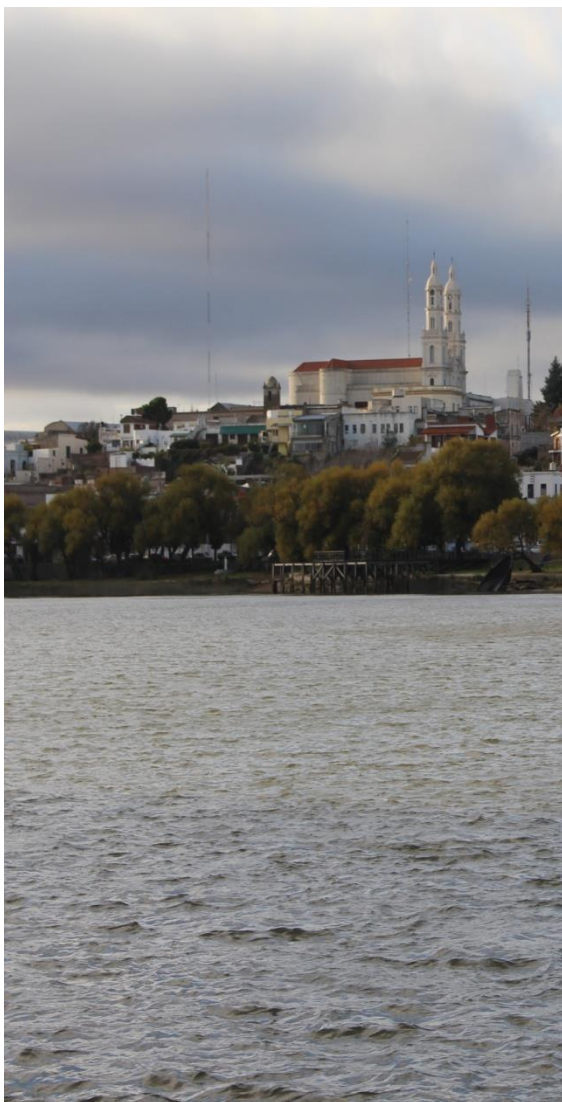




PROVINCIA DE RIO NEGRO
DEPARTAMENTO
PROVINCIAL DEL AGUA



Calidad del Agua del río Negro 2011 - 2016

DEPARTAMENTO PROVINCIAL
DE AGUAS

Intendencia General de Recursos Hídricos

Agosto 2016

VIEDMA

CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO NEGRO

2011-2016

El estudio de la calidad del agua superficial de los recursos hídricos, permite su caracterización a partir del conocimiento de la composición físico –química y biológica del sistema, reflejando las características climáticas, geológicas, las particularidades de la cuenca, la vegetación circundante y la acción antropogénica.

La puesta en ejecución de un programa de muestreos sistemáticos tiene como objetivo principal lograr un seguimiento de los diferentes aspectos de la cuenca, capaz de advertir los cambios o modificaciones de su calidad, a fin de poder tomar medidas o efectuar intervenciones que se anticipen a la necesidad de aplicación de acciones correctivas ante potenciales procesos de degradación o contaminación del recurso.

Es por ello que desde el año 1995, el Departamento Provincial de Aguas (DPA), junto con la Secretaría de Gestión Ambiental de la Autoridad Jurisdiccional de Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC), la Secretaría de Estado de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SEAyDS) y la Dirección de Recursos Hídricos de la Provincia de Neuquén (DPRH), llevan a cabo un Programa denominado "*Red de Monitoreo Permanente de la Calidad del Agua de la Cuenca*". En este informe se presentan y analizan los datos del río Negro correspondiente al período 2011 - 2016.

Dentro del citado Programa, se describen en este estudio:

- Caracterización de la Calidad del Agua del río Negro
- Monitoreo de Metales Pesados
- Monitoreo de Agroquímicos
- Control Bacteriológico de Balnearios

OBJETIVOS

- Actualizar la base de datos con la incorporación de los resultados obtenidos en muestras tomadas en el río Negro correspondientes al período 2011-2016 y evaluar la aptitud del agua para los diferentes usos en relación a las actividades que se desarrollan en el mismo.
- Generar información sistemática que permita caracterizar áreas críticas de afectación antrópica, vulnerabilidades y zonas de riesgo.

ÁREA DE ESTUDIO

Las estaciones de muestreo a lo largo del río Negro, se muestran en la Figura N°1. La mayoría de ellas se vienen monitoreando desde el 2001. En el 2008 se agregó un sitio en cercanías de Villa Regina, en octubre de 2009, se incorporó un nuevo punto de muestreo, a la altura de la toma de agua potable de la ciudad de Patagones, y en noviembre de 2011, un último punto en el brazo sur del río Negro, a la altura de Lamarque.

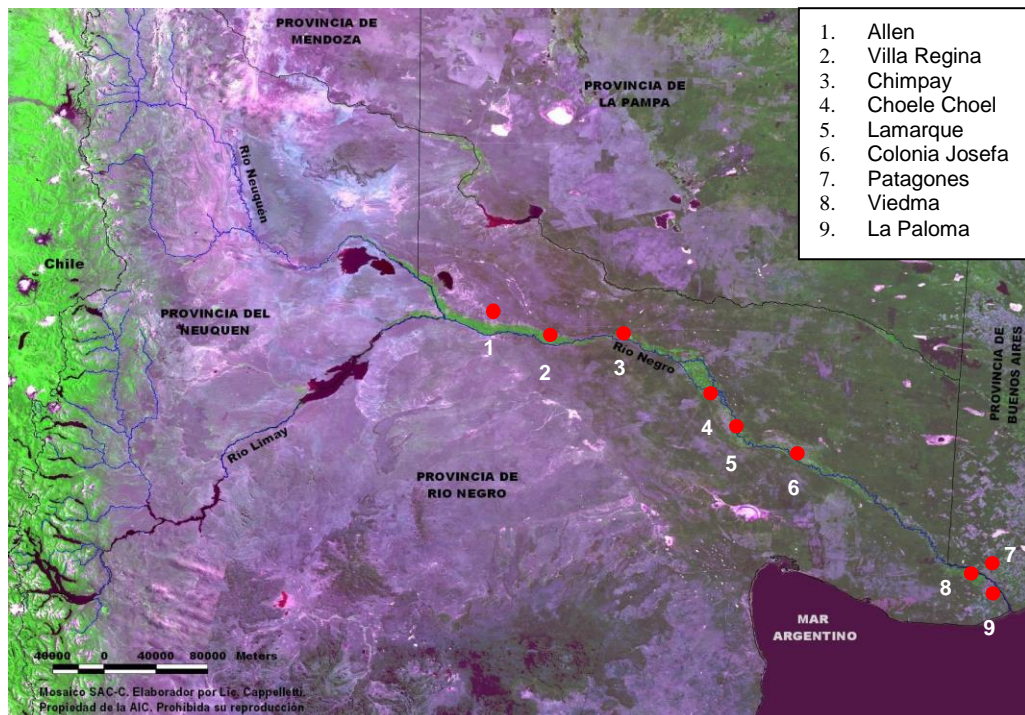


Figura N° 1: Ubicación de las Estaciones de Muestreo

MATERIALES Y MÉTODOS

Se continuaron con las mismas metodologías de muestreo y análisis que en las etapas anteriores, midiéndose en cada uno de los sitios parámetros "in situ", como conductividad eléctrica, pH, temperatura y oxígeno disuelto y se recolectaron muestras de agua que fueron enviadas al laboratorio, sobre las cuales se realizaron las siguientes determinaciones: iones mayoritarios, nutrientes (fósforo y nitrógeno total), pigmentos fotosintéticos, análisis bacteriológicos y metales pesados e hidrocarburos.

