

## EFFECTO DE APLICACIONES DE SILICIO SOBRE EL CONTROL DE PIRICULARIA Y EL RENDIMIENTO EN ARROZ\*

Joaquín Sanabria Rodríguez\*\*  
Gustavo Ruiz Ponce

### 1. RESUMEN

El arroz es un cultivo que toma grandes cantidades de silicio, pero parece que los suelos degradados de los Llanos Orientales de Colombia no tienen la suficiente disponibilidad de este elemento.

Se llevó a cabo durante el segundo semestre de 1980, un experimento de campo en la Estación Experimental La Libertad en Villavicencio (Meta), en el que se evaluaron tres fuentes silicatadas a tres dosis cada una y sobre tres variedades de arroz. Las fuentes empleadas fueron cascarilla de arroz (20% de SiO<sub>2</sub>), cenizas de cascarilla de arroz (90% de SiO<sub>2</sub>) y meta-silicato de sodio (98% de SiO<sub>2</sub>). Las dosis fueron 0 ppm, 30 ppm y 80 ppm de SiO<sub>2</sub>. Las variedades fueron Cica-9 susceptible a *Pyricularia oryzae* Cav., Cica-4 medianamente resistente a *Pyricularia* y Cica-8 resistente a esta enfermedad.

Se buscó evaluar los efectos de aplicaciones de silicio sobre la resistencia mecánica a *Pyricularia*, reportada por numerosos autores japoneses (5; 6; 7; 8; 9; 10; 14; 15; 16). De otra parte cuantificar el rendimiento y la absorción de fósforo y silicio como una respuesta del arroz a las aplicaciones de silicatos solubles.

Las fuentes, lo mismo que las dosis, no presentaron diferencias significativas. Las variedades fueron diferentes ( $P < 0,01$ ), probablemente debido a su diferente adaptación a las condiciones ambientales, pero no como respuesta a los tratamientos aplicados.

Se considera que los anteriores resultados se deben a un campo de exploración muy reducido, pues aún la dosis máxima de 80 ppm, es baja para esperar respuesta. También cabe la posibilidad de que en los suelos de la serie La Libertad no haya deficiencia de silicio, lo cual habría que probar mediante análisis en el suelo, como punto de partida para futuros experimentos.

### 2. INTRODUCCION

A pesar de que el arroz es el cultivo anual con mayor área sembrada y el que mayor nivel tecnológico ha alcanzado en Colombia, los excedentes del mercado interno, no son de fácil comercialización en el exterior, debido a que los altos costos de producción no lo hacen competitivo en el mercado internacional.

Una de las regiones más promisorias para el cultivo en nuestro país, es la de los Llanos Orientales; por la fácil mecanización y el relativo bajo costo de la tierra. Con todo y esto los costos de producción son bastante altos dadas las grandes inversiones en fungicidas para el control de *Pyricularia*, enfermedad que se ve favorecida por las condiciones ecológicas de la región y por la gran inversión en fertilizantes y correctivos que requieren estos suelos.

Con el propósito de contribuir a la investigación que persigue disminuir estos costos se desarrolló este trabajo con los siguientes objetivos particulares:

\* Contribución de la División de Estadística y Biometría, del Instituto Colombiano Agropecuario - ICA.

\*\* I.A. Sección Métodos Estadísticos. Apartado Aéreo 151123 Eldorado, Bogotá - Colombia. I.A. Departamento Técnico. SUN - FLOWER.

- Evaluación del efecto de aplicaciones de silicio sobre la resistencia a *Pyricularia oryzae* (Cav.) en hoja y en cuello de la panícula.
- Observación del efecto del silicio sobre la absorción de fósforo por la planta.
- Determinar la influencia de aplicaciones de silicatos sobre la acumulación de silicio en los tejidos de la planta (hojas y panículas).
- Determinación de la respuesta en rendimiento a aplicaciones de silicio como un efecto de la resistencia a *Pyricularia*, y aumento en la absorción de fósforo.

