

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE ARROYOS DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

V. H. Lallana<sup>1,2</sup>, J. H. I. Elizalde<sup>1</sup>, Ma. del C. Lallana<sup>1</sup>, C. E. Billard<sup>1</sup>,  
G. Meuci<sup>3</sup>, R. González<sup>3</sup>, T. Ferreira<sup>3</sup>, Graciela Boschetti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. Ruta 11 km 10,5. 3101. Oro Verde. Entre Ríos

Tel: (0343) 497083 (int. 104). Correo electrónico: vlallana@ceride.gov.ar

<sup>2</sup> Facultad de Ciencia y Tecnología, UADER y <sup>3</sup> Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Entre Ríos  
Integrantes Proyecto Federal de Innovación Productiva PFIP-2004-1 y PID-UNER 2111

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar la calidad del agua de arroyos colectores de cuenca de los departamentos Federal, Federación, Feliciano y Diamante, vinculados a las represas para riego de cultivos, en situación de aguas bajas. Se muestrearon 12 ambientes de arroyos incluyendo un inventario de la vegetación. Se tomaron muestras de agua para análisis físico-químico y para la realización de dos tipos de bioensayos: Allium test y germinación de semillas de *Lactuca sativa*. La longitud radicular e índice de germinación, variables registradas en ambos bioensayos, se analizaron mediante la prueba Dunnet. Los arroyos del centro norte de Entre Ríos presentaron bajos valores de RAS (<10) y conductividad eléctrica (CE) menor a 750  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . En los arroyos del departamento Diamante la CE osciló entre 910 y 1170  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . La prueba de Allium test fue negativa al igual que el bioensayo de toxicidad en germinación de semillas de lechuga. Los análisis físico-químicos y los bioensayos indicaron aptitud para el riego y sin toxicidad en las aguas de los arroyos del centro norte de Entre Ríos, mientras que los del departamento Diamante, si bien no presentan toxicidad, no resultarían aptos para el riego de los cultivos en época de estiaje por su alta CE.

**Palabras clave:** bioensayos, toxicidad, salinidad, cursos de agua

### ABSTRACT

The objective was to evaluate the quality of water from basin collector streams in the geographical departments of Federal, Federación, Feliciano and Diamante related to dams for crop irrigation under the hydrological situation of low water. Twelve stream environments were sampled including an inventory of plant life. Water samples were taken for chemical-physical analysis and for carrying out two bioassays: Allium test and *Lactuca sativa* seed germination. Root length and germination index, variables recorded in both bioassays, were analyzed using Dunnet's test. Streams from Central North of the Entre Ríos Province presented low sodium adsorption relation (RAS) values (<10) and electric conductivity (EC) lower than 750  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . In those streams from Diamante Department, EC ranged from 910 to 1170  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . The Allium test as well as the toxicity bioassay of *Lactuca sativa* seed germination were negative. Chemical-physical analysis and bioassays indicated aptitude for irrigation and no toxicity in waters from Central North Entre Ríos, while those from Diamante department streams though not presenting toxicity, they would not be apt for crop irrigation during low water season due to high EC.

**Key words:** bioassay, toxicity, salinity, stream

## INTRODUCCIÓN

La interacción entre la calidad del agua y las propiedades fisicoquímicas del suelo es muy importante cuando se desea evaluar la posibilidad de utilizar el agua para regar. Los criterios prevalecientes respecto de la calidad del agua para riego y su asociación con el peligro potencial para los cultivos son dos: la salinización y la sodificación (Costa, 1998). El primer caso está relacionado con los efectos de las sales sobre el crecimiento de los cultivos, en su mayoría osmóticos y reversibles, que dependen de la concentración total de sales y se determina a partir de la conductividad eléctrica del agua (CE). El segundo se refiere a los efectos de la calidad del agua sobre la permeabilidad del suelo y depende de la relación de adsorción de sodio (RAS). La excesiva cantidad de sodio intercambiable provoca efectos degradativos sobre la estructura del suelo, de difícil y costosa reversibilidad, fundamentalmente cuando el proceso lleva un largo tiempo (Wilson *et al.*, 2002).

La valoración del RAS depende de la proporción de sodio, cuanto más alta, mayor será el peligro de sodificación del suelo y si por el contrario predominan el calcio y el magnesio, el peligro de sodificación del suelo será menor (Walker, 2002).

Experiencias como la citada por Currie *et al.* (2001), en un estudio de calidad de agua de origen superficial para riego de arroz en Corrientes, considera como agua de buena calidad a aquella que presenta un RAS menor a 10 y una CE menor a 750  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

Por otra parte el contenido de nitratos en aguas se ve afectado por diversos factores como el carácter de la cubierta del suelo, el uso de fertilizantes

nitrogenados, la descarga de aguas de desechos industriales y domiciliarios, los drenajes provenientes de lugares de almacenamiento de alimento para el ganado y la descomposición aeróbica de materia orgánica, entre otros (Villalba, 2003).

La llegada de efluentes en malas condiciones al cauce receptor brinda una serie de parámetros relacionados con esos aportes, dentro de los cuales figuran como más eficaces: el aumento de materia orgánica, el incremento de la población bacteriana total, la disminución del contenido de oxígeno y el aumento del ión amonio (Guinea *et al.*, 1979).

