

# Evaluación de calidad de aguas vinculada con la actividad arrocerá en cuencas hídricas de la Provincia de Corrientes

*Cecilia Ivana Gariboglio<sup>1</sup>; Mario Rubén Rujana<sup>2</sup>; Ceres Beatriz Andisco<sup>3</sup>; Francisco Antonio Vazquez<sup>4</sup>*

1Instituto Correntino del Agua y del Ambiente (ICAA). Bolívar 2275, (3400) Corrientes (Argentina); (0379)4460960/4431273; 2Instituto Correntino del Agua y del Ambiente (ICAA). Bolívar 2275, (3400) Corrientes (Argentina); (0379)4460960/4431273; 3Instituto Correntino del Agua y del Ambiente (ICAA). Bolívar 2275, (3400) Corrientes (Argentina); (0379)4460960/4431273; 4Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (FACENA), Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Av. Libertad 5450, (3400) Corrientes (Argentina); (0379)4473930/4473931.

cgariboglio@corrientes.gov.ar, icaa.corrientes@gmail.com, candisco@corrientes.gov.ar, fvazquez@exa.unne.edu.ar

**RESUMEN:** El objetivo del estudio consiste en evaluar calidad de las aguas en las cuencas de los Ríos Corriente, Miriñay y del Sistema Iberá, desde el punto de vista físico-químico y bacteriológico, utilizadas para riego del cultivo de arroz y evaluar la incidencia del uso de agroquímicos, como así también generar una base de datos sobre la naturaleza de los cuerpos de aguas. El arroz es un cultivo de regadío, de modo que el agua constituye un recurso indispensable para el desarrollo de la actividad arrocerá y el control y seguimiento de su calidad es un importante factor a tener en cuenta. En la provincia de Corrientes, el arroz bajo riego es el cultivo anual de mayor importancia considerando el producto bruto geográfico. Las estaciones de monitoreo se fijaron, en el caso de los Ríos Corriente y Miriñay, a lo largo de los cursos desde el nacimiento hasta la desembocadura y para el Sistema Iberá se fijaron en las principales cuencas lénticas: Laguna Iberá, Laguna Fernández y Laguna Trin. Las tomas de muestras se realizan durante la campaña arrocerá en tres etapas, según los diferentes estadios del cultivo de arroz, pre-siembra (agosto), con pleno desarrollo del cultivo (diciembre) y pos cosecha (marzo). En este trabajo se presenta información obtenida, desde el año 2006 y hasta diciembre de 2012, parámetros físicoquímicos en aguas y sedimentos, incluidos agroquímicos. Los valores registrados no muestran variaciones significativas en las distintas oportunidades de monitoreo en distintos puntos de muestreo de los recursos hídricos estudiados y resultan compatibles con los criterios de evaluación de calidad de aguas naturales. Se ha detectado presencia de plaguicidas de manera esporádica y aleatoria.

## INTRODUCCIÓN

La identificación de recursos hídricos, su gestión y monitoreo de calidad representan la garantía de desarrollo productivo sustentable y armónico con el medio ambiente. El arroz es un cultivo de regadío, de modo que el agua representa un recurso indispensable para el desarrollo de la actividad y el control y seguimiento de su calidad constituye un importante factor a tener en cuenta.

La productividad y la salud del ambiente y las personas dependen en gran medida de la calidad del agua utilizada en el proceso productivo. La toxicidad, la carga orgánica y algunos otros parámetros inciden sobre la calidad del agua disponible.