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

El silicio es el principal componente del suelo. Sin embargo, este elemento es de poca disponibilidad para las plantas en los suelos degradados y altamente evolucionados, donde se encuentra en formas resistentes a la meteorización, (Imazumi y Yoshida, 1958). Este es el caso de los suelos de los Llanos Orientales de Colombia, formados a partir de sedimentos de la Cordillera Oriental. La planta de arroz absorbe altas cantidades de silicio alcanzando niveles superiores al 10% de su peso total, (Okuda y Takahashi, 1961, 1964).

Algunas variedades resistentes a *Pyricularia* contienen mayores cantidades de silicio que variedades susceptibles, (Irri, 1964). El grado de resistencia incrementa en proporción a la cantidad de silicatos aplicados y también a la cantidad de silicatos acumulados en la planta de arroz, (Suzuki, 1962). Un experimento realizado en Carimagua por el CIAT en 1973, mostró incrementos significativos en rendimiento de IR8 cuando se aplicaron dosis no mayores de 3 ton/ha de SiO<sub>2</sub>, en forma de cascarilla de arroz y ceniza de la cascarilla. Solo se evaluó el rendimiento y por lo tanto quedó el interrogante sobre el efecto del silicio en el control de la *Pyricularia*, en la absorción de fósforo en la toxicidad por hierro y manganeso entre otros.

Se ha observado que las deficiencias de fósforo disminuyen con las aplicaciones de silicatos solubles en suelos deficientes en fósforo asimilable, gracias al desplazamiento que hace el ión silicato del fosfato en la molécula fijadora de fósforo, (Imazumi y Yoshi-

da, 1958; Okuda y Takahashi 1961; Veda, Yamaoka y Hashimura, 1956). Los suelos de los Llanos Orientales tienen una alta capacidad de fijación de fósforo en su mayor parte por hidróxidos de hierro (Sánchez y Owen, 1974).

Las plantas de arroz desarrolladas en ausencia de silicio presentaron síntomas de toxicidad por hierro, síntomas que desaparecieron cuando se le suministró silicio. Parece que los silicatos evitan la absorción excesiva de hierro y manganeso. (Okuda y Takahashi, 1964).

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. LOCALIZACIÓN

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental La Libertad, Villavicencio (Meta), durante el segundo semestre de 1980, en un suelo de sabana de terraza media cuyas características se muestran en la tabla 1. Posee texturas franco arcillosas y franco arenosas, pH extremadamente ácido, contenidos de fósforo y cationes intercambiables bajos y aluminio intercambiable alto, características que arrojan como resultado una fertilidad baja.

La Libertad se encuentra a 300 m.s.n.m., tiene una precipitación promedia anual de 2.200 mm, humedad relativa de 75% y temperatura de 27°C que sumadas a otras condiciones ambientales como alta nubosidad, cambios bruscos de temperatura entre día y noche hacen la región ideal para el desarrollo del hongo *Pyricularia oryzae*, (Cav.).

### 4.2. METODO EXPERIMENTAL

Para establecer las relaciones entre el silicio y el arroz antes mencionadas, se utilizaron tres fuentes silicatadas: cascarilla de arroz (21% SiO<sub>2</sub>), ceniza de cascarilla de arroz (90% SiO<sub>2</sub>) y metasilicato de sodio (98% SiO<sub>2</sub>), cada fuente en las dosis de 0, 30 y 80 ppm de SiO<sub>2</sub>. Se usaron tres variedades de arroz sembradas en riego Cica-9 (susceptible a *Pyricularia*) Cica-4 (tolerante a *Pyricularia*) y Cica-8 (resistente a *Pyricularia*).

Las aplicaciones fueron hechas al voleo y fraccionadas en dos aplicaciones una al momento de la siembra y la otra a los 60 días de sembrado el arroz. La

TABLA 1. Características químicas y físicas de un suelo de terraza media de la Estación Experimental La Libertad.