La frecuencia del muestreo, fue en forma mensual durante el 2011 y a partir del 2012, se tomaron bimestralmente para análisis bacteriológicos, nutrientes y clorofila y en forma semestral parámetros físico-químicos y metales pesados.

Los laboratorios que llevaron a cabo las determinaciones analíticas fueron el Laboratorio Patagónico de Diagnóstico Agroalimentario (FUNBAPA), en la ciudad de Viedma, el Área de Análisis Industriales del Instituto de Análisis Clínicos (IDAC) de Cipolletti y el Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB) de la Universidad Nacional del Comahue.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediciones "in situ"

➤ Caudales

El año hidrológico del río Negro, inicia en abril de cada año, cuando finaliza el estiaje, por lo cual los fines de abril y comienzos de mayo todavía pueden considerarse como época de aguas bajas. La época de mayor caudal es variable, puede haber dos picos diferenciados de creciente, en el invierno debido a las precipitaciones y en primavera por deshielo. Los caudales promedio en esta etapa, estuvieron dentro de los valores históricos (Fig. 2).

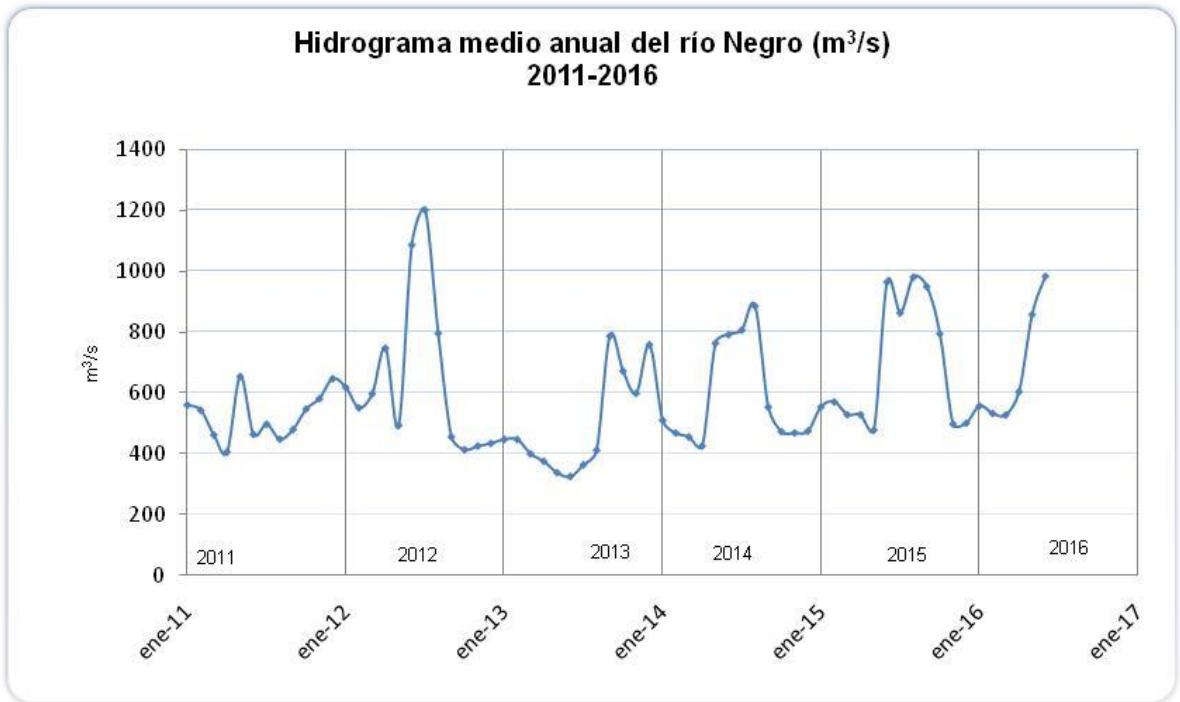


Fig.2: Hidrograma del río Negro 2011-2016

➤ Temperatura

La temperatura media del río estuvo entre 15°C y 16°C (Fig.3), siendo casi constante a lo largo de su extenso recorrido, observándose valores mínimos cercanos a 7°C y máximos de aproximadamente 25 °C.

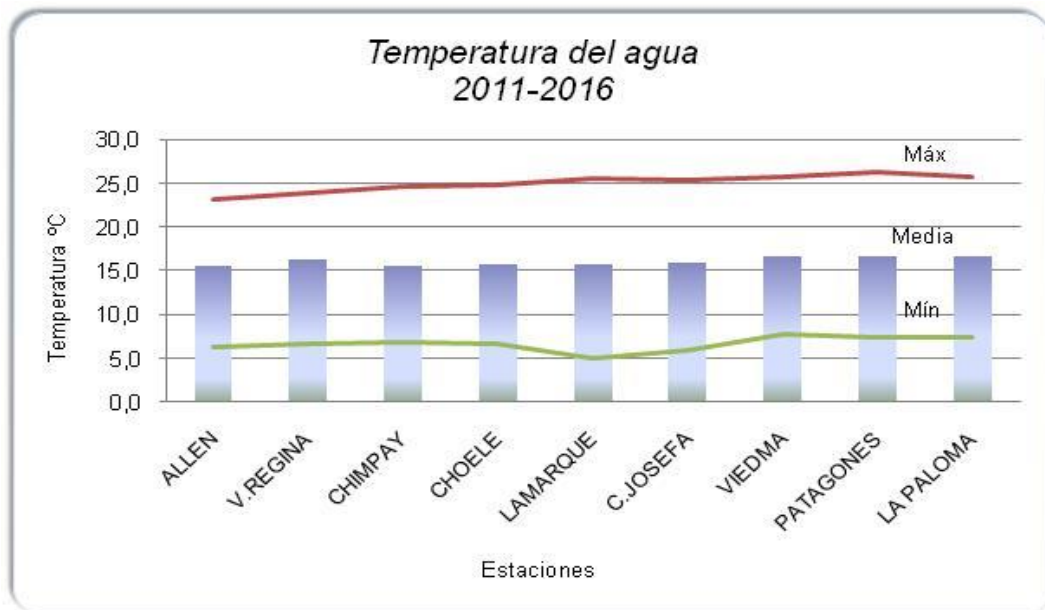


Fig.3: Temperatura Promedio del agua del río Negro 2011-2016

➤ Conductividad Eléctrica

Las conductividades medias medidas en este período oscilaron entre 157 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Villa Regina y 284 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Viedma, lo cual significa que la salinidad del río es baja según la Clasificación de Riverside. Los valores de conductividad más altos, siempre se han registrado en el brazo sur del río Negro, a la altura de Lamarque, ya que es una zona de muy bajo caudal y la toma de agua de Viedma, ya que en este punto el agua del río se ve levemente influenciada por los aportes salinos de los drenajes pertenecientes al sistema de riego en la zona del IDEVI (Fig.4).