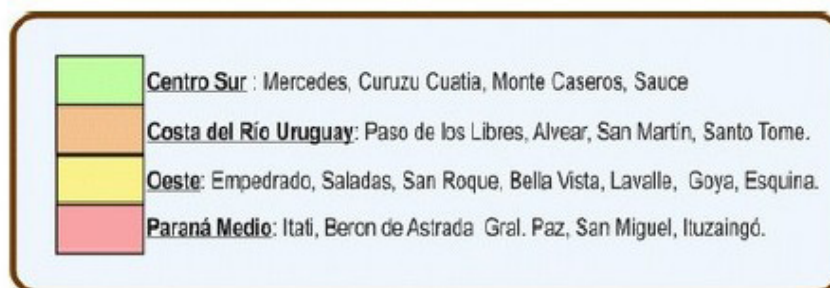
Según información oficial de la Asociación Correntina de Plantadores de Arroz (ACPA), en la Argentina, la principal zona de cultivo se encuentra en el NE, principalmente en las provincias de Corrientes y Entre Ríos, que junto con Formosa y Chaco suponen alrededor del 94% de la producción nacional de arroz (Figura 1).



**Figura 1.-** Superficie sembrada (fuente ACPA, 2013)

En la provincia de Corrientes el arroz es en la actualidad, el cultivo anual de mayor importancia geográfica y la superficie ocupada por éste crece a razón de un 10% anual. La distribución actual según las cuencas arroceras es la siguiente: Río Corriente: 8.700 hectáreas un 8,5% de la superficie provincial; Río Miriñay: 1.700 hectáreas un 1,7% de la superficie provincial; Sistema Iberá: Laguna Trin: 400 hectáreas, Laguna Fernández: 210 hectáreas, Laguna Mercedes: 500 hectáreas (ver Figura 2.)

El control y seguimiento de la calidad físico-química y bacteriológica de las aguas destinadas a riego de arroz constituye un mecanismo imprescindible para asegurar tanto, un rendimiento adecuado en cantidad y calidad como un manejo adecuado del ecosistema acuático y su conservación; en consecuencia se está generando una importante base de datos de modo de poder establecer inferencias en un futuro cercano sobre la naturaleza de los cuerpos de aguas estudiados cuando la cantidad de información colectada asegure mínimamente la posibilidad de establecer inferencias confiables para cualquier condición física y temporal de los cuerpos de aguas. Esta base de datos está en pleno desarrollo y no se presenta en esta oportunidad.



**Figura 2.-** Zonas productivas de la provincia

Las tareas de pesquisa se desarrollan en el marco del convenio de colaboración suscripto en septiembre de 2006 entre el Instituto Correntino del Agua y del Ambiente (ICAA), organismo autárquico del Gobierno de Corrientes y la Asociación Correntina de Plantadores de Arroz (ACPA), organización privada que nuclea a la mayoría de los productores de arroz de la provincia de Corrientes y por otra parte la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) con la finalidad de llevar a cabo un programa de tareas en el que se incluye el estudio de indicadores: riesgos de contaminación por plaguicidas y riesgos de contaminación por fertilizantes; siendo estos los indicadores de mayor sensibilidad social.

Cuando un plaguicida es aplicado a un cultivo, solamente alcanza el organismo “blanco”(target) aproximadamente el 1%, mientras que el 25% es retenido en el follaje, el 30% llega al suelo y el 44% restante es exportado a la atmósfera y a los sistemas acuáticos por escorrentía y lixiviación (Brady y Weil, 1996). Posteriormente el compuesto puede ser transportado desde el suelo hacia el aire, agua o vegetación, pudiendo entrar en contacto (por inhalación o ingestión), con una amplia gama de organismos

incluyendo los seres humanos. Esto en consecuencia genera importantes efectos tanto ambientales como para la salud humana (RAP-AL Uruguay, 2010).

El objetivo principal del trabajo consiste en caracterizar por una parte y evaluar plaguicidas como indicadores de probables disturbios en las aguas en las cuencas de los Ríos Corriente, Miriñay y del Sistema Iberá, que son utilizadas para riego del cultivo de arroz y evaluar, en consecuencia, la incidencia del uso de agroquímicos, como así también generar una base de datos sobre calidad de los recursos hídricos estudiados y disponer de información en cuanto a capacidad de carga y autodepuración de los cursos de agua, útiles para futuros gerenciamentos ambientales.