Textura	pH	MO %	P	Miliequivalentes por 100 g					
				Al	Ca	Mg	K	Na	CIC
F. Ar. A.	4,5	2,73	4,85	2,85	0,60	0,36	0,24	0,20	3,98

cascarilla de arroz fue aplicada toda a la siembra, debido a su lenta descomposición. Cada parcela constaba de 8 surcos de 5 metros de longitud separados entre sí por 30 cm.

El experimento se sembró en un diseño de parcelas sub-subdivididas con cuatro repeticiones, la parcela principal formada por las dosis, la subparcela por las fuentes y la sub-parcela por las variedades; aunque no era la distribución ideal, se escogió por ser la más adecuada para repartir el riego sin ocasionar arrastres de parcela a parcela.

Se tomó la siguiente información:

- Infección de *Pyricularia oryzae* Cav. en hoja: utilizando la escala de Horsfall y Barratt (3) graduada de 1-12, se obtuvo la severidad de la enfermedad, promediando la evaluación en cinco sitios.
- Infección de *Pyricularia* en cuello de panícula: se midió como el porcentaje de panículas afectadas al tomar cincuenta de ellas al azar en cada unidad experimental.
- Contenido de fósforo en hoja bandera: se tomaron veinte hojas banderas al azar y se cuantificó por colorimetría en porcentaje.
- Contenido de SiO<sub>2</sub> en panícula: se tomaron veinte panojas al azar de cada unidad experimental y se halló su porcentaje de SiO<sub>2</sub> por gravimetría.
- Rendimiento, se pesó la producción de arroz-paddy en cada unidad experimental y fue expresada en kilogramos por hectárea (kg/ha).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Efecto sobre *Pyricularia oryzae* Cav.

La tabla 2 expresa los cuadrados medios del análisis de variancia para *Pyricularia* en la hoja y en el cuello de la panícula, donde se observa que solo hubo diferencias significativas entre variedades tanto para *Pyricularia* en hoja como en cuello de panícula. Las figuras 1 y 2 permiten ver que Cica-8 fue la de menor ataque y que Cica-4 y Cica-9 no presentaron diferencias significativas en ninguna de las dos estructuras.

Es evidente que las diferencias altamente significativas que se presentaron son efectos varietales y en ningún momento es respuesta diferencial de las variedades al tratamiento, si se tiene en cuenta que no hubo diferencias significativas entre 0 ppm y 80 ppm de SiO<sub>2</sub> y que aún la dosis máxima es bastante baja dadas las grandes cantidades de silicio requeridas por el arroz, que llega a absorber este elemento hasta en un 10% del peso de la planta, (7; 9). Cabe señalar que durante el desarrollo del cultivo experimental las condiciones ambientales de baja precipitación, baja humedad relativa y cielo despejado no favorecieron el desarrollo de la enfermedad, situación no ideal para evaluar el efecto de cualquier tratamiento sobre *Pyricularia*. Aún Cica 9, variedad reconocida como de gran susceptibilidad mostró ataques de *Pyricularia* bastante bajos, 2,01 (escala 1-12) en hoja y 2,46% en cuello de panícula.

### 5.2. EFECTO SOBRE LA ABSORCION DE FOSFORO

En la tabla 2 se puede observar que para las fuentes, las dosis y las interacciones no hubo diferencias

TABLA 2. Cuadrados medios del análisis de variancia para las variables: *Pyricularia* en hoja, *Pyricularia* en cuello de panícula, contenido de fósforo en hoja, contenido de SiO<sub>2</sub> en panícula, contenido de SiO<sub>2</sub> en hoja y en rendimiento.