Tanto la temperatura del agua como su conductividad en el período 2011 - 2016 registraron valores que se condicen con lo observado en años anteriores para todos los sitios muestreados.

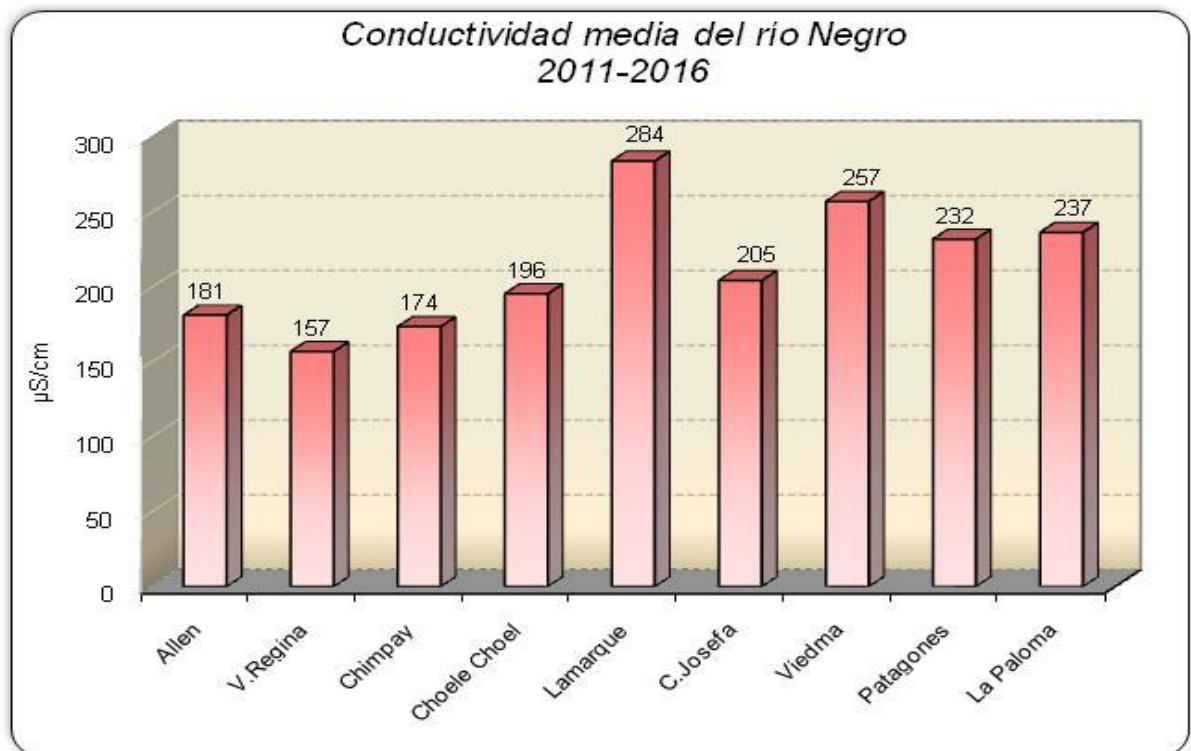


Fig.4: Conductividad Eléctrica promedio período 2011-2016

➤ pH

Respecto al pH, no se observaron diferencias relevantes entre los distintos muestreos realizados. Los valores se encuentran comprendidos entre 8.6 y 7.4, correspondiendo a tenores normales para la cuenca del río Negro.

➤ Oxígeno Disuelto (OD)

Las concentraciones de oxígeno disuelto se presentan como adecuados, y en varias oportunidades han superado los 9 mg/L; según Tyller Miller un agua a 20°C es de buena calidad cuando presenta tenores de oxígeno superiores a dicho valor (100% de saturación= 9.2 mg/L OD), mientras un cuerpo hídrico estaría seriamente contaminado si posee valores de oxígeno disuelto inferiores a 4 mg/L (44% de saturación).

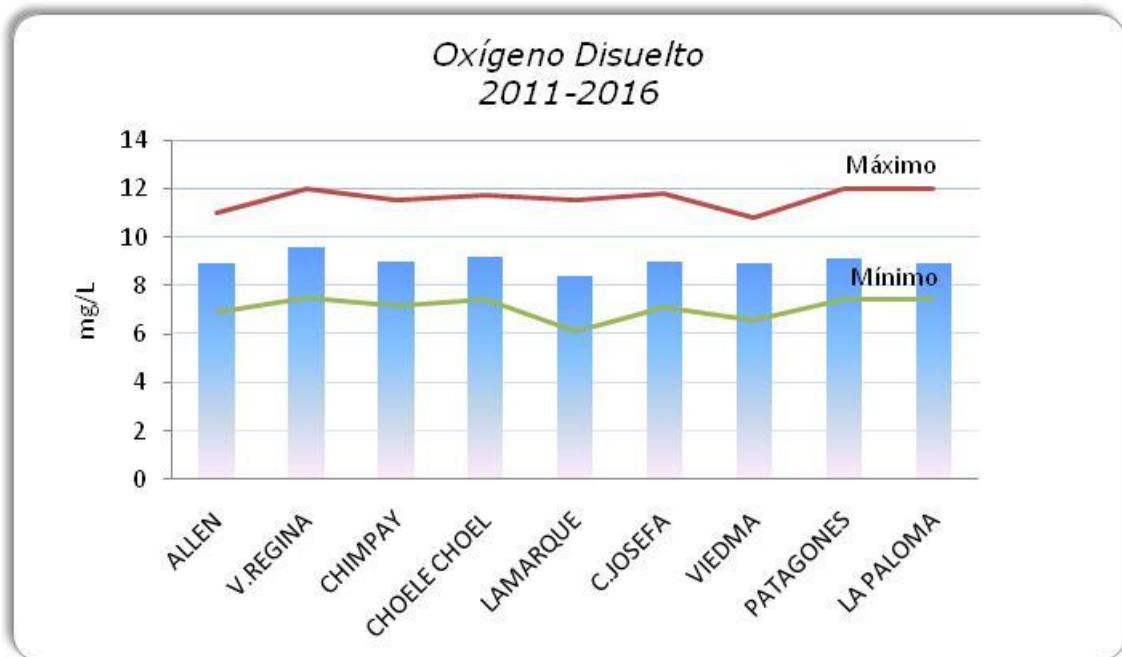


Fig.5: Oxígeno Disuelto promedio en aguas del río Negro 2011-2016

Composición Hidroquímica

Los valores obtenidos para los diferentes parámetros físico- químicos indican que se trata en general de aguas de baja salinidad. La composición iónica permite clasificar al agua del río Negro como bicarbonatada cálcica sódica.