Hay numerosas experiencias de determinaciones de toxicidad en efluentes industriales, detección de metales pesados, salinidad o contaminaciones por agroquímicos, utilizando distintos tipos de bioensayos con especies sensibles como la lechuga, tomate, arroz, mijo y otras (Wang, 1991; Poi de Neiff y Ramos, 2001; Iannacone *et al.*, 2000; Foti y Lallana, 2005).

El objetivo fue evaluar la calidad del agua de los arroyos colectores de cuenca vinculados a represas para riego del cultivo de arroz (Departamentos Federal, Federación y Feliciano) y los vinculados a otros cultivos intensivos (Departamento Diamante).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los días 3, 4 y 11 de mayo de 2006, en situación de aguas bajas, se muestrearon 12 ambientes de arroyos colectores de cuenca vinculados a represas para riego, en los departamentos Feliciano, Federal y Federación (centro norte de la provincia de Entre Ríos) y Diamante (sureste de Entre Ríos) (Tabla 1).

Tabla 1. Identificación y localización de los sitios de muestreo

| Sitios de muestreo               | Latitud      | Longitud     | Departamento      |
|----------------------------------|--------------|--------------|-------------------|
| ID 28 Arroyo Sarandí             | S30° 37' 464 | W58° 09' 266 | Federación        |
| ID 29 Brazo Arroyo Torres        | S30° 34' 085 | W58° 12' 041 | Federación        |
| ID 30 Arroyo Torres              | S30° 33' 301 | W58° 12' 364 | Federación        |
| ID 31 Arroyo Tatuti              | S30° 27' 536 | W58° 13' 007 | Federación        |
| ID 32 Arroyo Feliciano           | S30° 23' 307 | W58° 42' 244 | Feliciano         |
| ID 33 Arroyo Ciudad de Feliciano | S30° 23' 531 | W58° 44' 298 | Feliciano         |
| ID 34 Arroyo Paso Bravo          | S30° 26' 267 | W58° 44' 551 | Feliciano         |
| ID 35 Arroyo Carpinchori         | S30° 41' 402 | W58° 38' 582 | Federal-Feliciano |
| ID 36 Arroyo La Ensenada         | S32° 03' 346 | W60° 35' 415 | Diamante          |
| ID 37 Arroyo Valle María         | S31° 59' 728 | W60° 35' 197 | Diamante          |
| ID 38 Arroyo Salto               | S31° 53' 264 | W60° 34' 783 | Diamante          |
| ID 40 Arroyo Salida Loistegui    | S30° 26' 413 | W58° 58' 496 | Feliciano         |

A campo se midió el ancho del curso de agua y su profundidad (Z) cada 2 metros hasta cubrir el ancho total del cauce. Se tomó una muestra de agua del centro del cauce o de la parte más profunda, para su análisis físico-químico y pruebas de bioensayos de toxicidad en laboratorio. "In situ" mediante disco de Secchi se registró la transparencia del agua y con un analizador múltiple Horiba se midieron los siguientes parámetros físico-químicos: pH, conductividad eléctrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), oxígeno disuelto ( $\text{mg L}^{-1}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y turbidez del agua (NTU).

Con un rectángulo de madera (6x2x1 cm de espesor) y cronómetro, se registró el tiempo de desplazamiento de una madera en una distancia conocida y repitiendo tres veces la medición se determinó la velocidad media de la corriente. Se inventarió la vegetación acuática y palustre del lugar y se describió fisonómicamente el ambiente circundante.

Las muestras de agua se filtraron con embudo y papel de filtro para eliminar impurezas y en una alícuota de un litro en el laboratorio de la Dirección General de Ecología y Control Ambiental de la Provincia de Entre Ríos se efectuaron los siguientes análisis físico-químicos: determinación de amoníaco (Nessler); nitritos (Zambelli), nitratos (Brucina), calcio y magnesio por complejometría (EDTA), sodio y potasio por fotometría de llama y fósforo por colorimetría (Murphy-Riley, 1962) en el laboratorio de suelos de Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNER).

Con el resto de la muestra de agua y para detectar toxicidad se realizaron dos bioensayos de toxicidad: Allium test y de germinación de lechuga.

#### Allium test

Se siguió la técnica propuesta por Fiskesjö (1985, 1988, 1989) con pequeñas modificaciones. Se acondicionaron los bulbos de cebolla (*Allium cepa* L.) quitándose las catáfilas externas y raíces viejas cuidando de no dañar la zona meristemática. Los bulbos se adquirieron en verdulerías de la ciudad de Paraná, seleccionándolos por tipo (cebolla colorada) y tamaño. Se utilizaron tubos de ensayo de 68 cc de capacidad y 2 cm de diámetro, los que se llenaron con la solución correspondiente a cada sitio de muestreo y luego se colocó una cebolla en cada uno, controlando que la zona de crecimiento de las raíces quedara en contacto con la solución. Se realizaron 7 repeticiones para cada tratamiento.

Los tubos se mantuvieron en laboratorio a temperatura ambiente ( $20^{\circ}\text{C}$ ). A las 72 horas se realizaron los recuentos del número de raíces y longitud radical (mm) con calibre digital. En cada bulbo se tomó una sola medida de la longitud promedio de las raíces, excluyendo las menores a 3 mm y las extremadamente largas. Se descartaron los bulbos que presentaron valores extremos o crecimiento fuera de tipo y con el resto de las mediciones se calcularon promedios y desvíos estándar.