F. de V.	G.L.	Pyricularia en hoja	Pyricularia en cuello de panícula	Contenido de fósforo en hoja	Contenido de SiO <sub>2</sub> en hoja	Contenido SiO <sub>2</sub> en panícula	Rendimiento
Rep	3	2,077	2,809	0,00026	3,342	1,178	1848213,8
Dosis (D)	2	1,835	0,861	0,000005	3,469	0,391	1122586,1
Error 'A'	6	1,154	3,892	0,00015	3,287	4,342	2799027,5
Fuente (F)	2	0,484	2,437	0,00007	0,387	0,695	50311,1
D*F	4	0,589	2,725	0,00004	0,731	0,238	409645,1
Error 'B'	18	0,333	1,447	0,00010	1,377	1,795	1186778,2
Variedad (V)	2	11,834**	75,062**	0,00140**	14,531**	12,025**	29478452,1**
D*V	4	0,303	0,236	0,00016	0,101	0,304	487601,7
F*V	4	0,092	1,271	0,00002	0,405	1,289	151704,3
D*F*V	8	0,236	0,966	0,00009	1,520	0,384	153161,3
Error 'C'	54	0,316	1,936	0,00014	1,738	0,931	443658,4
C.V.		21,30	83,54	0,15	11,09	13,35	20,00

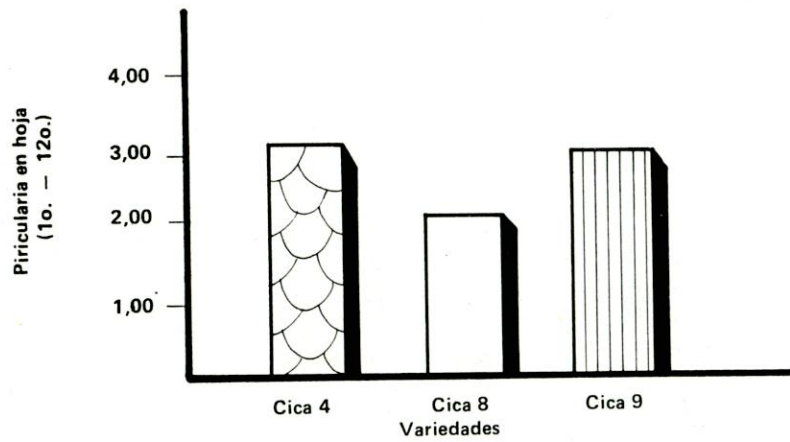


FIGURA 1. Grados de infección de *Pyricularia oryzae* Cav. en hoja, de tres variedades de arroz-riego. Promedios de tres fuentes y tres dosis de silicio. La Libertad - Villavicencio.

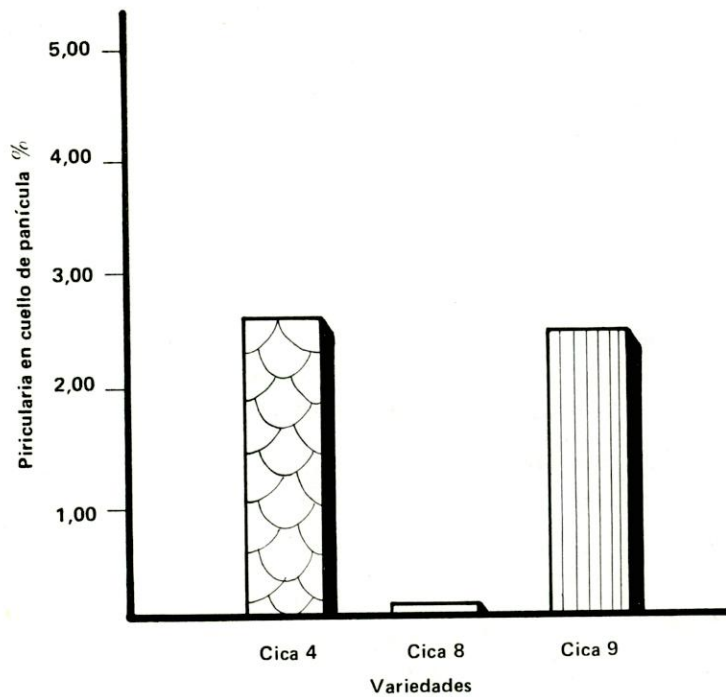


FIGURA 2. Porcentaje de infección de *Pyricularia oryzae* Cav. en el cuello de la panícula de tres variedades de arroz-riego. Promedios de tres fuentes y tres dosis de silicio. La Libertad - Villavicencio.

significativas, las variedades por el contrario muestran diferencias altamente significativas siendo Cica-9 la de mayor contenido de fósforo en hoja bandera con respecto a Cica-8 y Cica-4 y como se observa en la figura 3, las diferencias entre estas dos últimas no fueron significativas.

