	0.73
	LR	$Y=24.170-90.742x$	0.788**	0.62	34.8
	MS	$Y=30.09-2.103x$	0.88**	0.78	9.47

Al evaluar la acumulación de materia fresca y seca en la lechuga observaron (Alvares y Chiluisa, 2008) la estimulación producida por la aplicación de cenizas en este cultivo, lo que está en correspondencia con lo reportado por diversos autores que señalan el efecto beneficioso de la aplicación de cenizas en diferentes cultivos como son: alfalfa, cebada, avena y plátano (Meyer and Kopecky, 1998), Krejzl y Seanlon, 1996 y Etiegni *et al.*, 1991).

Moreira, (2008) plantea que la aplicación de ceniza como fertilizante inorgánico en el estado vegetativo de la planta de pepino, constituye una alternativa efectiva para lograr incrementos significativos en algunos indicadores morfo fisiológicos de la misma.

## CONCLUSIONES

1. En el experimento de laboratorio no se produjo ningún efecto en la variable porcentaje de germinación al aplicarle ceniza, lo que demuestra que la planta puede desarrollarse a partir de sus propias reservas. Existe una dependencia lineal, positiva y significativa entre la respuesta a la fertilización con ceniza y la altura de la plántula (AP), longitud de la radícula (LR) y materia seca (MS).
2. Se formaron cinco grupos teniendo como base el índice de respuesta a la aplicación de ceniza estos permiten hacer una clasificación varietal en base al crecimiento y sus componentes, donde las variedades del grupo III (REFORMA, IAC- 40 y J-104), clasificaron como de mayor respuesta. Las del grupo V (IAC- 28, IAC 27, SELECCIÓN y LC8866) clasificaron como intermedio, y la variedad Lp- 5 en el grupo I, como la de menor respuesta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, M. y Chiluisa, L. (2008). Evaluación del efecto de la ceniza de caña de azúcar, en una secuencia de cultivos hortícolas en condiciones de organopónicos. Trabajo de



Diploma en Ciencias Agropecuaria y Forestal. Granma. CUBA-ECUADOR.

- Azcón, J (2008) Fundamento de fisiología vegetal. Segunda edición. Publicaciones y Ediciones. Universidad de Barcelona. Pág 67.
- CSIC (2004). Expertos aplican las cenizas procedentes de la obtención de biomasa como fertilizante para los suelos. Visitado (18 de noviembre del 2008). Disponible en el URL: <http://www.electronicafacil.net/ciencia/Article7170.html> Consultado el 11/1/09
- Etiégni, L. y Campbell, A. G. (1991). Physical and chemical characteristics of wood ash. *Bioresour. Technol.* 37, 173-178.
- Krejzl, J. T, Scanlo. (1996) Evaluation of beneficial use of Wood-fired boiler ash on oat and bean growth. *J. Environ. Qual.* 25: 950 – 954.
- Meyers, N y M, Kopecky. (1998). Industrial wood ash as a soil amendment for crop production. *Tappi J.* 81: 123 – 130.
- Moreira O., M.J. (2008). Estudio del efecto de la ceniza de caña de azúcar en indicadores de crecimiento y desarrollo en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus L.*) variedad SS-5. Tesis de grado CUBA-ECUADOR.
- Pérez, A. L. (2008). Por mayor eficiencia en el cultivo del arroz. . Disponible en el URL: <http://www.radiorebelde.com.cu/noticias/economia/economia%202-140108.htm> Consultado el: 6/2/2008.
- Someshwar, A. (1996). Wood and combination wood-fired boiler ash characterisation. *J. Environ. Qual.* 25, 962-972.
- USDA, D. d. (2016) Arroz producción mundial. 2016/2017. Recuperado el 8 de noviembre del 2016. Fuente: [https:// www. Produccionmundialarroz.com/](https://www.Produccionmundialarroz.com/) Consultado: septiembre 2017
- Vance E.D. (1996). Land application of wood-fired and combination boiler ashes: an overview. *J. Environ. Qual.* 35, 937-944.