#### Germinación de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. mantecosa)

Se siguió el procedimiento propuesto por el IDRC (2004) de ensayos toxicológicos para evaluación de calidad de agua. Se utilizó semilla de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. mantecosa) sin fungicida, adquirida en un comercio de semillería. Se utilizaron cajas de Petri con papel de filtro embebido en 3 ml del agua de cada muestra y sobre él se distribuyeron uniformemente 20 semillas. Se taparon y se colocaron en cámara de germinación a  $20^{\circ}\text{C}$ . Se hicieron 5 repeticiones por tratamiento y se utilizó un testigo con agua destilada como control negativo y un control positivo con  $\text{SO}_4\text{Cu}$  ( $45 \times 10^{-5} \text{ M}$ ) y  $\text{SO}_4\text{Zn}$  ( $7 \times 10^{-3} \text{ M}$ ) para cebolla y lechuga, respectivamente. A las 96 horas se midió la longitud de las raíces y se calculó el índice de germinación (IG) multiplicando el porcentaje de semillas germinadas de la muestra por la longitud media de la raíz en la muestra por 100, dividido el porcentaje de semillas germinadas en el testigo por la longitud media de la raíz del testigo (Ortega *et al.*, 2000).

Los datos se analizaron estadísticamente con el programa Infostat (2002) para el análisis de la variancia y se utilizó la prueba de Dunnett (Montgomery, 1999) con un nivel de confianza del 95 %, comparándose todos los tratamientos con el testigo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al momento del muestreo, los arroyos de los Departamentos Feliciano, Federal, y Federación se encontraban en estiaje, con sequía prolongada en la cuenca, por lo cual la mayoría no presentaba velocidad de corriente, con nivel de agua menor a 1 m de profundidad. En algunos arroyos se visualizaban los límites laterales como un albardón de 1 m o más de altura.

Los valores de transparencia medidos “in situ” fueron bajos, con excepción de los arroyos ID 34 y 35 (centro norte) y 36, 37 y 38 (Diamante) (Tabla 2). El sitio 34 fue el único lugar donde se verificó velocidad de corriente de agua y transparencia alta. El ID 35 estaba colmatado de vegetación acuática reteniendo gran cantidad de sedimentos en sus tallos

y raíces, por lo cual la transparencia del agua fue alta (Tabla 2). En general los arroyos del departamento Diamante presentaron mayores valores de transparencia, pH, C.E., turbidez y oxígeno disuelto que los del sector norte de la provincia (Tabla 2). Todos presentaron velocidad de corriente baja (0,08, 0,66 y 0,14 m.s<sup>-1</sup>, respectivamente).

Tabla 2. Parámetros limnológicos medidos en 12 arroyos de Entre Ríos

| Parám. / ID               | Arroyos del centro norte de Entre Ríos |      |      |      |      |      |      |      |      |              |       | Dpto. Diamante |      |      |             |      |
|---------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|-------|----------------|------|------|-------------|------|
|                           | 28                                     | 29   | 30   | 31   | 32   | 33   | 34   | 35   | 40   | Prom.        | DE    | 36             | 37   | 38   | Prom.       | DE   |
| Secchi (cm)               | 16                                     | 13   | 19   | 18   | 7    | 28   | 30   | 50   | 15   | <b>21,78</b> | 12,75 | 39             | 30   | 50   | <b>39,7</b> | 10   |
| pH                        | 7,10                                   | 6,80 | 6,53 | 7,20 | 6,70 | 7,99 | 6,80 | 7,12 | 5,98 | <b>6,91</b>  | 0,55  | 7,55           | 7,35 | 7,92 | <b>7,61</b> | 0,29 |
| CE (µS cm <sup>-1</sup> ) | 280                                    | 160  | 270  | 500  | 120  | 1900 | 120  | 120  | 130  | <b>400</b>   | 580   | 920            | 910  | 1170 | <b>1000</b> | 150  |
| Turbidez(NTU)             | 7                                      | 7    | 5    | 4    | 27   | 4    | 3    | 1    | 11   | <b>7,67</b>  | 7,79  | 22             | 2    | 7    | <b>10,3</b> | 10,4 |
| O <sub>2</sub> (mg/l)     | 7,7                                    | 8,5  | 4,2  | 9,5  | 6    | 12,1 | 7,7  | 8,3  | 7,3  | <b>7,92</b>  | 2,19  | 10,2           | 12,5 | 19,7 | <b>14,2</b> | 4,96 |
| Temp. (°C)                | 13                                     | 16   | 16   | 14   | 18   | 18   | 17   | 16   | 17,3 | <b>16,14</b> | 1,71  | 17,1           | 17   | 17,7 | <b>17,3</b> | 0,38 |
| RAS                       | 0,09                                   | 0,04 | 0,08 | 0,03 | 0,03 | 0,39 | 0,06 | 0,03 | 0,14 | <b>0,10</b>  | 0,12  | 0,17           | 0,19 | 0,09 | <b>0,15</b> | 0,05 |

ID: número de muestra; Secchi: transparencia; CE: conductividad eléctrica; turbidez; O<sub>2</sub>: oxígeno disuelto; Temp.: temperatura; RAS: relación de adsorción de sodio; Prom.: valores promedio y DE: desvío estándar.