La concentración en bicarbonatos oscila entre 45.6 mg/L y 52.4 mg/L, los cloruros entre 10.7 mg/L y 22.2 mg/L y el anión sulfato entre 17.9 mg/L y 35.4 mg/L. Entre los cationes son dominantes el calcio y el sodio, con una abundancia para el calcio entre 15.1 mg/L y 22.6 mg/L y para el sodio entre 11.3 mg/L y 30.4 mg/L. El magnesio está en concentraciones entre 2.8 mg/L y 5.4 mg/l, y el menos abundante es el potasio, entre 1.1 mg/L y 1.7 mg/L (Fig.6).

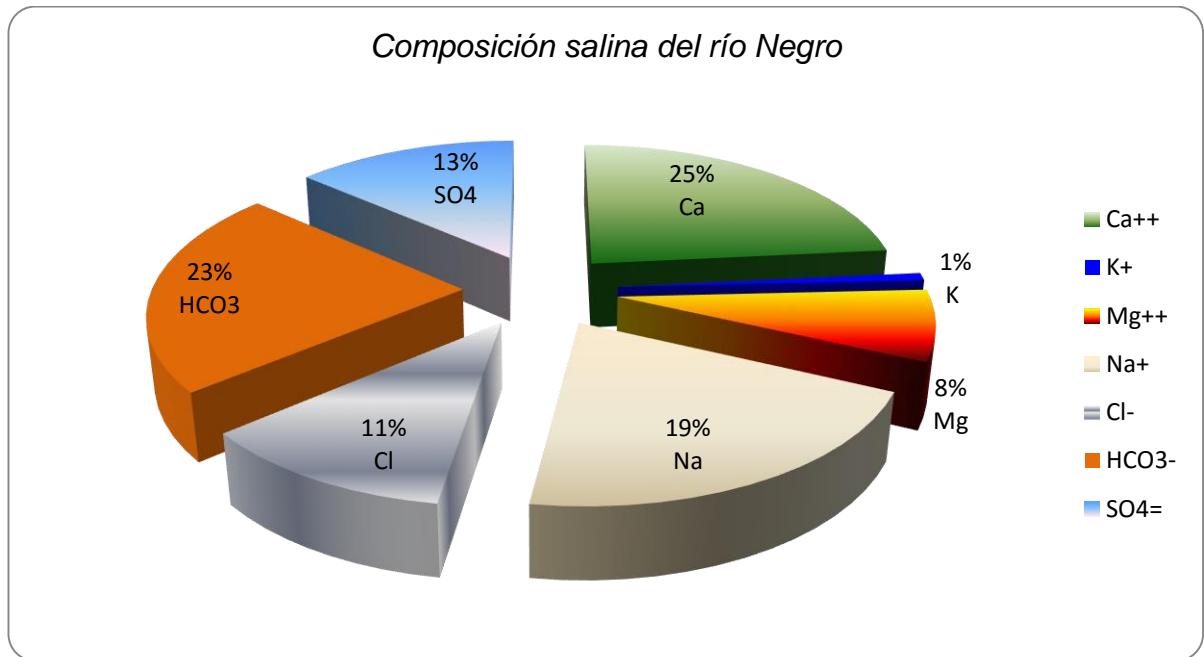


Fig.6: Composición Salina del río Negro

Sólidos Totales

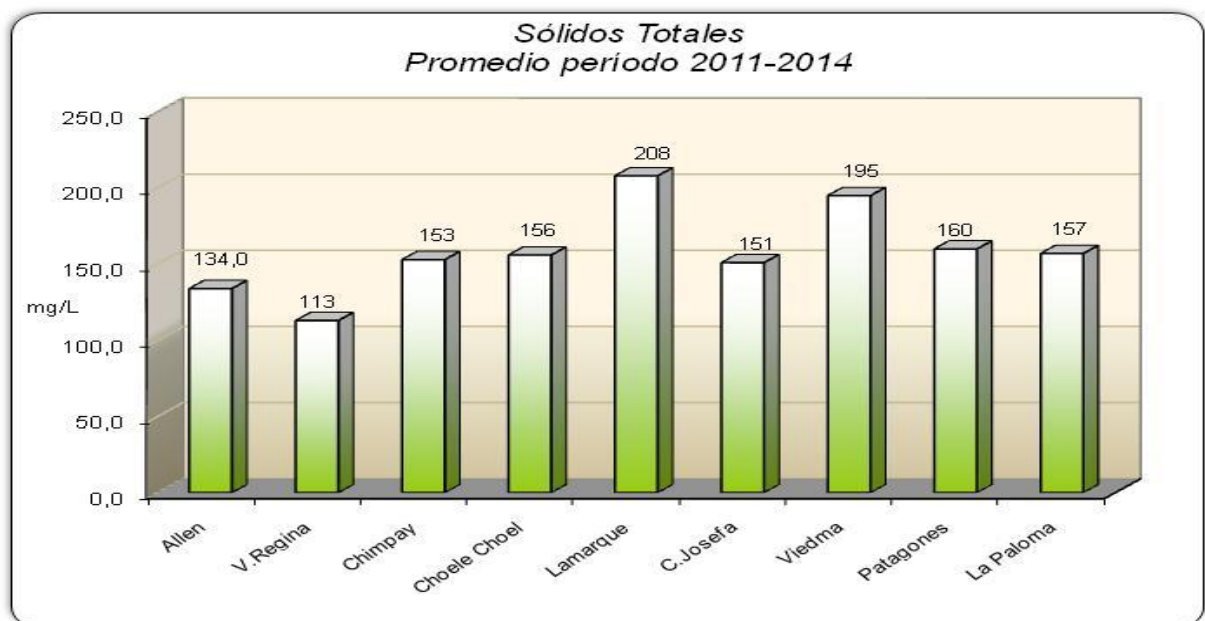
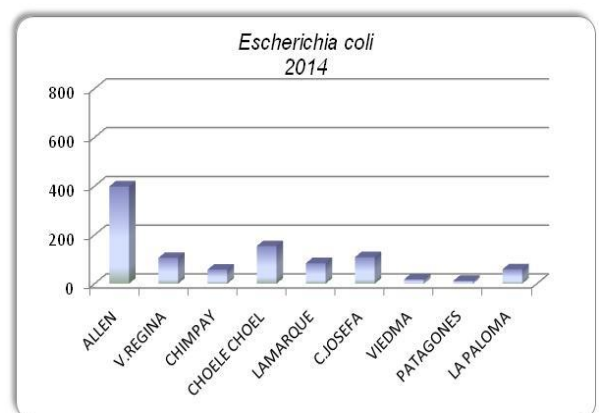
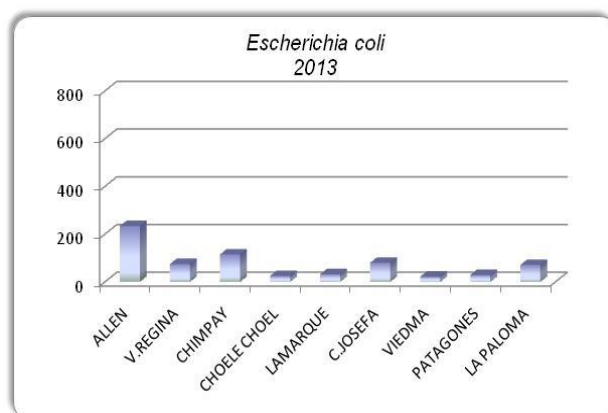
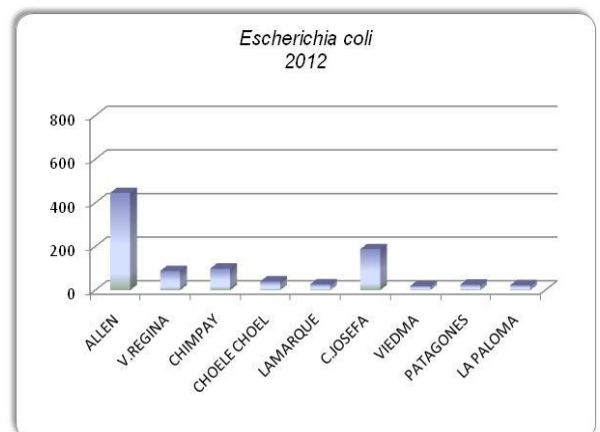
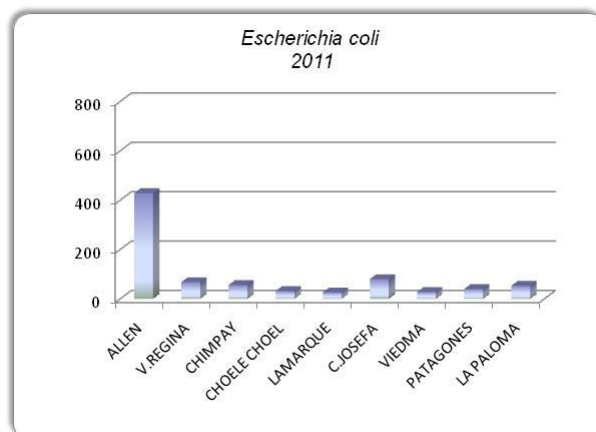