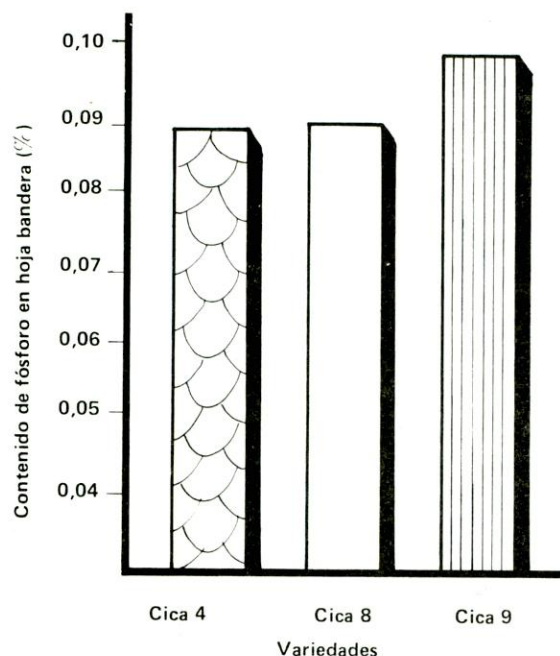


FIGURA 3. Contenidos de fósforo en la hoja bandera de tres variedades de arroz-riego. Promedios de tres fuentes y tres dosis de silicio. La Libertad - Villavicencio.

Al comparar los promedios de contenido de fósforo en hoja bandera de cada variedad con los niveles de la tabla 3, observamos que a excepción de Cica-9 las variedades tienen déficit de fósforo, lo cual puede ser un indicativo de una especial habilidad de esta variedad para absorber fósforo.

TABLA 3. Contenidos de fósforo (%) y sus respectivos niveles en la planta de arroz. Análisis de hojas entre 30 - 60 días de edad.

Contenido	Nivel
Menos de 0,10	Déficit
0,10 - 0,18	Bajo
0,18 - 0,30	Medio
0,30 - 0,40	Alto
Más de 0,40	Exceso

Tomada de Noticias de Coljap. 1979 (1).

La ausencia de respuesta a la dosis de silicio hace presumir que los niveles de silicio aplicados fueron muy bajos, como para que se presentara el fenómeno de desplazamiento de los iones fosfatos por los silicatos en las moléculas fijadoras de fósforo presentes en estos suelos ácidos.

### 5.3. EFECTO SOBRE LA ABSORCIÓN DE SILICIO

Como se observa en la tabla 2, las fuentes y las dosis de silicio, lo mismo que las interacciones no presentaron diferencias significativas, en este caso también se llegó a diferencias altamente significativas entre las tres variedades tanto para el contenido de SiO<sub>2</sub> en hoja como en panícula.

Lo mismo que en las anteriores variables, esta diferencia es efecto varietal, de la cual se puede deducir la diferente habilidad de las variedades para absorber y acumular el silicio, como lo muestran las figuras 4 y 5. Cica-9 fue la de mayores contenidos tanto en hoja como en panículas, y de otro lado esta variedad sufrió el mayor ataque de Piricularia, sin embargo dadas las bajas dosis de silicio aplicadas no se puede concluir nada acerca de la correlación entre el silicio en el tejido vegetal y resistencia a la enfermedad.