La CE más alta se registró en un arroyo sin velocidad de corriente y con agua estancada en las nacientes del Arroyo Feliciano (ID33). Los otros arroyos del centro norte presentaron valores bajos o normales de CE por debajo de 750 µS.cm<sup>-1</sup> correspondiendo a las clases C1 y C2 con baja y moderada salinidad, siendo sus aguas aptas para el riego (Currie *et al.*, 2001). Esto es importante ya que algunas represas de Entre Ríos captan agua de estas fuentes naturales y vierten en ellas los excesos hídricos. Solamente el Arroyo Ciudad de Feliciano tuvo los valores más altos de conductividad eléctrica (1.900 µS cm<sup>-1</sup>), los mismos se ubican en la Clase C3, de salinidad media, según la escala de Currie *et al.* (2001). Este valor medio podría atribuirse a que estas aguas colectan residuos y desechos de la planta urbana de la ciudad homónima. Sabbatini *et al.* (2006), en otro relevamiento sobre cursos naturales de Entre Ríos observaron que los valores habituales de CE no superaban los 1.200 µS cm<sup>-1</sup>, con excepción de un arroyo donde registraron 4.500 µS cm<sup>-1</sup> debido a la presencia de material de descarga de un frigorífico cercano. Poi de Neiff y Ramos (2001) evaluaron toxicidad del agua en los ríos Salado y Negro del Chaco (Argentina) registrando en fase de aguas bajas 2.200 y 1.050 µS cm<sup>-1</sup>, respectivamente. Los autores atribuyeron estos valores a que el tramo bajo del río Negro recibe efluentes industriales y domésticos provenientes de la ciudad de Resistencia.

Los arroyos del Dpto. Diamante relevados tuvieron valores que oscilaron entre 910 y 1.170 µS cm<sup>-1</sup>

(Tabla 2) correspondiendo a la clase C3. Desde el punto de vista de su uso en cultivos de la zona, estos valores no serían recomendables para el riego en épocas con déficit hídrico ya que podrían ocasionar algún problema de disponibilidad de agua en la zona radical (Walker, 2002). Sin embargo no habría peligro de sodificación ya que el RAS fue inferior a 10 en todos los cursos relevados.

Estas aguas tampoco provocarían dispersión coloidal porque los valores se hallan por debajo de los 1.900 µS cm<sup>-1</sup> establecidos por Rhoades *et al.* (1992). Además se debe tener en cuenta la situación de estiaje en el momento de relevar los arroyos, circunstancia en la que estas variables son afectadas aumentando notablemente la salinidad (Valenti *et al.*, 2006).

Walker (2002) en las determinaciones de CE de arroyos del centro norte de Entre Ríos (Alcaraz y Feliciano) registró valores extremos próximos a los 1.500 µS cm<sup>-1</sup>, aclarando que en condiciones de crecientes pasan de este extremo superior de la clase C3 a formar parte de las clases C2 y C1.

Los valores de pH estuvieron en el rango de la neutralidad en casi todos los sitios (Tabla 2), con excepción del ID 40 que fue levemente ácido (5,98) y el ID 33 (Arroyo Feliciano) levemente alcalino (7,99), coincidiendo con los hallados por Sabbatini *et al.* (2006). Ellos registraron un amplio rango de pH con oscilaciones entre 6,5 y 8,3 correspondiendo los valores más altos a los cursos naturales que recibían

descargas de residuos de origen antrópico. Poi de Neiff y Ramos (2001) hallaron que las aguas de los ríos Salado y Negro tuvieron pH ligeramente ácido o neutro (pH 6,2 y 7,5), con excepción del hallado en el río Salado en estiaje cuyo pH fue 8,2. El pH medido en los cursos naturales de aguas superficiales relevados en el centro norte de Entre Ríos y en el departamento Diamante se hallaron dentro de los rangos considerados aptos para riego: 6,5 a 8,4 (Ayers y Westcot, 1976).

Como otros indicadores de calidad de los cursos de agua, Sánchez (1995) menciona al oxígeno disuelto (OD) y a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Un valor de OD de por ejemplo 8 mg.L<sup>-1</sup> y baja DBO (2 mg.L<sup>-1</sup>) indican buena calidad de agua. Los valores promedio de OD estuvieron dentro de los parámetros normales: 14,2 ± 4,96 y 7,92 ± 2,19 mg.L<sup>-1</sup> para los arroyos del departamento Diamante y los del centro norte de Entre Ríos, respectivamente, con excepción de los ID 30 y 32 con valores de OD bajos: 4,2 y 6 (Tabla 2). Sánchez (1995) indica que esto se podría atribuir a una importante cantidad de vegetación presente, lo cual estimularía la proliferación de microorganismos que promueven la degradación de la materia orgánica con un elevado consumo de oxígeno.

En general las variables físico-químicas de los arroyos relevados estuvieron dentro de los rangos normales, con excepción del ID 33 (Arroyo Ciudad

de Feliciano), tanto por el elevado contenido de amoníaco (36,25 mg L<sup>-1</sup>) como de sodio (Tabla 3). El aumento del ión amonio indicaría la llegada de efluentes en malas condiciones al cauce receptor (Guinea *et al.*, 1979), lo cual podría atribuirse al hecho que colecta los efluentes domiciliarios de la ciudad homónima.

