

CALIDAD DEL MEDIO ACUATICO DEL RIO COLORADO

Convenio

**COMITE INTERJURISDICCIONAL DEL RIO COLORADO
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA**

Monitoreo de Agroquímicos en la Cuenca del río Colorado

Paola Selzer

COIRCO

Ramón Mauricio Sánchez

INTA - UNS

Luciana Dunel Guerra

INTA



2011 - 2012

Hoja en Blanco

INDICE

INTRODUCCIÓN	<i>Pág. 1</i>
OBJETIVOS	<i>Pág. 3</i>
MATERIALES Y METODOS	<i>Pág. 4</i>
Descripción del área de estudio	<i>Pág. 4</i>
Estaciones de monitoreo y frecuencia	<i>Pág. 7</i>
Metodología de muestreo	<i>Pág. 9</i>
Sustancias investigadas y métodos analíticos	<i>Pág. 9</i>
RESULTADOS	<i>Pág. 12</i>
Plaguicidas	<i>Pág. 12</i>
Salinidad y sodicidad	<i>Pág. 14</i>
<i>Aptitud del agua del río Colorado para irrigación</i>	<i>Pág. 14</i>
Fósforo total y nitratos	<i>Pág. 14</i>
Temperatura, conductividad eléctrica y pH	<i>Pág. 17</i>
CONCLUSIONES	<i>Pág. 19</i>
BIBLIOGRAFÍA	<i>Pág. 20</i>
ANEXO	

Hoja en Blanco

INTRODUCCION

Según FAO (2011) un plaguicida es una sustancia o mezcla de sustancias destinada a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo vectores de enfermedades humanas o animales, especies indeseables de plantas o animales capaces de causar daños o interferir de cualquier otra forma con la producción, procesamiento, almacenamiento, transporte o mercado de los alimentos, otros productos agrícolas, madera y sus derivados o alimentos animales, o que pueden ser administrados a los animales para el control de insectos, arácnidos u otras plagas en sus organismos.

Uno de los problemas ambientales presentes en casi todas las áreas agrícolas del mundo, es el de los efectos negativos derivados del uso inadecuado de estos productos. Si bien representan un beneficio innegable, al garantizar una mayor producción agrícola y haciendo que la misma sea mucho más rentable, su aplicación entraña riesgos tóxicos para la salud, ya sea de forma accidental o por un manejo inapropiado (EPA, 2003).

Atendiendo a su movilidad, la contaminación por plaguicidas puede tener lugar en el aire, suelo, agua y biósfera. El agua es una vía muy importante a través de la cual los plaguicidas se extienden por el medio ambiente. De este modo, el plaguicida puede ser desplazado horizontalmente, por escorrentía superficial, o verticalmente a través de la zona no saturada por lixiviación, pudiendo alcanzar el agua subterránea; durante su paso a través del suelo, el plaguicida puede quedar adsorbido, y/o sufrir transformaciones químicas o microbianas, así como degradación, proceso que reduce o elimina la presencia del plaguicida en el medio ambiente. Como consecuencia de las contaminaciones de los tres compartimentos ambientales (aire, suelo, agua), puede producirse la contaminación de la biósfera. Los plaguicidas pueden entrar en los organismos vivos a través de la piel, durante la respiración, o por medio de la alimentación. En este compartimento pueden distinguirse tres procesos diferenciados: bioconcentración, bioacumulación y biomagnificación (Pitarch Arquimbau, 2001).

Cada vez más, el conocimiento de los niveles de plaguicidas presentes en aguas superficiales y subterráneas se ha convertido en un tema de interés social debido a su posible impacto medioambiental. Ello genera la necesidad de metodologías analíticas capaces de determinar plaguicidas a niveles trazas con un nivel de fiabilidad aceptable (Martínez Vidal, 2004).

La contaminación de ecosistemas acuáticos y terrestres con compuestos organopersistentes es denunciada desde hace más de 40 años. El *Hexaclorociclohexano* (HCH's) es un insecticida organoclorado muy utilizado desde 1947 y fue registrado por primera vez en el aire ártico en 1979 en una concentración de 1000 pg/m³ en el mar de Bering (Tanabe y Tatsukawa, 1980). Su uso

persistió en algunos países hasta el año 2000 (Li, 1999). Otro plaguicida organoclorado, el *Diclorodifeniltricloroetano* (DDT), fue uno de los primeros químicos sintéticos que ampliamente se distribuyó y dispersó en el ambiente ya que fue utilizado para controlar plagas de insectos en prácticas agrícolas y epidemias humanas. A partir de su toxicidad para el hombre y animales se prohibió en el año 1955 en 59 países. (Li y Bidleman, 2003). Su vida media ha sido estimada en suelo en Estados Unidos entre 2 y 15 años (Augustijn- Beckers et al, 1994) y en Canadá esta estimación llega a los 20 años. En los años '50 se introdujo el plaguicida *Endosulfán* como un producto no sistémico y de acción insecticida por ingestión para controlar plagas de insectos en semillas, granos, frutas, hortalizas y otros cultivos como tabaco y algodón así como preservante de madera. Su utilización fue mundialmente aceptada y ampliado su uso para aplicaciones de salud pública. Sus residuos han sido detectados ampliamente en todos los ambientes, inclusive en aguas subterráneas, siendo su vida media en agua de cuatro días, pero puede permanecer hasta 180 días en condiciones anaeróbicas y resulta extremadamente tóxico para peces, produciendo disrupción en los animales acuáticos (Joint Canada – Philippines Planning Committee, 1995).

En la actualidad los insecticidas organofosforados han reemplazado en gran parte a los organoclorados (Asselborn, 2000). Son generalmente más tóxicos en términos de toxicidad aguda, pero son degradados más rápidamente (Bull & Hathaway, 1986). Existe una tendencia a asumir que la presencia de compuestos organofosforados tiene menor consecuencia en los sistemas acuáticos, sin embargo muchos estudios han demostrado la persistencia y acumulación de insecticidas organofosforados en plantas acuáticas y existen antecedentes de que las algas poseen una alta capacidad de concentrar estos insecticidas desde el medio (Yi-xiong & Bo-Zen, 1987). Uno de los insecticidas organofosforados más empleado en las actividades agrícolas de la Argentina es el *Clorpirifos* cuyo sitio de acción primaria al igual que de otros insecticidas organofosforados, es la enzima colinesterasa, a la cual inactivan por fosforilación (CASAFE, 1999).

