

# ESTUDIO COMPARATIVO DEL MANEJO DE AGUA EN DOS SISTEMAS DE RIEGO Y SU EFECTO EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL EXTRACTO DE SATURACIÓN DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

R. Polón<sup>✉</sup>, R. I. Castro, M. A. Ramírez, A. Miranda y Noraida Pérez

**ABSTRACT.** A comparative study of water management in two irrigation systems and its effect on the electric conductivity of soil saturation extract and rice yield was conducted at “Cubanacán” farm, pertaining to “Los Palacios” Rice Agroindustrial Complex, for three poorly-rainy and three rainy seasons. Results showed a significant crop yield reduction and an increasing electric conductivity of soil saturation extract when irrigation was performed on sloping terraces, whereas water management on nonsloping terraces did not show any statistical effects, either upon yield or electric conductivity.

*Key words:* rice, *Oryza sativa*, irrigation systems, electrical conductivity

**RESUMEN.** En la granja “Cubanacán” perteneciente al CAI Arrocero “Los Palacios”, durante tres épocas poco lluviosas y tres lluviosas, se desarrolló un estudio comparativo del manejo del agua en dos sistemas de riego y su efecto sobre la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo y el rendimiento del cultivo. Los resultados arrojaron una disminución significativa en el rendimiento agrícola y un incremento con similar nivel de significación en la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo cuando el riego se realizó en terrazas con pendientes, mientras que cuando se manejó el agua sin pendiente entre terrazas, no se observaron afectaciones estadísticas, tanto en el rendimiento agrícola como en la conductividad eléctrica.

*Palabras clave:* arroz, *Oryza sativa*, sistemas de riego, conductividad eléctrica

## INTRODUCCIÓN

El proceso de salinización está estrechamente vinculado, sobre todo, al uso de técnicas de irrigación agrícola inapropiadas. En muchos casos, la calidad del agua aplicada para el cultivo tiene efectos adversos sobre las propiedades del suelo; muy a menudo el agua contiene cantidades elevadas de sales solubles, que se quedan en el suelo debido a la evapotranspiración del cultivo. A menos que las sales sean lavadas de las raíces (mediante un proceso que requiere suficiente agua de buena calidad y adecuadas condiciones de drenaje), para la planta será cada vez más difícil absorber agua y poco a poco las sales se acumularán en tal concentración que parcial o completamente afectan el crecimiento y por consiguiente su repercusión negativa en el rendimiento agrícola.

En Cuba, los suelos afectados por salinidad cubren el 14 % de la tierra total (aproximadamente un millón de hectáreas) y alrededor de 1-2 % de los suelos afectados

por sales se han abandonado debido a las altas concentraciones de estas (1); en tales condiciones, son comunes las reducciones productivas, el bajo rendimiento y la baja calidad de la producción.

El objetivo del siguiente estudio fue comparar el manejo de agua en dos sistemas de riego y su efecto en la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo y el rendimiento agrícola.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se condujo en la granja de semilla “Cubanacán”, perteneciente al CAI Arrocero “Los Palacios”, sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso (2), en un sistema de riego ingeniero utilizando dos formas diferentes de manejo del agua (entrega del agua), con pendiente y sin ella, para los sistemas Los Palacios y Kuban respectivamente.

*Sistema Los Palacios.* Este sistema ingeniero está conformado por tres terrazas en pendiente, donde el desnivel entre la primera y la última terraza es de 30 cm. El área de cada terraza es de 4 ha, el riego se maneja de forma lineal, es decir, se llena la última terraza primero, posteriormente la segunda y por último la primera.

Dr.C. R. Polón, Dr.C. R. I. Castro y Noraida Pérez, Investigadores Auxiliares; Ms.C. M. A. Ramírez, Investigador Agregado y Ms.C. A. Miranda, Investigador de la Estación Experimental del Arroz “Los Palacios”, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, CP 32 700.

✉ palacios@inca.edu.cu

**Sistema Kuban.** Es un sistema ingenieril de riego constituido por cuatro terrazas sin pendiente entre ellas (están en un mismo plano horizontal). El área de cada terraza es de 4 ha. El riego se maneja de forma radial, es decir, existe una obra de fábrica situada entre las cuatro terrazas, encargada de distribuir el agua de forma simultánea a cada terraza individualmente.