Se destacan además los valores de nitratos de los ID 36 y 37 (Departamento Diamante), muy altos (Tabla 3), especialmente el segundo (15 mg L<sup>-1</sup>), lo que podría atribuirse a que se trata de una zona históricamente agrícola de alta producción, donde es habitual el uso de fertilizantes (Villalba, 2003). Los valores promedios de calcio + magnesio: 38,42 mg L<sup>-1</sup> encontrados en 11 arroyos (Tabla 3) fueron más bajos y los de sodio (39,4 mg L<sup>-1</sup>) más altos, que los hallados por Valenti *et al.* (2006), quienes registraron un contenido promedio de calcio + magnesio de 46,88 mg L<sup>-1</sup> y 4,60 mg L<sup>-1</sup> de sodio. No obstante esta comparación es meramente informativa, ya que estos autores trabajaron en situación de aguas altas o creciente. Poi de Neiff y Ramos (2001) en los ríos Salado y Negro en estiaje determinaron 540 y 244 mg L<sup>-1</sup> de sodio, respectivamente, mientras que en el nivel de aguas altas los valores disminuyeron de manera importante a 31 y 23 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Los valores de sodio hallados en el presente trabajo, en condición de estiaje (39,4 mg L<sup>-1</sup>) corresponden a un moderado contenido salino Clase C2 (Currie *et al.*, 2001).

Tabla 3. Variables físico químicas de los análisis de agua de los 12 arroyos de Entre Ríos expresadas en mg L<sup>-1</sup>

| ID       | 28   | 29    | 30    | 31    | 32    | 33    | 34    | 35    | 36    | 37   | 38    | 40    | X*    | DE    |
|----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| pH       | 7,43 | 7,17  | 7,14  | 7,54  | 7,09  | 8,23  | 7,67  | 7,39  | 7,99  | 7,93 | 8,35  | 7,01  | 7,52  | 0,43  |
| Amoníaco | 0,28 | 0,4   | 0,65  | 0,15  | 0,65  | 36,25 | 1,2   | 0,28  | 0,6   | 0,27 | 0,52  | 0,8   | 0,53  | 0,30  |
| Nitrito  | 0,01 | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,14  | 0,07 | 0,09  | 0,01  | 0,03  | 0,05  |
| Nitrato  | 0,05 | 0,05  | 0,05  | 0,05  | 0,05  | 0,05  | 0,05  | 0,05  | 4     | 15   | 0,05  | 0,05  | 1,77  | 4,55  |
| Calcio   | 12   | 12,8  | 14    | 38,8  | 10,4  | 39    | 7,2   | 16    | 52,8  | 10,4 | 45,6  | 16    | 21,45 | 16,10 |
| Magnesio | 4,6  | 4,6   | 5     | 99,6  | 4,8   | 13,4  | 3,6   | 2,6   | 16,8  | 26,9 | 11    | 7,2   | 16,97 | 28,36 |
| Sodio    | 27,6 | 14,4  | 25,8  | 31,3  | 10,3  | 220,8 | 16,6  | 9,05  | 92    | 92   | 110   | 4,23  | 39,42 | 38,88 |
| Potasio  | 1,8  | 2,2   | 1,2   | 1     | 2     | 10    | 2     | 2     | 7,2   | 6,4  | 9,2   | 4,8   | 3,62  | 2,81  |
| Fósforo  | 0,07 | 0,085 | 0,093 | 0,048 | 0,205 | 4,61  | 0,140 | 0,033 | 0,338 | 0,05 | 0,388 | 0,118 | 0,16  | 0,13  |

ID = número de muestra; X\* = valores promedios excluido el ID 33; DE = desvío estándar

En cuanto a la vegetación acuática se detectó, en la mayoría de los ambientes, la presencia de *Ludwigia peploides*, *Polygonum hydropiperoides* y *Potamogeton* sp. Con menor frecuencia se observó a *Azolla caroliniana* y *Eichhornia azurea* y en un solo

ambiente a *Hydrocotyle ranunculoides*. La flora acuática fue de baja riqueza específica en todos los ambientes (Tabla 4). La vegetación marginal de los arroyos estuvo dominada por *Panicum prionitis*, *Panicum ribulare* y *Rinchospora corymbosa*.

**Tabla 4. Datos de presencia de vegetación acuática y palustre de ambientes de arroyos y cañadas de los Departamentos Feliciano, Federal, Federación y Diamante**