Dentro del marco del Convenio COIRCO - INTA se desarrolló el “Programa de Monitoreo de Agroquímicos en la Cuenca del río Colorado”, entre Septiembre de 2011 y Marzo de 2012. Se efectuó en principio el relevamiento de los agroquímicos utilizados a lo largo de la cuenca del río Colorado, posteriormente se llevo adelante el monitoreo del agua de ingreso en las principales áreas bajo riego y sus correspondientes vías de retorno. La información provista por diferentes organismos (CORFO, INTA, DPA y el Ente Provincial de Río Colorado), fue utilizada como base para determinar los compuestos a evaluar y los sitios y frecuencia de muestreo. Los análisis de residuos de agroquímicos incluyeron todos los compuestos de uso permitido, utilizados en el área de estudio y también otros, de uso actualmente restringido o prohibido, que podrían provenir de la utilización clandestina. Paralelamente se evaluó la salinidad y sodicidad de las aguas del río y sus retornos, incluyendo además la evaluación de los aportes de fósforo total y nitratos originados por la actividad agrícola.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar y cuantificar la presencia de residuos de agroquímicos provenientes de la actividad agrícola y el consecuente impacto sobre la calidad del agua del río Colorado.

Objetivos específicos

- Evaluar la presencia de plaguicidas en columna líquida y su influencia sobre la aptitud del agua para irrigación, consumo humano y protección para la vida acuática.
- Estudiar la salinidad y sodicidad del agua en los ingresos y retornos y su influencia sobre la aptitud del agua del río Colorado para irrigación.
- Analizar los aportes de fósforo total y nitratos provenientes de la actividad agrícola.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del área de estudio

El río Colorado nace a los 36° 52' S y 69° 45' O, sus aguas son compartidas por las provincias de Mendoza, Neuquén, La Pampa, Río Negro y Buenos Aires, lo que lo convierte en una cuenca hídrica interprovincial. Pertenece al grupo de los ríos Patagónicos de vertiente atlántica, formado por la confluencia de los ríos Barrancas y Grande. Desde los orígenes de esta cuenca en la Cordillera de los Andes, hasta su desembocadura en el Océano Atlántico, presenta una extensión de 1200 km, de los cuales 920 km corresponden al río Colorado. Presenta un régimen nival, con crecidas a partir del mes de octubre o noviembre, que pueden extenderse hasta los meses de enero y febrero, dependiendo de las condiciones climáticas. De acuerdo a la serie de datos extraídos de la estación Buta Ranquil, el caudal medio histórico es de 150 m³/seg (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2009).

Las principales áreas bajo riego corresponden a las provincias de La Pampa, Río Negro y Buenos Aires. En la Tabla 1 se indica el total de las áreas potencialmente regables en cada una de las provincias ribereñas, según el Acuerdo firmado entre ellas. Se informa también el total de los consumos de agua para el año 2011, según las declaraciones de cada una de las jurisdicciones provinciales, expresados en equivalente a hectáreas regadas.

Tabla 1. Áreas de riego en la cuenca del río Colorado (COIRCO, 2011)

Provincia	Acuerdo Interprovincial	
	Area potencial a regar [Ha]	Area actualmente bajo riego
Mendoza	1.000 + (1).	-
Neuquén	1.000 + (2).	500
La Pampa	85.100	9.500
Río Negro	85.100	12.800
Buenos Aires	145.900.	136.000
	318.100 + (1)	158.800

Ref.: (1) áreas posibles a regar con el trasvase al río Atuel (2) compensación eventual por sustitución del embalse Torrecillas.

En la Figura 1 se observan las áreas bajo riego a lo largo de la cuenca del río Colorado.



Figura 1. Cuenca del río Colorado, principales localidades y áreas bajo riego.

Áreas bajo riego de la provincia de Neuquén

El Río Colorado, con caudales que varían de acuerdo a la época del año, dio vida a pequeños valles como Octavio Pico y Rincón de los Sauces, localizados en la región de Pehuenches.

Al nordeste provincial y sobre la margen derecha del río se ubica Rincón de los Sauces, localidad que ha tenido un crecimiento sostenido apoyado en la actividad hidrocarburífera de la región. La actividad primaria vinculada a la ganadería y agricultura es de poco impacto económico final aunque con importante cantidad de productores que se dedican a la misma. En este sector de la cuenca el cauce del río presenta un valle muy estrecho y la principal infraestructura de riego consiste en un canal que permite irrigar aproximadamente 250 hectáreas en la actualidad. A fines de la década pasada el sistema se amplió al instalarse una bocatoma fija y un nuevo canal de 12 km de largo que abastece de agua al este y oeste de la localidad. El diseño de estas obras permitiría aumentar hasta 2.000 ha.

Octavio Pico es una localidad ubicada en el noreste neuquino y presenta un lugar ideal para el desarrollo de actividades primarias. La mayoría de los trescientos pobladores que residen allí se dedican a la crianza de ganado caprino y bovino además de la producción de pasturas.

Area bajo riego de la provincia de La Pampa

Abarca una amplia extensión en la provincia, donde el río Colorado baña su costa a lo largo de casi 500 Km. El sistema de aprovechamiento hídrico logrado en 25 de Mayo y Colonia Chica, son los más desarrollados. La zona cuenta con producción forestal de álamos, que es industrializada al pie del bosque. En el aspecto agrícola ganadero, importantes emprendimientos privados han avanzado en la sistematización de tierras hasta hace poco improductivas. La plantación de vides, destinadas a la producción de vinos finos, es otra faceta puesta en marcha con una moderna bodega instalada en el Parque Industrial (Revista del área bajo riego, Agosto 2005).

La actividad agrícola de la zona de 25 de Mayo se concentra en el valle, basándose en cultivos hortícolas (tomate y papa) y frutihortícolas (durazno, manzana, pera, vid, nogal y cerezo). Hay extensas áreas de alfalfares y pasturas consociadas, que tienen como principal finalidad la fijación del suelo luego de su emparejamiento. La actividad pastoril es escasa, de tipo extensivo sobre vegetación natural y sin tecnificación, lo que la sitúa como área de cría de baja productividad.

Areas bajo riego de la provincia de Río Negro

Las principales áreas bajo riego de esta provincia son: Valle Verde, Peñas Blancas, Colonia Catriel y Río Colorado. Las dos primeras comprenden aproximadamente 3700 ha bajo riego en forma directa del río. La actividad frutícola involucra durazno, manzana, pera, vid, entre otras. Existen alfalfares bien desarrollados y pasturas consociadas, con la finalidad de fijar el suelo luego de su emparejamiento y que cubren la mayor parte de la superficie regada. La actividad ganadera tiene carácter extensivo sobre vegetación natural. El pastoreo es bovino, ovino, caprino y equino simultáneamente sin apotreramiento ni aguadas artificiales y con baja carga animal. Se trata de un área de cría de baja productividad.