La densidad de siembra fue de 120 kg.ha<sup>-1</sup> para ambos sistemas de riego (3). Para el desarrollo del experimento se utilizó la variedad J-104, para los dos tipos de sistemas de riego. Se utilizó un diseño experimental en bloque, con cuatro réplicas durante seis campañas de siembras.

**Evaluaciones realizadas:**

↳ Rendimiento agrícola en área de 20 m<sup>2</sup> (t.ha<sup>-1</sup>) por cada réplica.

↳ Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (mmhos/cm) con un conductímetro.

**Metodología seguida para medir la conductividad eléctrica.** Se introduce en un vaso un peso adecuado de sólido, que proporcione el volumen que se necesite de filtrado. La primera mitad, o los dos tercios del agua necesaria, se añaden resbalando por las paredes del vaso, de forma que pase a través de los grandes capilares. Durante esta fase el suelo no es perturbado, ya que el movimiento del agua a través de un suelo enfangado es muy lento. Se añaden nuevas porciones de agua hasta que toda la masa de suelo quede humedecida por capilaridad. Seguidamente se agita la muestra mediante una espátula y se añade más agua o más suelo para ajustar definitivamente el contenido de agua. Se llena la celda con el extracto de saturación del suelo, de forma que queden sumergidos los electrodos. Se equilibra el puente y se anota la lectura como resistencia o conductividad eléctrica.

Para el análisis de los datos se tomaron las medias del rendimiento y la conductividad eléctrica por separado en cada sistema de riego, sometiéndose ellas a un Análisis de Varianza Simple, aplicándose la Dócima de Rangos Múltiples de Duncan cuando se encontraron diferencias significativas entre medias para el nivel de significación ( $p \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante seis campañas de investigación, se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en el rendimiento agrícola y en la conductividad eléctrica del suelo en la posición de las terrazas (entre la primera y la última), para el sistema de riego "Los Palacios", mientras que para el tipo "Kuban", no hubo respuestas significativas en el rendimiento agrícola, así como en la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (Tablas I, II, III y IV).

**Tabla I. Rendimiento agrícola (t.ha<sup>-1</sup>) al 14 % de humedad y conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo en mmhos.cm<sup>-2</sup> (período poco lluvioso). Sistema de riego "Los Palacios"**

| Terrazas | Rendimiento agrícola |         |       | Conductividad eléctrica |         |                   |
|----------|----------------------|---------|-------|-------------------------|---------|-------------------|
|          | 1999                 | 2000    | 2001  | 1999                    | 2000    | 2001              |
| 1        | 4.78a                | 4.62a   | 4.65a | 0.73b                   | 0.76b   | 0.79b             |
| 2        | 4.56a                | 4.45a   | 4.59a | 0.80b                   | 0.80b   | 0.82b             |
| 3        | 3.84b                | 3.70b   | 3.60b | 1.10a                   | 1.12a   | 1.17 <sup>a</sup> |
| ES       | 0.026**              | 0.023** | 0.021 | 0.032**                 | 0.031** | 0.027**           |

**Tablas II. Rendimiento agrícola (t.ha<sup>-1</sup>) al 14 % de humedad y conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo en mmhos.cm<sup>-2</sup> (período lluvioso). Sistema de riego "Los Palacios"**

| Terrazas | Rendimiento agrícola |         |         | Conductividad eléctrica |         |         |
|----------|----------------------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|
|          | 1999                 | 2000    | 2001    | 1999                    | 2000    | 2001    |
| 1        | 3.50a                | 3.44a   | 3.60a   | 0.70b                   | 0.73b   | 0.71 b  |
| 2        | 3.48a                | 3.20a   | 3.50a   | 0.73b                   | 0.75b   | 0.74 b  |
| 3        | 2.61b                | 2.50b   | 2.40b   | 1.00a                   | 1.09a   | 1.10 a  |
| ES       | 0.019**              | 0.020** | 0.019** | 0.034**                 | 0.032** | 0.033** |