| Especies \ Sitios ID                                | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 40 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <b>Acuáticas</b>                                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Azolla carolineana</i> Willd.                    |    |    | ●  |    | ●  |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Carex</i> sp.                                    |    |    |    |    |    |    |    | ●  |    |    |    |    |
| <i>Canna glauca var rubrolutea</i> Hook             |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ●  |    |    |
| <i>Cyperus</i> sp                                   | ●  |    | ●  |    |    | ●  |    |    | ●  |    |    |    |
| <i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth.               | ●  |    |    |    |    |    |    | ●  |    |    |    |    |
| <i>Gymnocoronis spilanthoides</i> (Don) DC          | ●  |    |    |    |    |    |    | ●  |    |    |    | ●  |
| <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.                 |    |    |    |    |    | ●  |    |    |    |    |    |    |
| <i>Hydrocleis nymphoides</i> (Willd.)Buch.          |    |    | ●  |    |    |    |    |    |    |    |    | ●  |
| <i>Ludwigia peploides</i> (H.B.K.) Raven            | ●  | ●  |    |    |    |    |    |    |    | ●  | ●  | ●  |
| <i>Myriophyllum</i> sp                              |    |    |    |    |    |    |    | ●  |    |    |    |    |
| <i>Paspalum</i> sp                                  | ●  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Polygonum hydropiperoides</i> Mich.              |    |    | ●  |    |    |    |    | ●  | ●  | ●  |    | ●  |
| <i>Polygonum acuminatus</i> H.B.K.                  |    |    |    |    | ●  |    |    |    | ●  |    |    |    |
| <i>Potamogeton ferrugineus</i> Hagstr.              | ●  |    |    |    |    |    |    | ●  | ●  | ●  |    |    |
| <i>Salvinia herzogii</i> De la Sota                 |    |    |    |    | ●  |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Riqueza</b>                                      | 6  | 1  | 4  | 0  | 3  | 2  | 0  | 6  | 4  | 4  | 1  | 4  |
| <b>Palustres graminoides y árboles (*)</b>          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Especies \ Sitios ID                                | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 40 |
| <i>Eryngium eburneum</i> Dec.                       | ●  | ●  |    |    |    |    | ●  |    |    |    |    |    |
| <i>Eryngium horridum</i> Malme                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ●  |    |    |
| <i>Panicum prionitis</i> Nees.                      | ●  | ●  | ●  |    | ●  |    | ●  | ●  | ●  |    |    | ●  |
| <i>Panicum ribulare</i> Trin.                       |    | ●  | ●  |    |    |    |    |    |    |    |    | ●  |
| <i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.) Britt.           | ●  | ●  | ●  |    |    | ●  |    | ●  |    |    |    |    |
| (*) <i>Sapium haemospermum</i> (Muell.)Arg.         | ●  | ●  | ●  |    |    |    | ●  |    |    | ●  |    |    |
| (*) <i>Acacia cavens</i> (Mol.) Mol.                |    | ●  |    |    |    |    |    | ●  |    |    |    |    |
| (*) <i>Manihot</i> sp                               |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ●  |    |    |
| (*) <i>Prosopis affinis</i> Griseb.                 | ●  | ●  |    |    |    | ●  |    | ●  |    |    |    |    |
| (*) <i>Prosopis nigra</i> (Grisebach) Hieronymus    |    |    |    |    |    | ●  |    | ●  |    |    |    |    |
| <i>Bacharis</i> spp.                                | ●  |    |    |    |    |    | ●  |    | ●  | ●  |    |    |
| <i>Typha latifolia</i> (L.)                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ●  |    |    |
| <i>Echinochloa helodes</i> (Hack.) Parodi           |    |    |    |    |    |    |    |    | ●  | ●  |    |    |
| (*) <i>Salix humboldtiana</i> Wild.                 |    |    |    |    |    |    |    |    | ●  |    |    |    |
| <i>Cortaderia selloana</i> (Schult.)Asch. et Graeb. |    |    |    |    |    |    |    |    | ●  | ●  | ●  |    |
| (*) <i>Morus</i> sp.                                |    |    |    |    |    |    |    |    | ●  | ●  |    |    |
| (*) <i>Phytolacca</i> sp                            |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ●  |    |    |
| <i>Ricinus</i> sp                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ●  |    |    |
| <b>Totales</b>                                      | 6  | 7  | 4  | 0  | 1  | 3  | 4  | 5  | 6  | 10 | 1  | 2  |

**Bioensayos**

La longitud de raíces de cebolla del control positivo fue de 7,6 mm lo que representó una reducción del 57,9 % con relación al control negativo. El 75 % de los arroyos muestreados presentó diferencias significativas positivas (entre 23 y 41 % más) con respecto al testigo (Fig. 1), lo cual indica ausencia de toxicidad. Este crecimiento podría atribuirse a un mayor contenido de nutrientes en las aguas analizadas. Un resultado similar de estimulación del crecimiento radical, fue hallado por Poi de Neiff y Ramos (2001) en los ríos Salados y Negro (Chaco) con germinación de lechuga.

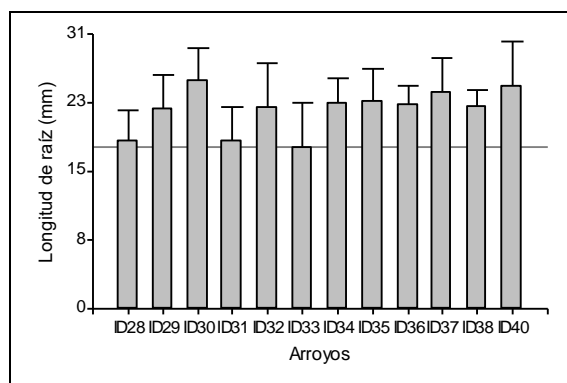
Los ID 28, 31 y 33 no presentaron diferencias significativas con el control, el resto de los sitios sí (Tabla 5 y Fig. 1). El crecimiento de las raíces fue igual o superior al testigo sin signos de toxicidad. El análisis de varianza fue altamente significativo ( $p < 0.001$ ) con un  $r^2$  de 0,35 y un CV de 17,96 %.