## METODOLOGÍA

El área de estudio comprende tres cuencas hídricas: Río Corriente, Río Miriñay y Sistema Iberá. Se relevan los recursos hídricos mediante monitoreos estableciéndose los períodos de muestreo según los diferentes estadios del cultivo de arroz, pre-siembra (agosto), con pleno desarrollo del cultivo (diciembre) y pos cosecha (marzo). Las estaciones de monitoreo se fijaron, en el caso de los Ríos Corriente y Miriñay, a lo largo de los cursos, desde el nacimiento hasta la desembocadura y para el Sistema Iberá se fijaron en las principales lagunas: Laguna Iberá, Laguna Fernández y Laguna Trin. En total resultan 12 estaciones de monitoreo (algunas ilustraciones de los lugares de monitoreo se presentan en las Figuras 3, 4 y 5). En cada estación se extraen muestras de agua y sedimento para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

Los puntos de monitoreo se eligieron de manera de poder evaluar la capacidad de asimilación o autodepuración de los cuerpos de aguas y la ocurrencia de probables disturbios debidos a la actividad productiva arrocera.

Los lugares seleccionados se ubicaron mediante sistema GPS y registrado fotográficamente para repetir la toma de muestras en el mismo punto en las diferentes etapas del proyecto. Para el Río Corriente se monitorearon cuatro puntos; para el Sistema Iberá cinco puntos y para el Río Miriñay se dispusieron seis estaciones de monitoreo desde la naciente hasta la desembocadura (ver Tabla 1). Los sitios seleccionados cubren la totalidad de la zona de influencia de los cuerpos de aguas estudiados.

Los plaguicidas fueron determinados por el laboratorio de la Administración Provincial del Agua (APA) de la Provincia del Chaco; los análisis físico-químicos y bacteriológicos se realizaron en el Laboratorio de Química Ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (FACENA) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), siguiendo los protocolos estandarizados por normas internacionales de la APHA - AWWA - WPCF. Se realizan tres a cuatro campañas de monitoreo anuales.

**Tabla 1.-** Sitios de muestreo con coordenadas de GPS

Mx CRC6	S 28° 44' 11,8'' W 58° 08' 14,5''	Estancia El Dorado
Mx CRC7	S 28° 59' 39,5'' W 58° 33' 32,3''	Paso Lucero
Mx CRC8	S 29° 13' 25'' W 58° 46' 38,5''	Paso López
Mx CRC9	S 29° 48' 38,5'' W 59° 23' 35,7''	Paso Santa Rosa
Mx CRM2	S 28° 57' 10,2'' W 57° 39' 32,5''	Arroyo Ayuí y ruta 40
Mx CRM3	S 29° 33' 41,3'' W 57° 30' 36,2''	Puente ruta 123
Mx CRM4	S 30° 06' 20,8'' W 57° 37' 22,8''	Paso Barca
Mx CRM5	S 28° 44' 1,9'' W 57° 12' 18,2''	Laguna Merceditas
Mx CRM6	S 29° 58' 7,5'' W 57° 40' 36,2''	Puente ruta 14
Mx CRM7	S 28° 55' 0,3'' W 57° 14' 11,2''	Paso Meza
Mx C I1	S 28° 24' 6,7'' W 57° 46' 42,8''	Laguna Trin
Mx C I2 norte	S 28° 30' 34,6'' W 57° 8' 28,6''	Laguna Iberá
Mx C I2 centro	S 28° 32' 34,7'' W 57° 10' 32,7''	Laguna Iberá
Mx C I2 sur	S 28° 33' 41,2'' W 57° 10' 20,4''	Laguna Iberá
Mx C I3	S 28° 40' 07,9'' W 57° 33' 56,7''	Laguna Fernández



**Figura 3.-** Río Miriñay y Ruta Provincial 114 - Paso Meza (S 28° 55' 0,3'' ; W 57° 14' 11,2)

**Tabla 2.-** Parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y metodología utilizada.  
Laboratorio de Química Ambiental de la FACENA (UNNE) - Corrientes.