Fig.7: Contenido de Sólidos Totales 2011-2014

Los valores que se presentan en el gráfico corresponden al período 2011-2014, ya que a partir de esa fecha se dejó de evaluar ese parámetro (Fig7). Los valores medidos en este período coinciden con lo publicado en años anteriores, manteniéndose un leve gradiente hacia la desembocadura, con un aumento puntual en la zona de Lamarque y en la toma de agua potable de la ciudad de Viedma. Estos dos sitios muestran el impacto del arrastre aportado por los drenajes del sistema de riego.

Calidad Bacteriológica

En cuanto a la evaluación de este parámetro, se continuó su determinación en cada sitio, con una periodicidad mensual hasta fines de 2011 en el marco del Programa "Red de Monitoreo". A partir del 2012 los muestreos se realizaron en forma bimestral (Fig.10).



Intendencia General de Recursos Hídricos
Departamento Provincial de Aguas

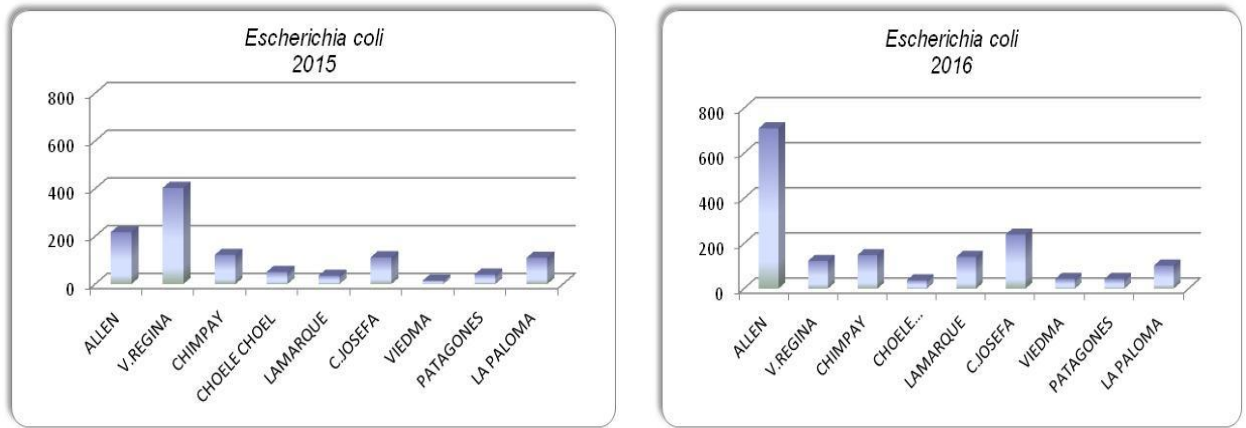


Fig.10: Media Geométrica anual de Escherichia coli

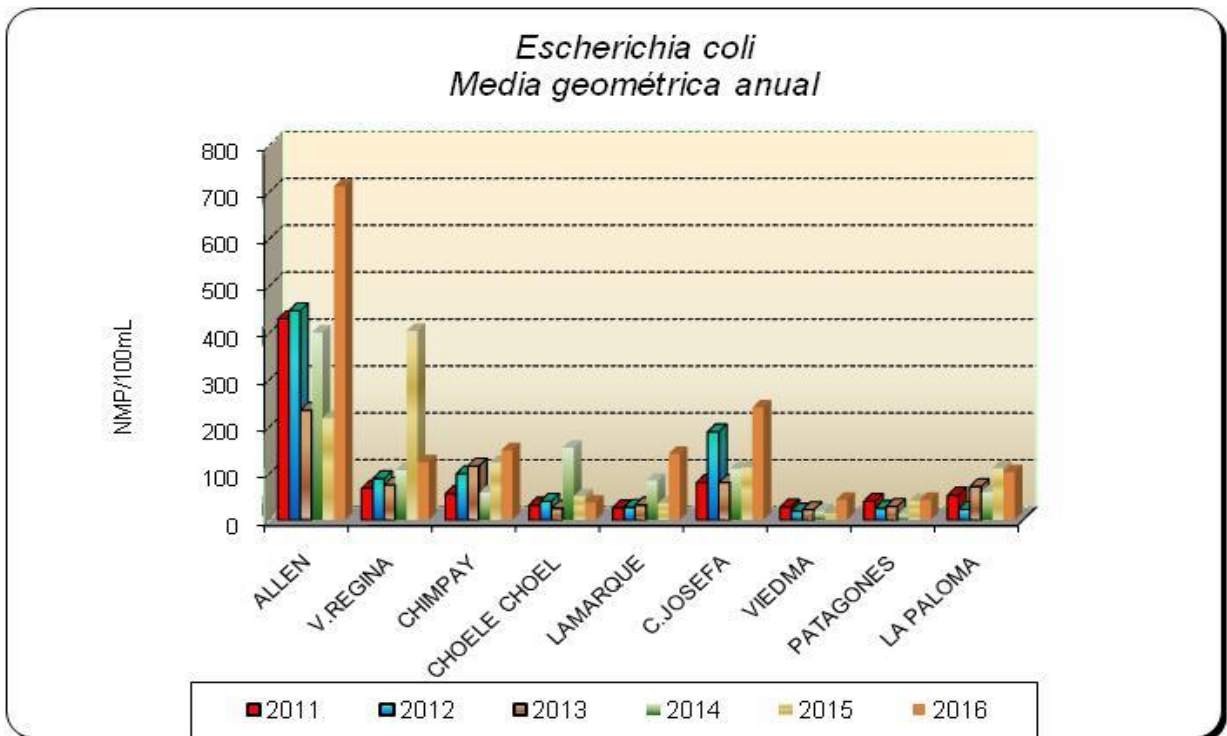


Fig. 11: Media Geométrica anual de Escherichia coli en los distintos sitios

De los mismos surge que la zona del Alto Valle es la más impactada bacteriológicamente, ya que allí se concentra la mayor cantidad de población, asentamientos y actividad productiva, y van en disminución hacia la desembocadura. En general, los valores hallados de *Escherichia coli* no alteran la calidad del agua para los usos a que es sometido el río, salvo en sitios puntualmente localizados en la zona de la confluencia de los ríos Limay y Neuquén (Fig.11).

BIBLIOGRAFÍA

APHA, AWWA, WEF (1998) "*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*". 20th Ed. American Public Health Association, Washington.

Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro – Unidad de Gestión de Calidad de Agua – "Calidad del Agua del Río Negro – Años 2001 a 2006.

Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro – Secretaría de Operaciones y Fiscalización – "*Informe Hidrometeorológico*" – Publicación Mensual.

Canadian Council of Resource and Environment Ministers (2003) "*Canadian Water Quality Guidelines*".

Cifuentes, O., Labollita, H. y Bassani, S. (1995) "*Zonificación Cualitativa de la Contaminación en la Cuenca de los Ríos Limay, Neuquén y Negro*"- Informe Técnico de la Secretaría de Gestión Ambiental – Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro.

COFES (1996) "*Norma de Calidad para el Agua de Bebida de Suministro Público*" – Documento Técnico N° 3.

Comunidad Económica Europea (CEE) (1975) – Directiva del Consejo relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los Estados miembros (75/440/CEE)

EPA (2002) – Clean Water Act (CWA) Section 304 (a). Office of Water – Office of Science and Technology (4304 T) – National Recommended Water Quality Criteria – Washington DC.

Lopretto, E. C y Tell, G. (1995) "*Ecosistemas de Aguas Continentales – Metodologías para su Estudio*" – Tomo I – Ediciones Sur, La Plata, Argentina.

Stumm, W. (1985) "*Chemical Processes in Lakes*". Werner Stumm (Ed.), John Wiley & Sons: 435 pp.