**Tabla 5. Análisis de los datos de la longitud radical (mm) y número de raíces de bulbos de cebollas mediante la prueba de Dunnett para los 12 tratamientos**

| Longitud radical |        |      | Número de raíces |      |
|------------------|--------|------|------------------|------|
| ID               | ΔMedia | Sig. | ΔMedia           | Sig. |
| ID33             | 0,01   | ns   | 15,57            | **   |
| ID28             | 0,61   | ns   | 9,07             | ns   |
| ID31             | 0,70   | ns   | 6,57             | ns   |
| ID29             | 4,26   | **   | 1,63             | ns   |
| ID32             | 4,48   | **   | 4,67             | ns   |
| ID38             | 4,63   | **   | 8,77             | ns   |
| ID36             | 4,73   | **   | 10,17            | ns   |
| ID34             | 4,90   | **   | 9,47             | ns   |
| ID35             | 5,14   | **   | 7,27             | ns   |
| ID37             | 6,21   | **   | 10,87            | ns   |
| ID40             | 6,85   | **   | 8,27             | ns   |
| ID30             | 7,43   | **   | 7,67             | ns   |

ΔMedia: diferencia de valores medios de cada tratamiento con el testigo. Sig.: Significación: \*\* diferencia significativa, ns diferencia no significativa. Mínima diferencia significativa para longitud radical = 4,24 ( $\alpha = 0,05$ ). Mínima diferencia significativa número de raíces = 10,89 ( $\alpha = 0,05$ ).

El número de raíces por bulbo fue siempre menor al testigo pero sin diferencias significativas, salvo en el ID 33 (Arroyo Feliciano). El análisis de varianza fue altamente significativo ( $p < 0.001$ ) con un  $r^2$  de 0,20 y un CV de 26,19 % (Tabla 5). La longitud de la raíz de lechuga del control positivo fue de 10,8 mm mostrando una reducción del 50 % con respecto al control negativo (testigo).



**Figura 1. Longitud radical promedio de bulbos de cebolla y desvío estándar, en los 12 tratamientos comparados con el testigo (línea horizontal = 18,11 mm)**

Los resultados del bioensayo de toxicidad con lechuga dieron diferencias significativas en la longitud de raíces, entre todos los sitios y el testigo, con excepción de los ID 33 y 40 (Tabla 6).

**Tabla 6. Análisis de los datos de la longitud radical (mm) e IG (%) de lechuga mediante la prueba de Dunnett, para los 12 tratamientos**

| Longitud radical |        |      | Índice de germinación |      |
|------------------|--------|------|-----------------------|------|
| ID               | ΔMedia | Sig. | ΔMedia                | Sig. |
| ID33             | 1,93   | ns   | 4,35                  | ns   |
| ID34             | 12,45  | **   | 8,86                  | ns   |
| ID29             | 6,22   | **   | 9,92                  | ns   |
| ID35             | 7,24   | **   | 13,82                 | ns   |
| ID37             | 8,09   | **   | 15,81                 | **   |
| ID38             | 7,81   | **   | 16,22                 | **   |
| ID40             | 4,12   | ns   | 17,86                 | **   |
| ID28             | 9,30   | **   | 20,68                 | **   |
| ID32             | 8,18   | **   | 20,88                 | **   |
| ID36             | 9,81   | **   | 22,55                 | **   |
| ID31             | 10,54  | **   | 32,13                 | **   |
| ID30             | 17,55  | **   | 33,72                 | **   |

ΔMedia: diferencia de valores medios de cada tratamiento con el testigo. Sig.: Significación: \*\* diferencia significativa, ns diferencia no significativa. Mínima diferencia significativa para longitud radical = 6,165 ( $\alpha = 0,05$ ). Mínima diferencia significativa IG = 14,26 ( $\alpha = 0,05$ ).

Los índices de germinación presentaron diferencias significativas (0,05 %) en relación al testigo, con excepción de los sitios ID 29, 33, 34 y 35 (Tabla 6). En todos los casos los valores de IG (Fig. 2) fueron iguales o superiores al testigo por lo cual, las muestras de agua de estos arroyos no presentaron signos de toxicidad. El análisis de varianza fue altamente significativo ( $p < 0,001$ ) con un  $r^2$  de 0,49 y un CV de 11,37 %.

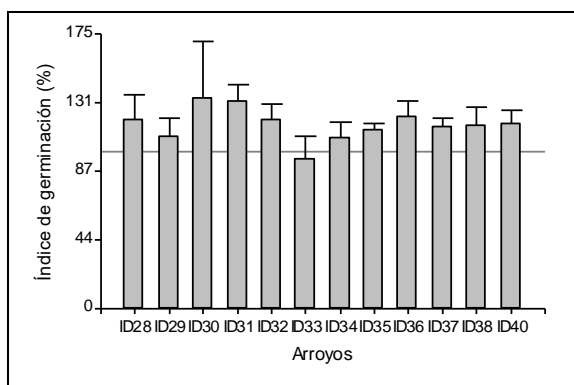


Figura 2. Índice de germinación (%) de lechuga y desvío estándar de los 12 tratamientos comparados con el testigo (100 % línea horizontal)

## CONCLUSIONES

Las aguas de los arroyos relevados en situación de estiaje resultaron aptas para el riego en el área arrocera del centro norte de la provincia de Entre Ríos, con valores de conductividad eléctrica por debajo de  $750 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  y moderada salinidad.

Los arroyos del departamento Diamante, si bien no presentaron síntomas de toxicidad, no resultarían aptos para riego en época de estiaje por su elevada conductividad eléctrica.