Gran parte de la actividad agrícola de la zona de Catriel se desarrolla en sectores del valle no inundables donde a pesar del nivel freático cercano a la superficie, los cultivos bajo riego que predominan en la zona son forrajeras y cultivos hortícolas. La ganadería es principalmente bovina, caprina y equina. Es un área de cría, y solo ocasionalmente se hace engorde dada la baja a nula productividad de las pasturas naturales invernales.

En el valle de Río Colorado, se localiza una intensa actividad agrícola, basada fundamentalmente en la fruticultura, vid, horticultura y alfalfa. Es por lo tanto el área donde se ubican los principales establecimientos productivos como Colonia Reig y Colonia Julia-Echarren.

Áreas bajo riego de la provincia de Buenos Aires

El Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC) cuenta con campos mixtos de secano y de riego. Predominantemente sus suelos son arenosos lo cual permite el adecuado crecimiento de una amplia variedad de cultivos, que incluyen: cereales (girasol, maíz, trigo y sorgo), pasturas (alfalfa y agropiro) y hortícolas (cebolla, zapallo y ajo). El principal sistema de riego que se utiliza es por gravedad.

El área de regadío comprende algunos cuarteles de los Partidos de Villarino y Patagones, sobre las márgenes izquierda y derecha respectivamente, del río Colorado, envolviendo una superficie total de 535.000 ha de las cuales 140.000 ha tienen concesión de riego. En la actualidad se están regando aproximadamente 135.000 ha. La mayor demanda hídrica por parte de los principales cultivos se produce en los meses de diciembre y enero. La red de drenaje del valle descarga directamente al mar por medio de siete colectores principales con una longitud de 397 km.

El cultivo intensivo, particularmente la cebolla, ha tenido una gran importancia en la tecnificación de la aplicación del riego por gravedad, uso de agroquímicos, empaque y comercialización al exterior (Sitio Web CORFO Río Colorado, 2012).

Estaciones de monitoreo y frecuencia

Se tomaron muestras de columna de agua en forma sistemática en dos ambientes:

- retornos, cuya principal función es la de conducir los excedentes de agua de riego en las áreas agrícolas, razón por la cual están más expuestos a recibir los residuos de los agroquímicos.
- cauce del río Colorado.

La primer campaña se llevó a cabo en septiembre de 2011, coincidiendo con una época de baja aplicación de productos agroquímicos. Se tomaron muestras en dos sitios, uno de ellos sobre el río Colorado, aguas abajo de los retornos de Colonia 25 de Mayo y Colonia Catriel y el otro en el retorno principal del área agrícola bajo riego de Río Colorado (estaciones 4 y 6, Tabla 2, Figura 2).

La segunda campaña se realizó en diciembre de 2011, época de máxima aplicación de agroquímicos. Se tomaron muestras en diez puntos incluyendo los retornos más representativos de cada área bajo riego (estaciones 2, 3, 6, 8, 9 y 10, Figura 2) y distintas ubicaciones sobre el río Colorado (estaciones 1, 4, 5 y 7, Figura 2).

La tercera campaña se realizó en marzo de 2012, extrayéndose muestras en tres estaciones coincidentes con los tres principales retornos de los sistemas bajo riego que drenan sus efluentes al río (estaciones 2, 3 y 6, Figura 2). Los tres retornos correspondientes al VBRC, considerados en la campaña de diciembre, drenan sus aguas directamente al Océano Atlántico, por lo que no fueron monitoreados en esta oportunidad. En esta última etapa se integró una determinación en la toma de agua potable de la localidad de Pedro Luro ("Toma", Tabla 2).

Tabla 2. Sitios de muestreo, ubicación, descripción y coordenadas.

Estación	Ambiente	Provincia	Ubicación	Descripción	Coordenadas	
					Lat. (S)	Long. (O)
1	Río	La Pampa	Colonia 25 de Mayo	Aguas arriba de la derivación para el sistema agrícola "El Sauzal"	37°40'31"	67°45'57"
2	Retorno	La Pampa	Colonia 25 de Mayo	Colector principal de drenaje	37°53'24"	67°36'25"
3	Retorno	Río Negro	Colonia Catriel	Colector principal de drenaje	37°55'37"	67°51'37"
4	Río	La Pampa	Pasarela Medanita	Aguas abajo de los sistemas de riego de Catriel y 25 de Mayo	38°01'34"	67°52'54"
5	Río	La Pampa	Río Colorado	Aguas arriba del sistema de riego de Río Colorado	38°51'57"	64°32'34"
6	Retorno	Río Negro	Río Colorado	Colector principal de drenaje	39°05'36"	63°56'13"
7	Río	Buenos Aires	VBRC	Aguas arriba del sistema de riego del VBRC (Toma I)	39°25'28"	63°06'06"
8	Retorno	Buenos Aires	VBRC	Colector II	39°19'09"	62°22'20"
9	Retorno	Buenos Aires	VBRC	Colector I	39°25'08"	62°15'05"
10	Retorno	Buenos Aires	VBRC	Colector D	39°48'59"	62°22'83"
Toma	Río	Buenos Aires	Pedro Luro	Toma para agua potable	39°31'30"	62°40'43"

Ref.: VBRC: Valle Bonaerense del Río Colorado



Figura 2. Sitios de muestreo. 1- Sitio de referencia; 2 – Retorno Colonia 25 de Mayo; 3- Retorno Catriel, 4- río Colorado, aguas abajo de los sistemas de riego de Colonia 25 de mayo y Colonia Catriel; 5- río Colorado, aguas abajo del embalse Casa de Piedra; 6- Retorno Río Colorado; 7- Aguas arriba del sistema bajo riego del VBRC (Toma I); 8- Retorno VBRC (Colector II); 9 – Retorno VBRC (Colector I); 10- Retorno VBRC (Colector D); Toma- Punto cercano a la toma para agua potable de la localidad de Pedro Luro.

Metodología de muestreo

En todas las ocasiones se tomaron muestras superficiales de agua en frascos de vidrio color caramelo de 1 (un) litro de capacidad, rigurosamente acondicionados de acuerdo a APHA, AWWA, WEF (2000) y COIRCO (2011). En cada estación se colectó 1 (un) litro de muestra para análisis fisicoquímico y 1 (un) litro para la determinación de residuos agroquímicos. Las muestras se preservaron en conservadoras con hielo a 4 °C, desde la extracción hasta su arribo al laboratorio. El tiempo de almacenamiento en las condiciones prescriptas no superó los 7 días según lo recomendado por APHA, AWWA, WEF (2000).