PARÁMETRO MEDIDO	METODOLOGÍA UTILIZADA
Color	Fotocolorimetría
Conductividad	Conductimetría
pH	Potenciometría directa
Residuo Total por Evaporación	Gravimetría
Cloruros	Titulación volumétrica
Alcalinidad	Titulación volumétrica
Sulfatos	Turbidimetría
Nitrógeno amoniacal	Espectrofotometría visible
Nitrógeno de nitritos	Espectrofotometría visible
Nitrógeno de nitratos	Espectrofotometría visible
Dureza	Titulación volumétrica
Calcio	Titulación volumétrica
Magnesio	Cálculo
Hierro total	Espectrofotometría visible
Fósforo de o-fosfatos	Espectrofotometría visible
Oxígeno disuelto	Método de Winkler
Oxígeno consumido	Permanganimetría
DQO	Digestión con dicromato y titulación volumétrica
DBO <sub>5</sub>	Dilución-Incubación
Sodio	Emisión atómica

**Tabla 3.-** Agroquímicos analizados y metodología empleada  
Laboratorio de la APA - Resistencia (Chaco).

COMPONENTE ANALIZADO	METODOLOGÍA UTILIZADA
Aldrin	Extracción SPME/EPA Method 3510/8081 (detector uECD)
Dieldrin	"
Alpha-BHC	"
Beta- BHC	"
Delta BHC	"
Lindane	"
4,4'-DDD	"
4,4'-DDE	"
4,4'-DDT	"
Endosulfan I	"
Endosulfan II	"
Endosulfan sulfate	"
Endrin	"
Endrin aldehyde	"
Heptachlor	"
Heptachlor epoxide ( isomer B)	"
Methoxychlor	"
Cypermethrin	"
2-4 D	SPE/Análisis por HPLC (Detector DAD)
Glifosato	Pre- Derivatización/ Análisis por HPLC(Detector de fluorescencia)
AMPA	"



**Figura 4.**-Laguna Iberá (S 28° 32' 34,7"; W 57° 10' 32,7")



**Figura 5.**- Río Corriente y ruta provincial 123 - Paso Lucero (S 28° 59' 39,5"; W 58° 33' 32,3)

**Tabla 4.**- Agroquímicos más utilizados y dosis frecuentes. Fuente ACPA

PRINCIPIO ACTIVO-CONCENTRACIÓN	DOSIS
Cipermetrina	100 a 110 mL/ha
Gammacihalotrina	50 mL/ha
Lambdacihalotrina-Thiametoxam	100 a 150 mL/ha
Endosulfan	800 a 1000 mL/ha
Metamidofos	800 mL/ha
Deltametrina	80 a 100 mL/ha
*Imazapyr(52,5%)+Imazapic(15,5%)	140 g /ha
Penoxulam (24%)	100-150 mL / ha
Cyalofof – butil (18%)	1,5 - 2 L / ha
Bispyrac sodio (40%)	100 mL/ ha
Dicamba (57%)	100 mL / ha
Metsulfuron – metil (88,8%)	5 - 7 g / ha
2,4 D	0,6 - 1 L / ha
Fipronil (25%)	120 mL/kg
Glifosato( 48%)	2,5-3 L/ha
Clomazone (48%)	500 mL/ha

\* Se utilizan solo en las variedades de arroz que son resistentes a los herbicidas del grupo de las imidazolinonas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores encontrados de agroquímicos no revelan desvíos que evidencien situaciones anómalas en cuanto a la naturaleza de los recursos hídricos según sus propias variaciones estacionales, en consecuencia, no se han detectado hasta el momento situaciones problemáticas o alarmantes en relación a los niveles guía de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, Cuenca del Plata y Decreto N° 831/83, reglamentario de la Ley Nacional N° 24.051 de Residuos Peligrosos. Las concentraciones de los agroquímicos encontrados en aguas y/o sedimentos, durante los períodos estudiados para las tres cuencas se ilustran en las Tablas 4, 5 y 6.