### 5.4. EFECTO SOBRE RENDIMIENTO

La tabla 2 de análisis de variancia muestra como solo el rendimiento presentó diferencias significativas entre variedades. En la tabla 4 se observa que Cica-8 fue significativamente superior a Cica-4 y Cica-9, entre estas dos últimas variedades no hubo diferencia significativa; también es posible apreciar la tendencia de la fuente ceniza de cascarilla y de la dosis de 80 ppm de SiO<sub>2</sub> a ser las de mejor efecto sobre rendimiento, tendencias que deben ser examinadas en condiciones de mayor suministro de silicio.

TABLA 4. Promedios de rendimiento para variedades fuentes y dosis.

Factor	Rendimiento (gr/sub-subparcela)	
VARIEDAD	Cica 4	3026,10
	Cica 8	4352,40
	Cica 9	2622,70
FUENTE	Ceniza	3375,90
	Cascarilla	3304,90
	Metasilicato	3320,40
DOSIS	00 ppm	3302,10
	30 ppm	3175,10
	80 ppm	3524,00

La mejor explicación para la diferencia significativa entre variedades es la diferente adaptación que han venido mostrando estos materiales a las condiciones de los Llanos Orientales.

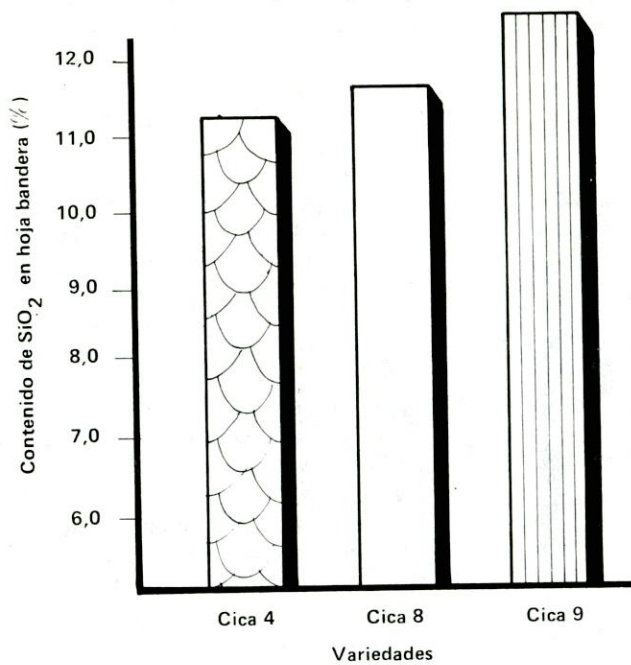


FIGURA 4. Contenidos de SiO<sub>2</sub> en hoja bandera de tres variedades de arroz-riego. Promedios de tres fuentes y tres dosis de silicio. La Libertad - Villavicencio.

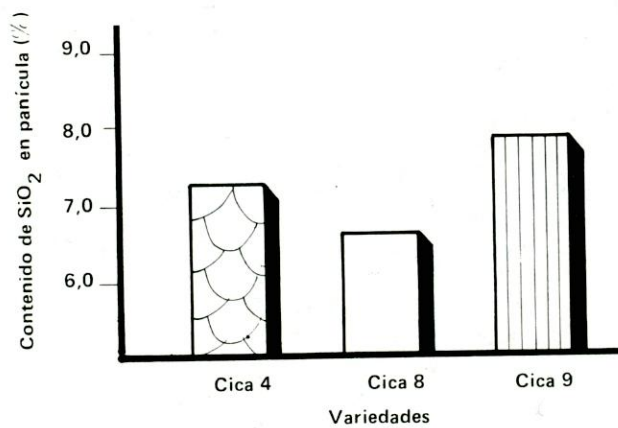


FIGURA 5. Contenidos de SiO<sub>2</sub> en panícula de tres variedades de arroz-riego. Promedios de tres fuentes y tres dosis de silicio. La Libertad - Villavicencio.