Sustancias investigadas y métodos analíticos

Los análisis fisicoquímicos fueron llevados a cabo por el Laboratorio de Análisis Químicos, LANAQUI (CERZOS - CONICET - UNS) en la ciudad de Bahía Blanca. Se determinó la conductividad eléctrica, pH, concentraciones de iones mayoritarios, fósforo total y nitratos. Además se calculó la Relación de Adsorción de Sodio (RAS). Asimismo se efectuó una contraprueba de los análisis en el Laboratorio de Suelos y Agua de INTA Ascasubi. Las determinaciones de

plaguicidas se realizaron en el Centro de Investigación y Asistencia Técnica a la Industria Agroalimentaria (CIATI) ubicado en la ciudad de Villa Regina. Se incluyeron aquellos agroquímicos de uso permitido, utilizados en el área de estudio y también otros, de uso actualmente restringido o prohibido, que podrían provenir de la utilización clandestina. En la Tabla I del Anexo se muestra la legislación Argentina vigente en relación al uso de los plaguicidas evaluados en el presente estudio (Ministerio de Salud, 2011). En la Tabla 3 se muestran los grupos de plaguicidas investigados, los métodos analíticos empleados y sus respectivos límites de detección y cuantificación.

Tabla 3. Plaguicidas investigados, método analítico, límites de detección y cuantificación.

Plaguicida	Método analítico	Límite de detección (mg/l)	Límite de cuantificación (mg/l)
<u>Organoclorados</u>			
Heptacloro + heptacloro epóxido	Met. 03	0.00001	0.00002
Endosulfan	RP 500	0.005	0.01
Aldrin/dieldrin	Met. 03	0.00001	0.00002
Clordano	Met. 03	0.00001	0.00002
DDT + metabolitos	Met. 03	0.00001	0.00002
Endrin	RP 500	0.005	0.01
γ-hexaclorociclohexano (lindano)	Met. 03	0.005	0.00002
Pentaclorofenol	GC-MS	0.000002	0.000006
2,4,6 - Triclorofenol	GC-MS	0.000002	0.000006
2,4,6 - Tribromofenol	GC-MS	0.000002	0.000006
<u>Organofosforados</u>			
Metilazinfos	RP 500	0.005	0.01
Disulfoton	RP 500	0.005	0.01
Metildemeton	RP 779	0.005	0.01
Etilparation	Met. 03	0.00001	0.00002
Metribuzin	RP 500	0.005	0.01
Dimetoato	RP 779	0.005	0.01
Fenitroton	RP 500	0.005	0.01
Metidation	RP 500	0.005	0.01
Clorpirifos	RP 500	0,002	0.005
Glifosato	RP 5847	0,005	0.01
Metilparation	Met. 03	0.00001	0.00002
Monocrotofos	RP 779	0,005	0.01
<u>Carbamatos</u>			
Pirimicarb	RP 779	0,005	0.01
Carbofuran	RP 779	0,005	0.01
Carbaril	RP 779	0,005	0.01
Ditiocarbamatos	RP 854	0.02	0.05
<u>Piretroides</u>			
Cipermetrina	RP 500	0,02	0.05
Lamda - cihalotrina	RP 500	0,005	0.01
Deltametrina	RP 500	0,005	0.01
Permetrina	RP 500	0,005	0.01
<u>Fungicidas</u>			

Metalaxil	RP 500	0,005	0.01
Bupirimato	RP 500	0,005	0.01
Captan	RP 500	0,005	0.02
<u>Herbicidas</u>			
Atrazina (+ metabolitos)	RP 779	0,005	0.01
Pendimetalin	RP 500	0,005	0.01
Trifuralina	RP 500	0,005	0.01
Linuron	RP 779	0,005	0.01
Metoxicloro	Met. 03	0,00001	0.00002

Met. 03: Konrad, J., Pionke, H. B., and G. Chesters, Annalys 94, 490 (1969). Determinación por GC-MS-MS.

RP 500: Determinación de residuos de plaguicidas usando GC-MS-MS después de extracción/partición con acetonitrilo y limpieza por SPE (método QUECHERS). Método europeo EN 15662. RP 5847: Determinación de glifosato en alimentos por HPLC con derivatización postcolumna y detección por fluorescencia. Basado en método Oficial AOAC 2000.05 (2000), método EPA547 (1990) y método AOAC 991.08 (1993). RP 779: determinación de residuos de plaguicidas usando LC-MS-MS después de extracción/partición con acetonitrilo y limpieza por SPE (método QUECHERS). Método europeo EN 15662. RP 854: Determinación de Ditiocarbamatos por GC-PFPD. GC-MS: Cromatografía de gases y detector de masas.

RESULTADOS

Plaguicidas

Los resultados arrojados por los análisis de residuos agroquímicos en muestras de agua superficiales en retornos y en el río se presentan en la Tabla 4. Los resultados obtenidos en las muestras recolectadas en el río Colorado durante las tres campañas, fueron comparados con los valores guía que definen la aptitud de agua para diferentes usos.

Tabla 4. Valores hallados de residuos agroquímicos en el período Septiembre 2011 - Marzo 2012 y valores guía para irrigación y protección de la vida acuática.

Plaguicidas	Valor hallado (mg/l)	Valor Guía (mg/l)		
		Irrigación	Agua potable	Vida Acuática
<u>Organoclorados</u>				
Heptacloro + heptacloro epóxido	<0,00001	-	0,0004/0,0002 ⁽⁴⁾	0,00001 ⁽³⁾
Endosulfan	<0,005	-	-	0,000003 ⁽³⁾
Aldrin/dieldrin	<0,00001	-	0,00003 ⁽¹⁾	0,000004 ⁽³⁾ (Aldrin)
Clordano	<0,00001	-	0,0002 ⁽¹⁾	0,000006 ⁽³⁾
DDT + metabolitos	<0,00001	-	0,001 ⁽¹⁾	0,000001 ⁽⁴⁾
Endrin	<0,005	-	0,0006 ⁽¹⁾	0,0000023 ⁽³⁾
γ-HCH (lindano)	<0,005	-	0,002 ⁽¹⁾	-
Pentaclorofenol	<0.000002	-	0,009 ⁽¹⁾	0,0005 ⁽³⁾
2,4,6 – Triclorofenol	<0.000002	-	0,2 ⁽¹⁾	0,018 ⁽³⁾
<u>Organofosforados</u>				
Metilazinfos	<0,005	-	-	-
Disulfoton	<0,005	-	-	-
Metildemeton	<0,005	-	-	-
Etilparation	<0,00001	-	0,05 ⁽²⁾	0,000013 ⁽⁵⁾
Metribuzin	<0,005	0,0005 ⁽³⁾	0,08 ⁽²⁾	0,001
Dimetoato	<0,005	-	0,006 ⁽¹⁾	0,0062