**Tabla III. Rendimiento agrícola (t.ha<sup>-1</sup>) al 14 % de humedad y conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo en mmhos.cm<sup>-2</sup> (período poco lluvioso). Sistema de riego "Kuban"**

| Terrazas | Rendimiento agrícola |          |          | Conductividad eléctrica |         |         |
|----------|----------------------|----------|----------|-------------------------|---------|---------|
|          | 1999                 | 2000     | 2001     | 1999                    | 2000    | 2001    |
| 1        | 4.2                  | 4.5      | 4.4      | 0.51                    | 0.62    | 0.58    |
| 2        | 4.1                  | 4.6      | 4.1      | 0.52                    | 0.61    | 0.57    |
| 3        | 4.0                  | 4.5      | 4.3      | 0.50                    | 0.61    | 0.56    |
| 4        | 4.3                  | 4.3      | 4.4      | 0.50                    | 0.58    | 0.59    |
| ES       | 0.084 NS             | 0.082 NS | 0.083 NS | 0.020 NS                | 0.022NS | 0.021NS |

**Tabla IV. Rendimiento agrícola (t.ha<sup>-1</sup>) al 14 % de humedad y conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo en mmhos.cm<sup>-2</sup> (período poco lluvioso). Sistema de riego "Kuban"**

| Terrazas | Rendimiento agrícola |          |          | Conductividad eléctrica |          |          |
|----------|----------------------|----------|----------|-------------------------|----------|----------|
|          | 1999                 | 2000     | 2001     | 1999                    | 2000     | 2001     |
| 1        | 3.3                  | 3.1      | 3.4      | 0.46                    | 0.43     | 0.44     |
| 2        | 3.1                  | 3.0      | 3.4      | 0.48                    | 0.41     | 0.40     |
| 3        | 3.0                  | 3.4      | 3.3      | 0.47                    | 0.44     | 0.41     |
| 4        | 3.1                  | 3.2      | 3.5      | 0.46                    | 0.42     | 0.42     |
| ES       | 0.078 NS             | 0.077 NS | 0.079 NS | 0.018 NS                | 0.016 NS | 0.016 NS |

Medias con letras en común por columna no difieren significativamente para  $p \leq 0.05$ , según Dócima de Rangos Múltiples de Duncan

Para el sistema de riego "Los Palacios", los rendimientos en la última terraza fueron significativamente más bajos ( $p \leq 0.05$ ) respecto a las dos aguas abajo de ésta, para todos los años estudiados, tanto para el período poco lluvioso como para el lluvioso. Como se puede apreciar en las Tablas I y II, otros autores (4, 5, 6) plantean que en

esta última terraza los rendimientos siempre son más bajos con el decursar de los años, respecto al resto de las terrazas que están por encima de esta, lo que pudiera deberse también a la acumulación de sustancias tóxicas producidas por la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas dadas por la prolongada inundación.

En las Tablas I y II se pudo apreciar cómo fue el comportamiento de la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo; este valor fue siempre significativamente superior ( $p \leq 0.05$ ) en la última terraza respecto a las dos restantes para los años estudiados en el sistema de riego "Los Palacios", quedando demostrado que hubo una mayor acumulación de sales solubles en este punto más bajo, dado por un valor mayor de la conductividad eléctrica. Al respecto, otros investigadores (6, 7, 8), trabajando en estos mismos tipos de sistemas de riego, informaron similares resultados, encontrando también una disminución sustancial y significativa en la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, al igual que los resultados de esta investigación, lo cual pudiera atribuirse a lo planteado por los autores anteriores al estudiar la conductividad eléctrica, quienes además atestiguaron que en los puntos más bajos de las terrazas se presenta un desorden fisiológico en las plantas que afecta el buen desarrollo del cultivo.