Parece que los efectos esperados sobre resistencia a *Piricularia*, absorción de fósforo y de silicio y sobre rendimiento no se presentaron por la utilización de un campo de exploración muy reducido, 0 ppm a 80 ppm de  $\text{SiO}_2$ , rango que se escogió sin tener en cuenta que las dosis similares a las utilizadas en este experimento, que son reportadas en la literatura son mantenidas constantes a lo largo de todo el ciclo del cultivo de arroz (4), situación muy diferente a la presentada en este ensayo, en el cual, los niveles de silicio aplicados al suelo están sometidos a pérdidas.

De otra parte sigue pendiente el interrogante de si los suelos de los Llanos Orientales y particularmente los suelos de la serie La Libertad son deficientes en formas disponibles de silicio, como para esperar respuesta del arroz a las aplicaciones de silicatos solubles.

Para avanzar en la solución de los anteriores interrogantes sería necesario plantear futuros experimentos cuyos lineamientos generales podrían ser:

- Partir de análisis cuantitativos de las formas de silicio disponibles para el arroz, en esta serie de suelos.
- Aplicar dosis mayores del orden de 3 ton/ha de  $\text{SiO}_2$ .
- Desarrollar los experimentos durante el primer semestre del año cuando se presentan condiciones climáticas que permiten la manifestación de *Pyricularia oryzae* (Cav.).

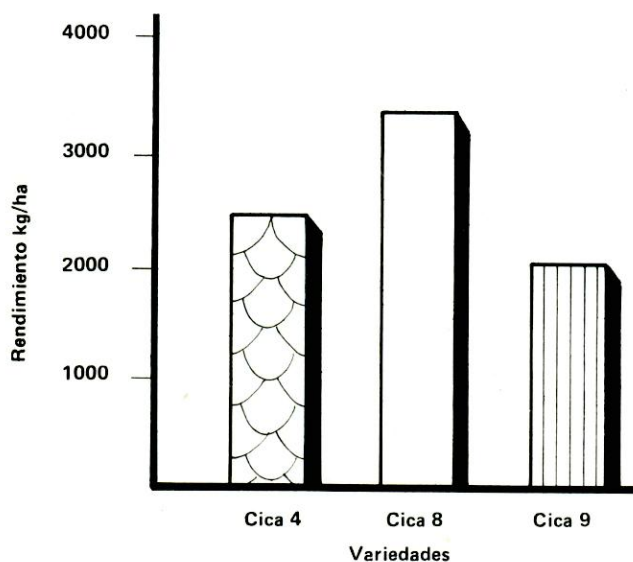


FIGURA 6. Rendimiento de tres variedades de arroz-riego. Promedios de tres fuentes y tres dosis de silicio. La Libertad - Villavicencio.

## 6. CONCLUSIONES

En las condiciones experimentales utilizadas y del análisis estadístico de los resultados obtenidos se puede concluir:

- No se observó respuesta en rendimiento, en resistencia a *Piricularia*, en absorción de fósforo y en acumulación de silicio, a las aplicaciones de 0 ppm, 30 ppm, y 80 ppm de  $\text{SiO}_2$ .
- No hubo respuesta en ninguna de las variables antes mencionadas a las fuentes silicatadas cascarilla de arroz, ceniza de cascarilla y metasilicato de sodio.
- Se observaron respuestas altamente significativas en cuanto a rendimiento, *Piricularia*, absorción de fósforo y acumulación de silicio, entre las variedades Cica-4, Cica-8, Cica-9, siendo esto un efecto varietal y no del tratamiento.
- Las variedades mostraron diferente capacidad para tomar y acumular el fósforo y el silicio: Cica-9 es la variedad que más acumula fósforo en hoja y Cica-4, es la de más alta acumulación en panícula. En cuanto a  $\text{SiO}_2$  Cica-9 siempre fue la de mayor contenido.