Fenitrothion	<0,005	-	-	-
Metidation	<0,005	-	-	-
Clorpirifos	<0,002	-	0,03 ⁽¹⁾	0,000002
Glifosato	<0,005	-	0,28 ⁽²⁾	0,065
Metilparation	<0,00001	-	-	-
<u>Carbamatos</u>				
Pirimicarb	<0,005	-	-	-
Carbofuran	<0,005	-	0,007 ⁽¹⁾	0,0018 ⁽³⁾
Carbaril	<0,005	-	0,09 ⁽²⁾	0,0002 ⁽³⁾
Mancozeb	<0,02	-	-	-
<u>Piretroides</u>				
Cipermetrina	<0,02	-	-	-
Lambdacihalotrina	<0,005	-	-	-
Deltametrina	<0,005	-	-	0,0000004 ⁽³⁾
Permetrina	<0,005	-	-	0,000004 ⁽³⁾
<u>Fungicidas</u>				
Metalaxil	<0,005	-	-	-
Bupirimato	<0,005	-	-	-
Captan	<0,01	-	-	0,0013 ⁽³⁾
<u>Herbicidas</u>				
Atrazina (+ metabolitos)	<0,005	-	0,005 ⁽²⁾	0,0018 ⁽³⁾
Pendimetalin	<0,005	-	0,02 ⁽¹⁾	-
Trifuralina	<0,005	-	0,02 ⁽¹⁾	0,0002 ⁽³⁾
Linuron	<0,005	0,000071 ⁽³⁾	-	0,007 ⁽³⁾
Metoxicloro	<0,00001	-	0,02 ⁽¹⁾	-

Ref.: ⁽¹⁾ OMS: Guías para la Calidad del Agua Potable – 3ra edición, 2008 ⁽²⁾ CCME: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, 2010 ⁽³⁾ CEQG: Canadian Environmental Quality Guidelines, 2011 ⁽⁴⁾ US EPA: National Primary Drinking Water Regulations ⁽⁵⁾ US EPA National Recommended Water Quality Criteria.

Los resultados hallados fueron coincidentes en las tres campañas para todos los sitios de muestreo. La situación general fue la no detección de residuos de agroquímicos en ninguno de los ambientes estudiados durante las tres campañas de monitoreo.

Salinidad y sodicidad

Aptitud del agua del río Colorado para irrigación

La aptitud del agua para riego fue analizada según las Normas Riverside. En la Tabla 5 se presentan los resultados de pH, conductividad eléctrica, sodio, calcio y magnesio, como los valores de RAS obtenidos en los diferentes sitios sobre el río Colorado durante las tres campañas de muestreo.

Tabla 5. Compilado de los resultados de pH, conductividad eléctrica, cationes y RAS sobre los sitios de muestreo ubicados a lo largo del río Colorado, en las campañas de Septiembre y Diciembre 2011 y Marzo 2012.

Campaña	Sitio de muestreo	pH	C.E. (dS/m)	Cationes (mg/l)				RAS
				Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	
Septiembre 2011	4	7.9	1.46	164	13	127	-	3.70
	1	7.5	0,88	78	7	83	1.3	2,21
Diciembre 2011	4	7.5	0,77	78	7	89	4.4	2,14
	5	7.6	1,44	182	15	146	6.8	3,82
	7	7.6	1,53	199	16	157	7.2	4,04
Marzo 2012	Toma	7.5	1.20	154	12	92	2.9	4.0

De acuerdo a las Normas Riverside, las muestras correspondieron a la categoría C3 S1, clasificándose como “aguas utilizables para riego con precauciones”. En la Tabla II del Anexo, se presenta la descripción de cada una de las categorías según las Normas de Riverside.

Fósforo total y Nitratos

En el río Colorado el mínimo registro de fósforo total fue 0,03 mg/l en septiembre 2011 en Pasarela Medanito (Estación 4) y los máximos registros correspondieron a 0,324 mg/l en el mismo sitio en la campaña de diciembre. En el sitio tomado como referencia, aguas arriba de la derivación hacia el sistema agrícola “El Sauzal” se registraron 0,283 mg/l (Figura 3).

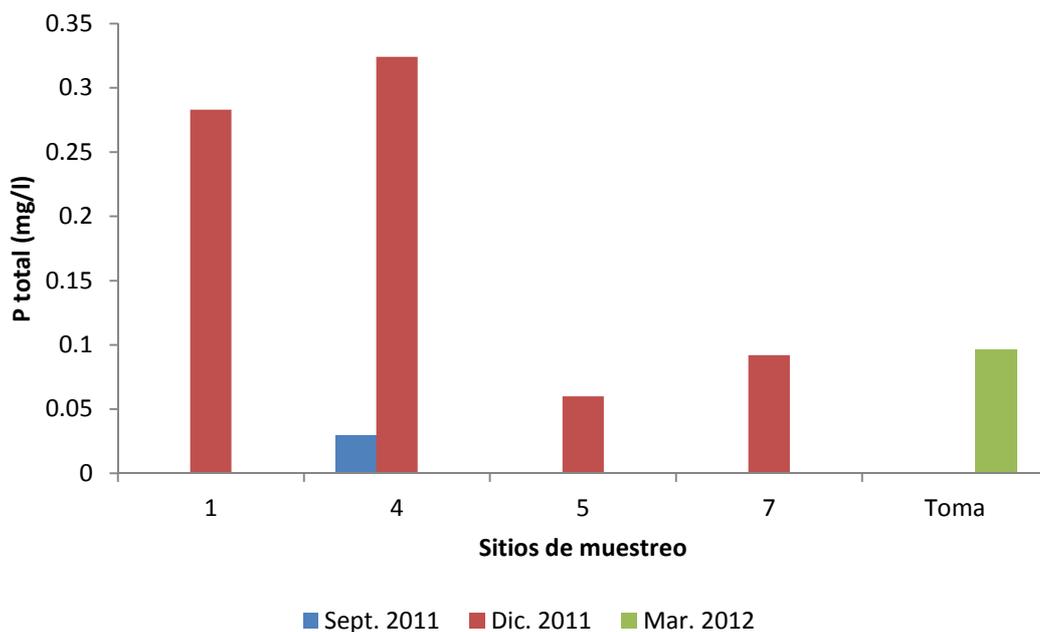


Figura 3. Concentración de fósforo total (mg/l) en el agua superficial del río Colorado durante las tres campañas de muestreo.