Camargo, J.A.; Alonso A. (2007) – "*Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad de agua, e implicaciones del cambio climático*". Ecosistemas. 2007/2
URL: <http://www.revistaecosistemas.net>.

PROGRAMA: CONTROL BACTERIOLÓGICO DE BALNEARIOS

OBJETIVOS

- Caracterizar los Balnearios de la Pcia. de Río Negro, ubicados sobre los ríos Neuquén, Negro Zona Andina, desde el punto de vista de su calidad bacteriológica para uso recreativo con contacto directo.
- Analizar la evolución de la calidad bacteriológica en los últimos años

Los datos analizados corresponden a las últimas 6 temporadas estivales: 2010-2011, 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016. Resultados anteriores ya fueron publicados oportunamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Previo a la temporada estival de cada ciclo, se realiza un monitoreo semanal por el transcurso de un mes, generalmente comenzando la primer semana de noviembre y finalizando la primera de diciembre. Las muestras son tomadas en envases estériles a 0.20 m del "pelo de agua", en sectores donde el agua se encuentra en circulación. Enviadas al laboratorio, para la determinación de *Escherichia coli* son incubadas en caldo EC-MUG a 44°C. Para el recuento se consideran positivos los tubos con fluorescencia celeste debajo de la luz ultravioleta (Glucoronidasa +).

La aptitud del agua en los balnearios relevados se determina de acuerdo con los criterios expuestos por las Guías Canadienses de Calidad de Agua, analizándose la concentración de *Escherichia coli*, bacteria considerada como el mejor indicador de contaminación de origen fecal, tanto humana, como de animales de sangre caliente.

Los balnearios se consideran aptos, cuando la media geométrica de al menos cinco muestras extraídas en un período no mayor a 30 días, no supera las 200 *Escherichia coli* por cada 100 mL de muestra.

Tabla 2: Balnearios relevados en cada período estival

Localidad	Sitio	Ambiente
Cipolletti	Isla Jordán (margen sur)	río Negro
Cipolletti	Isla Jordán (margen norte)	río Negro
Fernández Oro	La Pasarela	río Negro
Allen	Balneario	río Negro
Cervantes	Balneario	río Negro
Mainqué	Mainqué	río Negro
Ingeniero Huergo	Balneario	río Negro
Villa Regina	Balneario	río Negro
Chimpay	Balneario	río Negro
Darwin	Brazo Salado	río Negro
Choele Choel	Brazo Norte	río Negro
Luis Beltrán	Brazo Norte	río Negro
Lamarque	Brazo Sur	río Negro
Pomona	Brazo Sur	río Negro
General Conesa	La Ribera	río Negro
Viedma	Barco Hundido	río Negro
Viedma	Balneario Municipal	río Negro
Patagones (B. A.)	Primera Bajada	río Negro
Patagones (B. A.)	El Malecón	río Negro
Cinco Saltos	Balneario	río Neuquén
Cipolletti	Cuatro Esquinas	río Neuquén
Lago Pellegrini	Península Ruca Co	Lago Pellegrini
Bariloche	Playa Serena	Lago Nahuel Huapi
Bariloche	Playa Bonita	Lago Nahuel Huapi
Bariloche	Pto. San Carlos	Lago Nahuel Huapi
Bariloche	Brio.Centenario	Lago Nahuel Huapi
Bariloche	Dina Huapi	Lago Nahuel Huapi
Bariloche	Melipal	Lago Nahuel Huapi
Bariloche	Brio.Los Cohiues	Lago Gutierrez
Bariloche	Brio.del Viento	Lago Moreno
Bariloche	Laguna El Trébol	Laguna El Trébol
Bariloche	Río Nirihuau	Río Nirihuau