Como no se verificó inhibición de la elongación de la raíz en ninguna de las muestras analizadas, se consideró que las aguas de los arroyos analizadas no presentaron toxicidad, tanto con el *Allium* test como con el ensayo de germinación de lechuga.

## AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue realizado en el marco del Proyecto Federal de Innovación Productiva PFIP 2004-1 "Caracterización ecológica ambiental de represas para riego en Entre Ríos" y financiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica e Innovación Productiva de la Nación y la Universidad Nacional de Entre Ríos (PID-UNER 2111).

## BIBLIOGRAFÍA

Ayers R. S., Westcot D.W., 1976. La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO: Riego y drenaje. Paper N° 29, 85 pp.  
Costa J., 1998. Calidad de agua para riego. Serie

- Protocolo de Actividades N° 5, INTA – IPG.  
Currie H., Martínez G., Ortiz M., 2001. Evaluación de la calidad del agua utilizada en el riego de arroz en el centro sur de Corrientes, Argentina. Información Tecnológica. 12 (1):35-38.  
Fiskesjö G., 1985. The *Allium* as a standard in environmental monitoring. Hereditas, 102: 99-102.  
Fiskesjö G., 1988. The *Allium* test - an alternative in environmental studies: the relative toxicity of metal ions. Mut. Res., 197(2): 243-260.  
Fiskesjö G., 1989. Protocolo n° 8. Disponible en: [http // www.ecvam\\_b\\_Allium\\_test\\_archivos \indexed\\_8.htm](http://www.ecvam_b_Allium_test_archivos/indexed_8.htm) [consulta 22/04/05].  
Foti Ma. N. y Lallana V. H., 2005. Bioensayo de germinación con semillas de *Eruca sativa* Mill. para la detección de salinidad y presencia de herbicida en agua. Revista FABICIB (9):9-16.  
Guinea J., Sancho J., Parés R., 1979. Análisis microbiológico de aguas. Aspectos aplicados. Ed. Omega, S.A. Barcelona, 119 p.  
Iannacone J., Alvarino L., Caballero C., Sánchez J., 2000. Cuatro ensayos ecotoxicológicos para evaluar lindano y clorpirifos. Gayana (Concepc.) Vol. 64 N° 2.  
IDRC (Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo) Canadá, 2004. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de Calidad de agua. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. Cap. 4. Editado por Gabriela Castillo IDRC/IMTA.  
INFOSTAT, 2002. InfoStat, versión 1.1. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.  
Montgomery D. C., 1999. Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamericana, Col. Cuajimalpa, Méjico, Cap. III: 45 – 84.  
Murphy J., Riley J. P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta 27: 31-36.  
Ortega M. C., Aguado M. T., Ordovás J., Moreno M. T., Carmona E., 2000. Propuesta de Bioensayos para detectar factores fitotóxicos en sustratos y enmiendas. Actas de Horticultura, 32: 363 - 376.  
Poi de Neiff A., Ramos A. O., 2001. Utilización de bioensayos para el estudio ecotoxicológico de los ríos Salado y Negro (Chaco, Argentina). Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/cyt/2001-biologicas/pdf019> [consulta: 15/04/05].  
Rhoades J. D., Kandiah A., Mashali A. M., 1992. The use of saline waters for crop production. FAO. Irrigation and drainage, Rome, Italy paper N° 48, 66 pp.  
Sabattini R. A., Dorsch F. A., Lallana V. H., Sione S. M., 2006. Caracterización de los ecosistemas



- acuáticos en áreas arroceras (pp. 235-249). En: El arroz: su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos. (René A. Benavidez [et al.]. 1ra. Ed. Concepción del Uruguay, Universidad Nacional de Entre Ríos – Universidad Nacional del Litoral. Edición conjunta: EDUNER y Ediciones UNL. Vol. 1: 326 pp.
- Sánchez L.E., 1995. Control de la contaminación de las aguas. En: Aspectos geológicos de Protección Ambiental. UNESCO. Vol I. p.265-277.
- Valenti R. A., Cerana, J. A., Wilson, M. G., 2006. Calidad del agua para riego en áreas arroceras. (pp. 169-184). En: El arroz: su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos. (René A. Benavidez [et al.]. 1ra. Ed. Concepción del Uruguay, Universidad Nacional de Entre Ríos – Universidad Nacional del Litoral. Edición conjunta: EDUNER y Ediciones UNL. Vol. 1: 326 pp.
- Villalba L., 2003. Estudio de comparación de métodos para el análisis cuantitativo de nitratos en agua utilizando el método de absorción UV a 220 nm y el método de reducción con cadmio modificado por HACH. Rev. Ingeniería Sanitaria y Ambiental, N° 70: 66-69.
- Walker F., 2002. Evaluación de la aptitud del agua para riego y consumo animal de los principales cursos interiores de la provincia de Entre Ríos. Trabajo Final de Graduación. Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNER) 75 pp.
- Wang W., 1991. Literature review on higher plants for toxicity testing. Water, Air and Soil Pollution 59: 381-400.
- Wilson M., Cerana J., Valenti R., Díaz E., Duarte O., De Batista J. J., Rivarola S., Benavidez R., 2002. Evaluación de la calidad del agua para riego en el área arroceras de Entre Ríos. Cuadernos del CURIHAM, 8(1):31-39.

*Artículo recibido el 03/2007 y aprobado para su publicación el 03/2008.*