Se observó una marcada disminución en la concentración de fósforo total entre la estación ubicada en Pasarela Medanito (Estación 4) y la estación ubicada aguas abajo del embalse Casa de Piedra (Estación 5) desde 0,324 a 0,06 mg/l, lo cual probablemente sea una consecuencia del efecto de sedimentación, de la mayor parte del fósforo que ingresa al embalse. Existen antecedentes (COIRCO 2000, Subprograma Evaluación del Estado Trófico del Embalse Casa de Piedra), que sugieren una relación directa entre el fósforo total y los sólidos suspendidos totales y cómo van disminuyendo ambas concentraciones en dirección a la presa. Por lo tanto, es acertado pensar que la diferencia entre los valores en Pasarela Medanito con respecto a los de aguas abajo del embalse se deba a la sedimentación del fósforo particulado.

En los retornos osciló entre 0,003 y 0,16 mg/l, correspondiendo los valores máximos a los retornos de Río Colorado (0,01 mg/l) y VBRC (0,127 mg/l) (Figura 4).

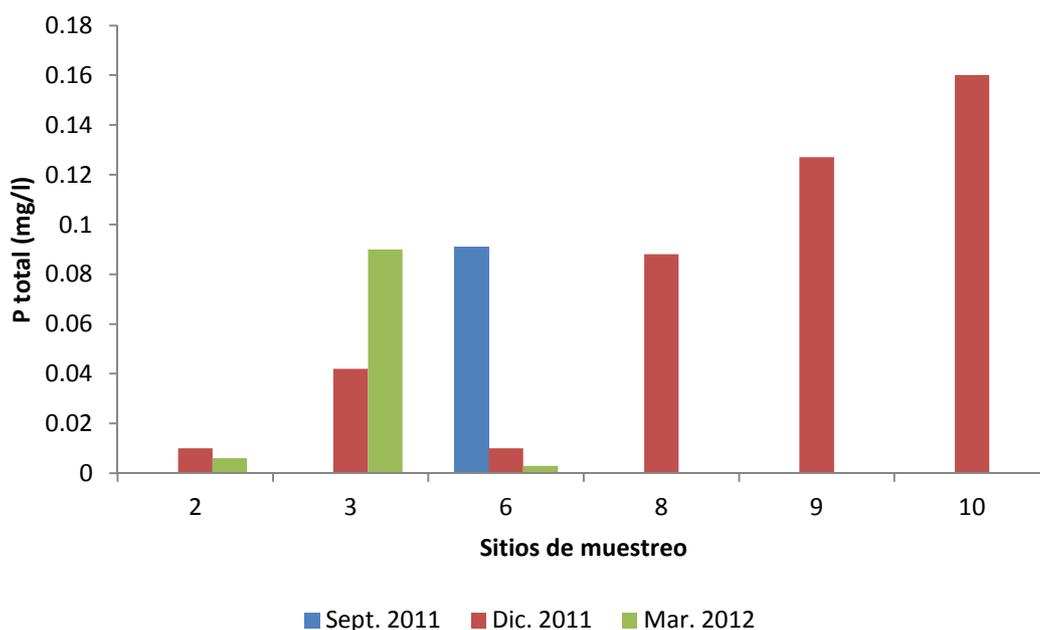


Figura 4. Concentración de fósforo total (mg/l) en el agua de los retornos durante las tres campañas.

Las concentraciones de nitratos (NO_3^-) en aguas del río Colorado, oscilaron entre 0,28 y 1,68 mg/l (Figura 5). Las concentraciones halladas a lo largo de su recorrido resultaron muy inferiores a los máximos recomendados para la protección de la vida acuática (13 mg/l según CEQG 2012).

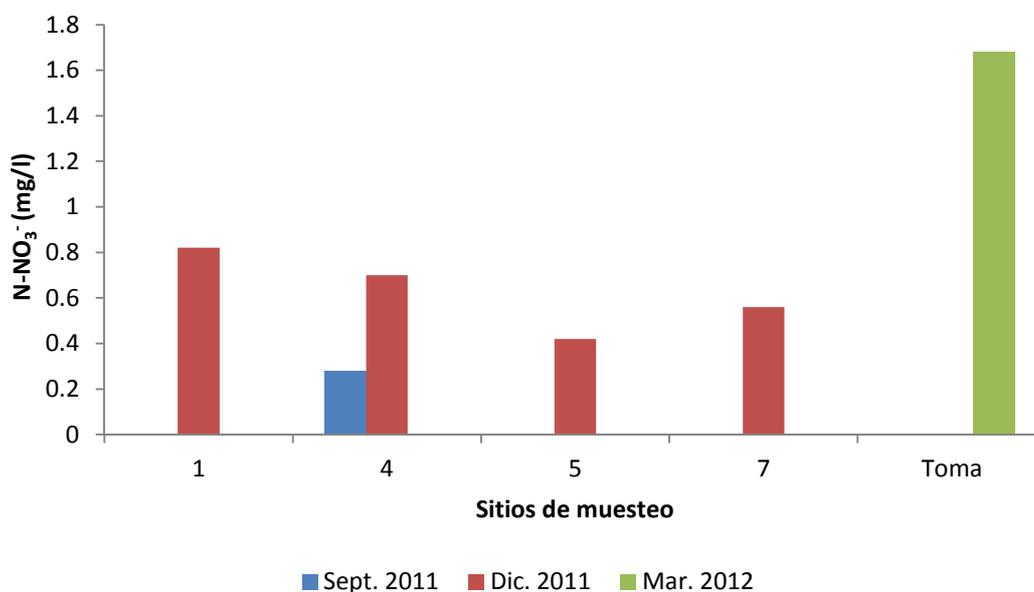


Figura 5. Concentración de nitratos (mg/l) en el agua superficial del río Colorado en las tres campañas de muestreo.

En la Figura 6 se muestran los valores de nitratos en el agua de los retornos monitoreados en cada una de las campañas de muestreo.