La información generada hasta diciembre de 2012 evidencia detecciones ocasionales de componentes plaguicidas de uso en actividades de arroceras. Las inferencias que expliquen estas presencias son por ahora inseguras dada la aleatoriedad de esas apariciones que no permiten emitir juicios de valor severos en cuanto a la ocurrencia sistemática, a los responsables particulares de ellas y a la capacidad de asimilación de los cuerpos de aguas. La aparición de plaguicidas en todas las cuencas estudiadas como consecuencia de la actividad agrícola, es esporádica, ocasional y discontinua en cada cuerpo de agua monitoreado.

Aunque detectado, no se advierten concentraciones inadmisibles de Glifosato ni de su metabolito AMPA, teniendo como valor límite 280 µg/L, según la Ley Nacional de Residuos Peligrosos N° 24.051 y su Decreto reglamentario N° 831/93 - Anexo II. Numerosos autores concluyeron que bajo condiciones de usos normales el herbicida glifosato no presenta un peligro en los medios acuáticos cuando se encuentra suficientemente diluido en un gran cuerpo de agua o en un medio acuático lótico, y en consecuencia no constituye un riesgo tóxico (Amorós I., 2006). No obstante, en cuerpos de aguas poco profundas, lénticas o efímeras, a tasas normales de aplicación, la concentración del compuesto puede alcanzar niveles tóxicos (Martin T. K. Tsui et al. 2003).

Los plaguicidas encontrados, que en algunos casos superan los límites permisibles, son: aldrin, alfaBHC, endosulfan I y II, y 2,4 D. La ocurrencia se da tanto en aguas como sedimentos, si bien no siempre de modo simultáneo, ni en el mismo sitio de muestreo.

Con la aplicación de los resultados de la actividad conjunta llevada a cabo por las instituciones intervinientes y la consiguiente retroalimentación de la información, el valor más destacado de este trabajo es la aproximación a la protección ambiental óptima y sincronización entre estado y productores en el uso y vigilancia de productos agroquímicos utilizados como parte de los emprendimientos productivos arroceros de la región.

Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados originaron una extensa base de datos que obra en poder de las instituciones intervinientes en los estudios.



Tabla 5.-Plaguicidas encontrados en el Sistema Iberá. Casilleros en blanco = no detectado.

SITIOS	FECHA	ug/L de biocida en AGUA / ug/kg en SEDIMENTO										
		Aldrin	beta-BHC	4,4'DDE	Endosulfan I	Heptachlor epoxide	Metoxichlor	Permethrin	Cypermethrin	Glifosato	AMPA	2,4 D
C 11	21/02/2007	6,6							3,68			
	28/04/2009							5,88	46			
	29/07/2009					0,6	8		11			
	16/12/2009		0,28									
	13/03/2012								78,8			3,27
C 12 Norte												
C 12 Centre	31/05/2007											
	12/12/2011											0,80
C 12 Sur	21/02/2007								2,32			
	31/05/2007								1,12			
	27/02/2008							9,62				
	29/04/2009							21,7	6,8			
	29/07/2009							56,5				
	16/12/2009	0,54										
	12/12/2011									30		219
C 13	21/02/2007								0,31			
	31/05/2007								0,47			
	27/02/2008							0,77				
	23/06/2008			3,8	3,7	3,5						
	29/04/2009							57	7,9			
	29/07/2009					0,77			1,63			
	27/03/2012								0,09			