## 7. SUMMARY

### Effect of supplying silicon on resistance to *Piricularia* and yield of rice

A field experiment was carried out in 1980 at the Estación Experimental La Libertad, located at Villavicencio, Meta. Three silicate sources were tested at three different levels on three varieties of rice. The silicated sources were rice husk (20% of  $\text{SiO}_2$ ), ashes rice husk (90% of  $\text{SiO}_2$ ) and sodium-metasilicate (98% of  $\text{SiO}_2$ ). The doses were 0 ppm, 30 ppm, and 80 ppm of  $\text{SiO}_2$ . The varieties were Cica 9 susceptible to *Pyricularia oryzae* Cav., Cica 4 with middle resistance to *Pyricularia* and Cica 8 with a wide resistance to the disease.

These treatments were used in order to observe the effect of silicon on the mechanical resistance to *Pyricularia*, reported by Japanese authors (5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 16). An other objectives of this work to measure the up taking of phosphorus and silicon by the rice crop and to measure the harvest increment as response to the supply to of silicates.

The sources and the doses of  $\text{SiO}_2$  showed not differences among them; the varieties presented high significative differences since they have different adaptation to this enviromental conditions; however they did not show response to the treatments. This result was explained on the vasis of the low  $\text{SiO}_2$  levels used, or because the soils of the La Libertad serie do not have deficiency of available silicon.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. COLJAP, Diagnóstico foliar y nutrición mineral del arroz. Boletín 009, febrero 1979. Bogotá.
2. HORSFALL, A. G. and R. W. BARRATT. An improved grading system for measuring plant disease. *Phytopathology*, 1960. pp. 635-655.
3. IMAUZUMI, K. and YOSHIDA, S. Edafological studies on silicon-supplying power on paddy fields. *Nogyo Gjutu Kehoko*, Ser. B, No. 8, 1958. pp. 261-304.
4. IRRI. The mineral nutrition of the rice plant. The Johns Hopkins press Baltimore, Maryland, 1964. 494 p.
5. KOZAKA, T. Control of rice blast by cultivation practices in Japan. The rice blast disease, IRRI 1962. pp. 421-438.
6. OKAMOTO, Y. Physiological studies on the effects of silicon on rice plants. II Growth and inorganic nutrition of rice plant under insufficient supplies of silica. *Proc. crop. sc. Japan*, 1961. 27, 1-2 C.A. 54, 25476-i.
7. OKUDA, A. and TAKAHASHI, E. II. Effect of silicon supplying period on the growth of rice plant and its nutrients uptake. *Ibid* (2), 1961, pp. 418-8 C. A. 58, 6150-3.
8. ----- . The role of silicon, Annual Report IRRI. Los Baños Filipinas, 1964. pp. 123-146.
9. SANCHEZ, L.F. y OWEN, E. Algunos aspectos sobre fertilización del arroz de riego en el departamento del Meta. Departamento de Agronomía Regional 8. Trabajo presentado en la VI Reunión Anual del Programa Nacional de Arroz, Villavicencio. 1974. p. 133.
10. SUZUKI, H. Studies on the relation between the susceptibility of the rice plant disease caused by low soil temperature and its anatomical and physiological characters. *Bull.* 1949. Tokyo Coll. Agr. Forestry 4.
11. SUZUKI, N. Nature of resistance to blast. IRRI. The rice disease. The Johns Hipkins Press. Baltimore Maryland 1962. pp. 277-300.
12. TAKAHASHI, E. and OKUDA. Silicon incrop plants XI. Effects of light on Si uptake seedlings of rice plants. *Nippon Dojo Hiryogaku Zasshi* II. 1963. pp. 397-402. C.A. 91, 8232-f.
13. TAYLOR, A.W. Reviex of the effects of siliceus dressing on the nutrients status of soils. *J. Agric.* 1961. Food chem. 9: pp. 163-165.
14. VEDA, K.M. YAMAOKA and S. HASHIMURA. Aged paddy soils. III. Effect of material ignition oxide on rice plant growing in aged paddy soils. *J. Sci. Soil Manure*, 1956. pp. 69-71. C.A. 51, 1513-f.
15. YOSHIDA, S. ONICHI, Y. and KITAGISHI, K. Chemical forms, mobility, and deposition of silicon in rice plants. 1962. C.A. 57 p. 14187-b.