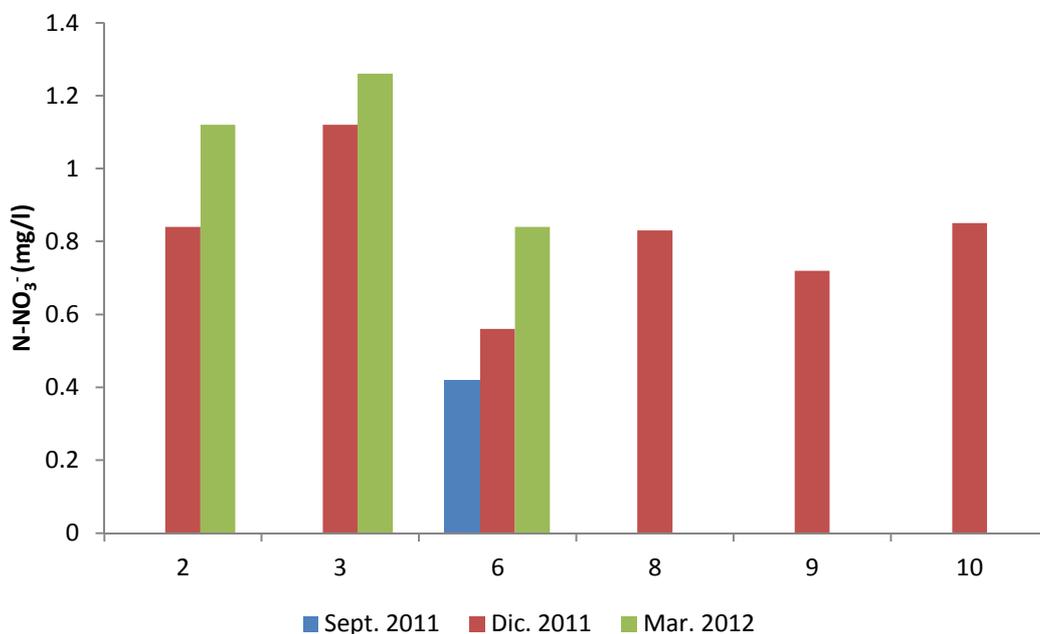


Figura 6. Concentración de nitratos (mg/l) en el agua de los retornos en las tres campañas de muestreo.

Temperatura, conductividad eléctrica y pH

En la Tablas 6 y 7 se muestran los valores de temperatura del agua in situ (°C) y la conductividad eléctrica (dS/m) y pH determinados en laboratorio correspondientes a las estaciones sobre el río y retornos respectivamente.

Tabla 6. Temperatura del agua (°C), conductividad eléctrica (dS/m) y pH en las Estaciones del río.

Estación	Sep 2011			Dic 2011			Mar 2012		
	T (°C)	CE (dS/m)	pH	T (°C)	CE (dS/m)	pH	T (°C)	CE (dS/m)	pH
1	-	-	-	19,1	0,88	7,5	-	-	-
4	-	-	-	23,6	0,77	7,5	-	-	-
5	-	-	-	24,9	1,44	7,6	-	-	-
7	-	-	-	22,7	1,53	7,6	-	-	-
Toma	-	-	-	-	1,20	7,5	-	-	-

Tabla 7. Temperatura del agua (°C), conductividad eléctrica (dS/m) y pH en los retornos.

Estación	Sep 2011			Dic 2011			Mar 2012		
	T (°C)	CE (dS/m)	pH	T (°C)	CE (dS/m)	pH	T (°C)	CE (dS/m)	pH
2	-	-	-	22,1	1,51	7,2	-	-	-
3	-	-	-	23,5	2,14	7,5	-	-	-
6	-	-	-	24	3,55	7,3	18,5	3,5	7,1
8	-	-	-	23,7	4,29	7,5	-	-	-
9	-	-	-	-	12,8	7,4	-	-	-
10	-	-	-	20,9	11,3	7,3	-	-	-

CONCLUSIONES

Plaguicidas

- Con respecto a la calidad del agua para ser usada como fuente de agua potable, pudo verificarse el cumplimiento de los valores guía.
- La calidad del agua, en relación con la posible presencia de residuos agroquímicos, resultó adecuada para su uso en irrigación, de acuerdo a estándares internacionales.

Salinidad y sodicidad

- Con respecto a la calidad del agua para ser utilizada para irrigación pudo verificarse el cumplimiento de los valores guía, correspondiendo todos los sitios ubicados sobre el río Colorado a la categoría "Utilizable con precauciones" según las normas Riverside.

Fósforo total y nitratos

- Los datos obtenidos son insuficientes para extraer conclusiones acerca de la influencia del aporte de estos parámetros, por los retornos de riego, sobre la calidad del agua del río Colorado, debido a que se trata de resultados de una única campaña de muestreo.

BIBLIOGRAFIA

- APHA, AWWA, WEF. 2000. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20 th Edition. Washington D.F.
- Asselborn, V., Zalocar de Domitrovic, Y., Parodi, E. 2000. Efectos del insecticida organofosforado clorpirifos sobre el crecimiento y morfología de *Selenastrum capricornutum* Printz (Chlorophyta). Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Universidad Nacional Del Nordeste.
- Augustijn – Beckers PWM, PWM, Hornsby AG y Wauchope RD. 1994. The SCS/ARS/CES pesticide properties database for environmental decision makin: II Additional compounds. Rev Environ Contam Toxicol 137:1-82.
- Bull, D. & D. Hathaway, 1986. *Pragas e venenos: Agrotóxicos no Brasil e no Terceiro Mundo*. Ed. Vozes/Oxfam/Fase, 235 p.
- CASAFE (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes), 1999. Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina. 6ta Ed. Argentina, 1600 p.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2010, Guidelines for Canadian Drinking Water Quality.
- CEQG (Canadian Environmental Quality Guidelines). 2011. Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.
- CEQG (Canadian Environmental Quality Guidelines). 2011. Water Quality Guidelines for the Protection of Agriculture.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado). 2000. Subprograma Evaluación del Estado Trófico del Embalse Casa de Piedra.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2011, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático, Año 2010*, Informe Técnico;Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario.
- EPA. 2003. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos “*Integrated Risk Information System*” en: <http://www.epa.gov/iris/subst/index.html> (20/11/03).

FAO. 2011. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Departamento de Desarrollo Sostenible.

Joint Canada-Philippines Planning Committee. 1995. Meeting Back-ground Report for the International Experts Meeting on Pesticides, Organic Pollutants: Towards Global Action, Vancouver, Canada, June 4-8.

Li Y. F. 1999. Global technical hexachlorocyclohexane usage and its contamination consequences in environment: from 1948 to 1997. *Sci Total Environ* 232:123-160.