En el sistema ingeniero del tipo "Kuban" que riega en forma radial, es decir, que simultáneamente suministra el agua a cuatro terrazas, no se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en el rendimiento agrícola entre las terrazas, tanto para el período poco lluvioso como para el lluvioso, como se aprecia en las Tablas III y IV; resultados similares fueron informados por otros autores (6, 7, 9), los que no encontraron respuestas de igual forma en el rendimiento agrícola, en el sistema de riego del tipo "Kuban", de iguales características técnicas al estudiado en este trabajo. Estos elementos pudieron ser la causa de que no se encontraran diferencias significativas en el rendimiento agrícola en ninguna de las épocas estudiadas, al compararse entre sí las terrazas, por no existir pendiente entre ellas; por lo tanto, no permite acumulaciones de sales solubles totales de forma desigual, reflejado esto en los valores de su conductividad eléctrica, a diferencia del sistema de riego en cascada (con pendiente) "Los Palacios", que sí acumula con el tiempo cantidades excesivas de estas sales en el suelo, por estar su última terraza en el punto más bajo del campo. Los resultados encontrados en el rendimiento agrícola y en la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, en el sistema de riego tipo "Kuban" (Tablas III y IV), presentaron similar comportamiento al informado por otros autores (4, 6, 7, 9), al estudiar la influencia del manejo de agua en el rendimiento y la conductividad eléctrica.

Como se puede apreciar en las Tablas I, II, III y IV, el rendimiento agrícola correspondiente al período poco lluvioso siempre fue superior al período lluvioso; al respec-

to, varios autores (10, 11, 12, 13) expresaron que esta superioridad en el rendimiento lo atribuyen a que el cultivo está expuesto a un mayor número de días a la luz (radiación solar), lo que permite un mayor período de actividad fotosintética por la planta y una mayor acumulación de fotosintatos que posteriormente son trasladados a la panícula, permitiendo un mayor y mejor llenado del grano (13).

A modo de conclusión se puede asegurar que en sistemas de riego del tipo "Los Palacios", que riega en cascada, el rendimiento agrícola en las dos primeras terrazas es significativamente superior respecto a la terraza que está situada en el punto más bajo, sucediendo lo inverso con la conductividad eléctrica en el suelo, mientras que en el sistema de riego "Kuban", sin cascada, no se vio afectado el rendimiento agrícola ni la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo.

## REFERENCIAS

1. Cuba, MINAGRI. Instructivo técnico del arroz. 2002. 24 p.
2. Cuba. MINAGRI. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos. La Habana: Agrinfor, 1999, 64 p.
3. Cuba MINAGRI. Instructivo técnico del arroz. 1999, 7 p.
4. Saitsev, I. B. Algunas consideraciones para el manejo del agua en sistemas de riego ingenieril en variedades de ciclo corto. *Obras hidrotécnicas en el cultivo del arroz*, 1999, vol. 1, no. 1, p. 26-29.
5. Popov, B. A. Estudio de diferentes manejos del agua en el cultivo del arroz en sistemas ingenieros con pendiente. *Obras hidrotécnicas en el cultivo del arroz*, 1999, vol. 2, no. 3, p. 17-19.
6. Saitsev, Y.A. Estudio comparativo en el régimen de riego en dos sistemas de riegos con y sin pendientes y su influencia en la calidad del agua y del suelo. *Obras hidrotécnicas en el cultivo del arroz*, 2002, vol. 3, no.1, p. 10-14.
7. Vielisco, M. Ricavaya Karta y régimen arochenia rica. *Obras Gidrotécnicana Rica*, 1999, vol. 2, p. 6-9.
8. Pedroso, A. Manejo del agua en el cultivo del arroz. *Arroz en las Américas*, 1998, vol. 2, no. 2, p. 6-8.
9. Akita, S. y Cabuslay, G. Physiological basis of differential response to salinity in rice cultivars. *Plant and Soil*, 1999, vol. 123, p. 277-294.
10. International Rice Research Institute. Annual Report. IRRI. Los Baños, Lagunas. 2002. p. 18-20.
11. International Rice Research Institute. Annual Report. IRRI. Los Baños, Lagunas, 2002. p. 25-31.
12. Jayadi, R.; Fukuda, T.; Nakano, Y. y Koroda, M. Evaluation of reused water effect on irrigation water quality of low-lying paddy area. *J. Fac. Agric. Kyus Hu Univ.*, 1999, vol. 44, no. 1-2, p. 199-211.
13. Morin, A. R. y Tiranti, R. Determination of optimum amount of initial irrigation water to rice. (SPA). En: Proyecto Arroz: campaña 1998-1999, p. 89-95, illus. Corrientes. Argentina: Est. Expt. Agropec. Corrientes. 1999 (SB 210.ATE 88).

Recibido: 23 de marzo de 2003

Aceptado: 18 de septiembre de 2003