RESULTADOS

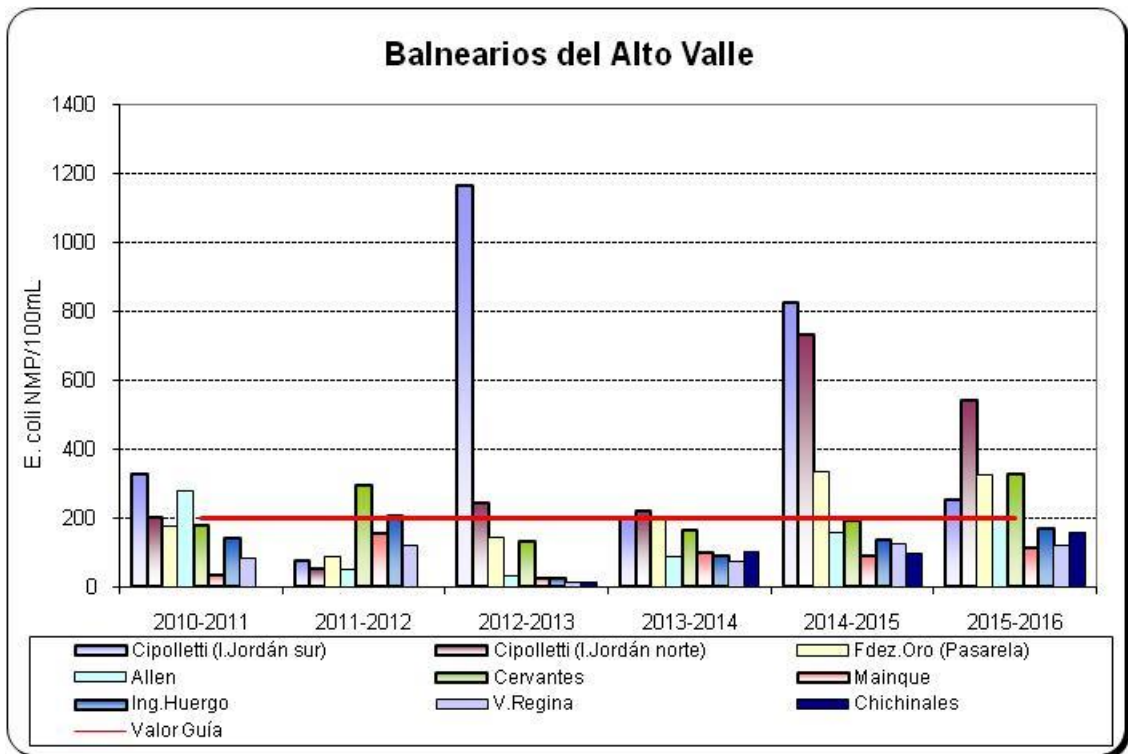


Fig.12: Balnearios localizados en el Alto Valle

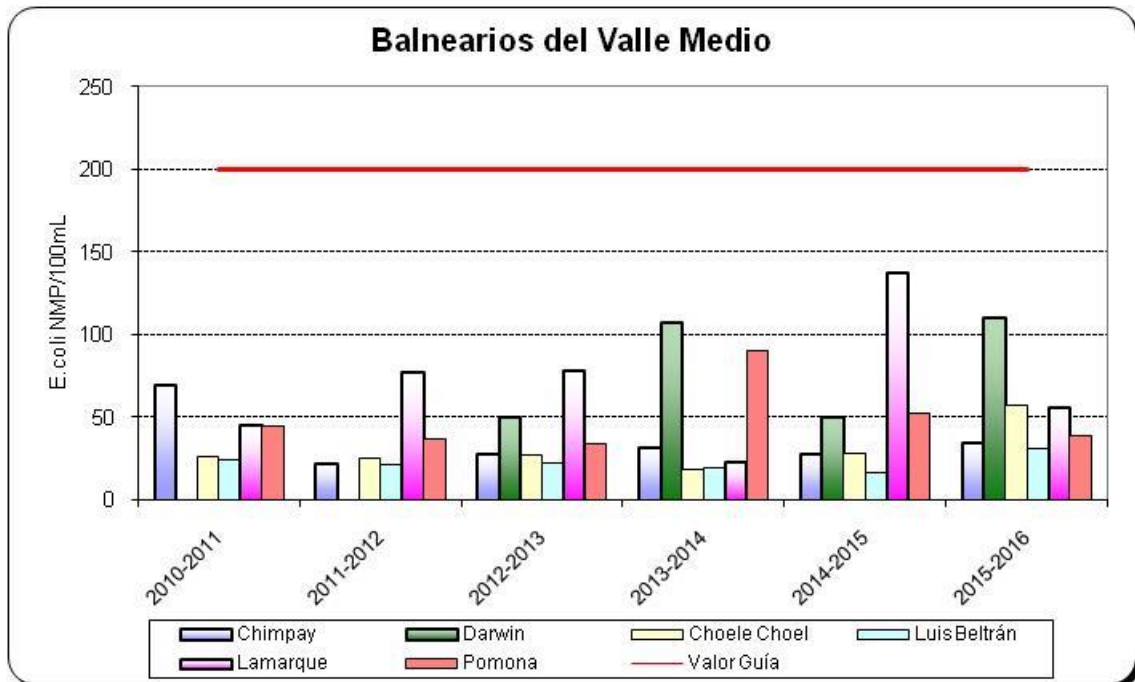


Fig.13: Balnearios localizados en el Valle Medio

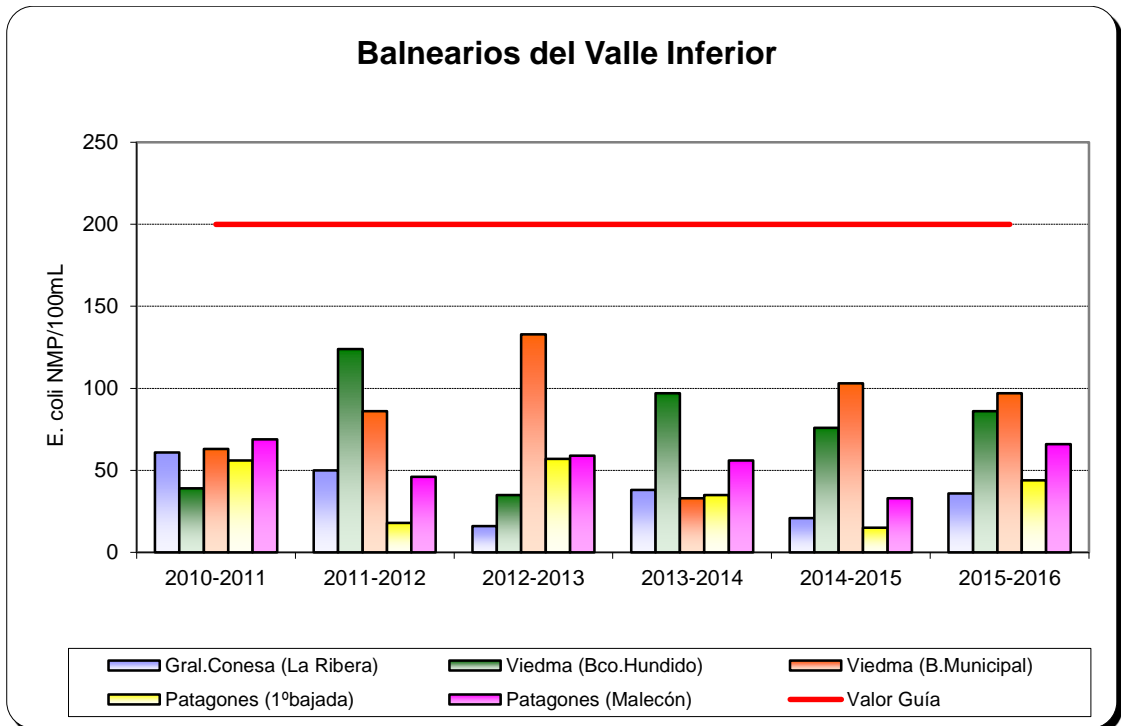


Fig.14: Balnearios localizados sobre el Valle Inferior

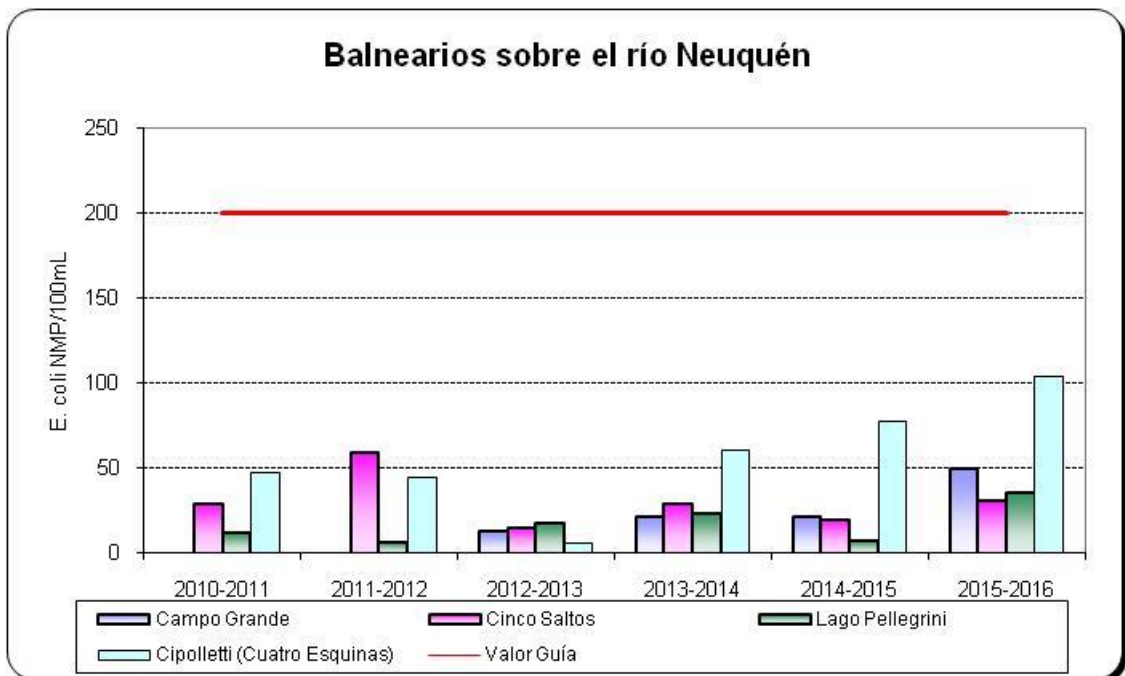


Fig.15: Balnearios ubicados sobre el río Neuquén en jurisdicción de la Pcia. de Río Negro