**Tabla 6.-Plaguicidas encontrados en la cuenca del Río Corriente. Casilleros en blanco = no detectado**

SITIOS	FECHA	ug/L de biocida en AGUA / ug/Kg en SEDIMENTO														
		Aldrin	alfa-BHC	beta-BHC	Endosulfan I	Endosulfan II	Endosulfate	Endrin aldehido	Heptachlor	Heptac epxoide	Cypermethrin	Deltamethrin	L-Cyhalothrin	Glifosato	AMPA	2,4D
CRC4	16/04/2009	0,046					0,16									
	10/03/2010		0,054-0,47													
CRC5	26/02/2007													0,47		
	27/04/2011									78,8						
CRC6	26/02/2007													54		
	31/05/2007										8		21,46			
	19/02/2008									0,54	3,72					
	27/05/2008														1	
	04/08/2009			1,16						90						
	09/12/2009		0,83			1	23	1,83								
	10/03/2010		0,40													
	23/11/2011								27		1220		557			
	26/06/2012	0,25			0,63	0,54										
	10/09/2012															2
	18/12/2012					18	16			160						
CRC7	13/11/2006			3,5												
	04/08/2009			4,0												
	10/03/2010		1,29							3,72						
	27/04/2011		6,0													
	23/11/2011								29		567		38015		0,70	
	10/09/2012														1	
	11/12/2012				150	151				40					1	
CRC8	26/02/2007													1,97		
	31/05/2007													0,43		
	09/12/2009			12												
	27/04/2011		0,038								120					
	09/08/2011															10,7
	23/11/2011								23,6		205		290			
	11/12/2012				43	46										
CRC9	23/11/2011		9,4						17,6		418		342			
	11/12/2012									33						

**Tabla 7.-**Plaguicidas encontrados en la cuenca del Río Miriñay. Casilleros en blanco = no detectado.

SITIOS	FECHA	ug/L de biocida en AGUA / ug/Kg en SEDIMENTO													
		Aldrin	alfa-BHC	4,4'DDE	Endosulfan I	Endosulfan II	Heptachlor	Heptachlor epoxide	Cypermethrin	Deltamethrin	L-Cyhalothrin	Fenvalerate	Glifosato	AMPA	2,4 D
CRM1	21/02/2007												1,59		
	31/05/2007								4,5				0,40		
	28/04/2009								9,13	130					
	29/07/2009								37						
	10/03/2010														25
CRM2	13/03/2007												1,68		
	31/05/2007												0,28		
	27/02/2008								15				0,24		
	03/06/2008													1	
	28/04/2009									12					
	29/07/2009								35						
	16/12/2009		0,22												
	13/04/2011			15,8											
	09/08/2011									12					5,4
	24/11/2011									138	4	112			
06/11/2012									36,8						
CRM3	31/05/2007														25
	03/06/2008			4,5	4,8				4					0,5	
	28/04/2009								1,58	120					
	29/07/2009								7						
	10/03/2010									12,25					
	27/03/2012														2,5
	26/06/2012	0,20			0,66	3,7	0,57	6,9		1450					5
	11/12/2012									260					
CRM4	03/06/2008													0,5	
	28/04/2009								2,5	50					
	29/07/2009								16						
	10/03/2010									4,7					
	13/04/2011										50				
	24/11/2011									13,6			204		
26/06/2012	97				96	5								7,5	
CRM5	13/04/2011									100					
CRM6	12/04/2011													24	
	24/11/2011								20			300	10	0,80	
	26/06/2012													5	
	10/09/2012													4	
11/12/2012				50	40			280							
CRM7	13/12/2011												4	26,73	

*Agradecimientos.* Agradecemos a la Asociación Correntina de Plantadores de Arroz por facilitar los contactos y accesos para los muestreos en predios privados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amorós I. et al, 2006. Assesment of toxicity of a glyphosate-based formulation using bacterial systems in lake water. Science Direct. Elsevier Ltd.
- Brady, N.; Weil, R., 1996. Soils and Chemical Pollution. Chapter 18 of book The Nature and Properties of Soils. Prentiss Hall International.
- Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para América Latina (RAP-AL), 2010. Contaminación y eutrofización del agua. Impactos del modelo de agricultura industrial. [www.rapaluguay.org/agrotóxicos/Uruguay/Eutrofización.pdf](http://www.rapaluguay.org/agrotóxicos/Uruguay/Eutrofización.pdf) (22-4-13).
- Tsui Martin T.K.; Chu L.M., 2003. Aquatic toxicity of glyphosate-based formulations: comparison between different organisms and the effects of environmental factors. Chemosphere 52. Elsevier Science Ltd.