Li Y. F. y Bidleman T. F. 2003. Usage and emissions of organochlorine pesticides. Canadian Arctic contaminants assessment Report II Ottawa: Indian and Northern Affairs Canada. Pp 49-70.

Martínez Vidal, J. L., González-Rodríguez M. J., Belmonte Vega, A., Garrido Frenich A. 2004. Estudio de la contaminación por pesticidas en aguas ambientales de la provincia de Almería. *Ecosistemas* 13 (3): 30-38.

Ministerio de Salud. 2011. Químicos prohibidos y restringidos en Argentina. Dirección Nacional de Determinantes de la Salud e Investigación. Buenos Aires. Noviembre 2011.

OMS (Organización Mundial de la Salud), 2008, Guías para la calidad del agua potable. Tercera Edición.

Pitarch Arquimbau, E. 2001. Desarrollo de metodología analítica para la determinación de plaguicidas organofosforados y organoclorados en muestras biológicas humanas. Tesis Doctoral.

Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2009. Estadística Hidrológica de la República Argentina

Tanabe S. y Tatsukawa R. 1980. Chlorinated hydrocarbons in the North Pacific and Indian Oceans. *J Oceanogr So. JPN* 36:217-226

Yi-Xiong, L. & S. Bo-Zen, 1987. Accumulation, degradation and biological effects of lindane on *Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kütz. *Hydrobiología* 153: 249-252.

Revista del Área Bajo Riego. Agosto 2005. Sitio Internet:

<http://www.region.com.ar/productos/bajorigo/index.html>

http://corforicolorado.gov.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=60&Itemid=69

<http://www.guiapatagoniaactiva.com.ar/rincon.php>

http://es.wikipedia.org/wiki/Octavio_Pico

<http://www.lmneuquen.com.ar/noticias/2010/2/7/54171.php>

ANEXO

Tabla I. Legislación vigente en relación al uso de plaguicidas (Ministerio de Salud, 2011)

Sustancia	Normativa	Comentarios
Aldrin	Sanidad Vegetal: decreto 2121/90	Prohibición total
	Sanidad Vegetal: Resolución 513/98	Prohibición total
Clordano	Sanidad Animal: Decreto 2143/68; Ley 18073/69; Decreto 26778/69	
	Salud Pública (ANMAT): Disposición 7292/98	Prohibido en insecticidas domisanitarios
	Sanidad Animal: Decreto 2143/68	Prohibido su uso en bovinos y porcinos
DDT	Sanidad Vegetal: Decreto 2121/90	Prohibición total
	Salud Pública: Resolución 133/91	Prohibición total para Salud Humana
	Salud Pública (ANMAT): Disposición 7292/98	Prohibido en insecticidas domisanitarios
Dieldrín	Sanidad Animal/Vegetal: Ley 22289/80	Prohibición total
Endrín	Sanidad Vegetal: Decreto 2121/90	Prohibición total
HCB (hexaclorociclobenceno)	Sanidad Vegetal: Resolución 750/00	Prohibición total
	IASCAV: Resolución 27/93	Todos los usos cancelados
Heptacloro	Salud Pública (ANMAT): Disposición 7292/98	Prohibido en insecticidas domisanitarios
	Sanidad Animal/Vegetal: Ley 22289/80	Prohibición total
HCH (hexaclorociclohexano)	Salud Pública (ANMAT): Disposición 7292/98	Prohibido en insecticidas domisanitarios
	Sanidad Vegetal: Resolución 513/98	Prohibición total
	Sanidad Vegetal: Resolución 750/00	Prohibición total
Lindano	Salud Pública (ANMAT): Disposición 7292/98	Prohibido en insecticidas domisanitarios
	Sanidad Vegetal: Resolución 750/00	Prohibición total
Metoxicloro	Salud Pública (ANMAT): Disposición 7292/98	Prohibido en insecticidas domisanitarios
	Sanidad Vegetal: Resolución 511/01	Restricción progresiva de importación del principio activo a partir del 1/07/2012 y su elaboración y uso a partir del 1/07/2013
Endosulfan	Sanidad Vegetal: Resolución 511/01	Restricción progresiva de importación del principio activo a partir del 1/07/2012 y su elaboración y uso a partir del 1/07/2013
Pentaclorofenol	Salud Pública: Resolución MSN 356/94	Se prohíbe la producción, importación, fraccionamiento,

		almacenamiento y comercialización de pentaclorofenol y sus derivados.
Clorpirifos	Salud Pública: Resolución MSN 456/09	Se prohíbe la importación, producción, comercialización y uso en formulaciones de productos domisanitarios.
Disulfoton	Sanidad Vegetal: Resolución 10/91	Prohibido su uso en manzano y duraznero
Fenitrothion	Sanidad Vegetal: Resolución SAGPyA 171/08	Prohibido el uso y aplicación de productos fitosanitarios en etapas de poscosecha, transporte, manipuleo, acondicionamiento y almacenamiento de granos.
Demeton S-Metil	Sanidad vegetal: Resolución SAGPyA 532/11	Prohibida la elaboración, importación, exportación, fraccionamiento, comercialización y uso agropecuario.
Disulfoton	Sanidad vegetal: Resolución SENASA 245/10	Prohibida la elaboración, importación, exportación, fraccionamiento, comercialización y uso se la sustancia activa Disulfoton, como de los productos fitosanitarios formulados en base a esta, para uso agropecuario.
Monocrotofos	Sanidad vegetal: Resolución SAGPyA 182/99	Prohibición Total
Paration	Salud Pública: Resolución MSN 7/96	Todo uso prohibido en Salud
Paration Etil	Sanidad Vegetal: Resolución SAGPyA 750/00	Prohibición Total
Paration Metil	Sanidad Vegetal: Resolución SAGPyA 750/00	Prohibición Total
Metoxicloro	Sanidad Vegetal: Resolución SAGPyA 750/00	Prohibición Total
	Salud Pública: Disposición ANMAT 7292/98	Prohibido en insecticidas domisanitarios
Carbofurán	Sanidad Vegetal: Resolución 10/91	Prohibido su uso en peral y manzano

Tabla II. Categorías según Normas Riverside

Tipos	Calidad y normas de uso. Precauciones para su uso.
C₁	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos.
C₂	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C₃	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C₄	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C₅	Agua de salinidad excesiva. Sólo debe emplearse extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C₆	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S₁	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S₂	Agua con contenido medio en sodio, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en aquellos de textura fina y de baja permeabilidad.
S₃	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Es aconsejable el aporte de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. Además se requiere un buen drenaje y volúmenes copiosos de riego.
S₄	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.