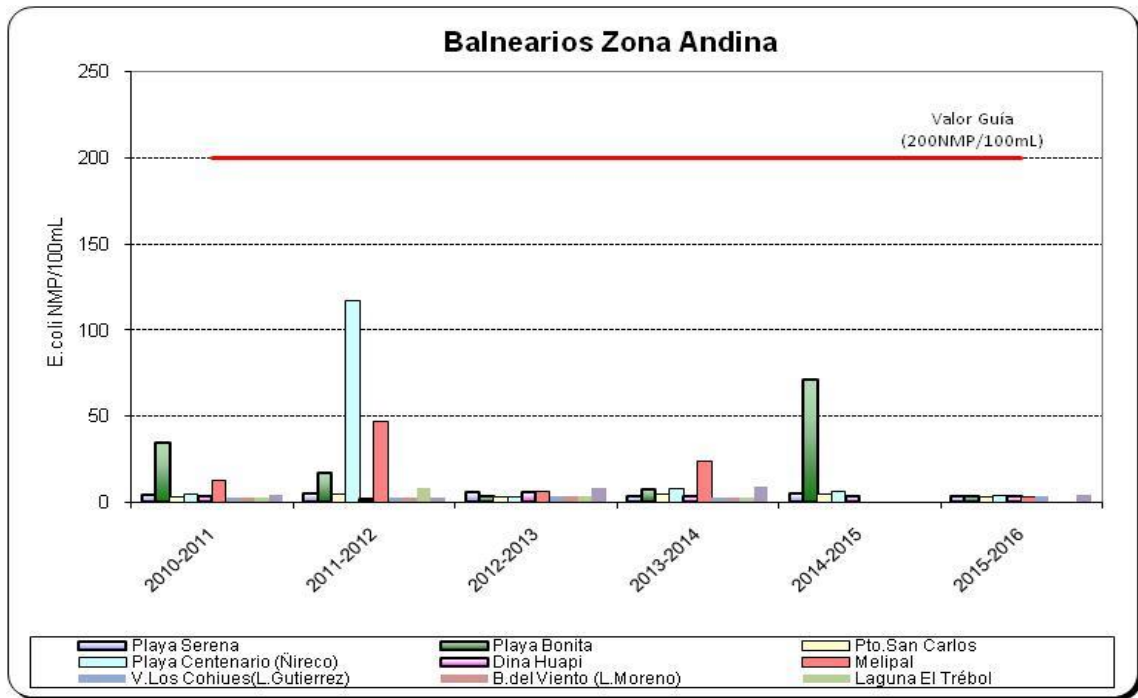


Fig.16: Balnearios ubicados en la Zona Andina

Comparando las medias geométricas obtenidas en los balnearios del área de la Confluencia (ríos Neuquén y Limay aguas abajo del Dique Contralmirante Cordero y Central Arroyito respectivamente y primer tramo del río negro) (Fig.12), en relación al resto de los sitios, se destaca que los primeros presentan una menor calidad bacteriológica, detectándose que esa diferencia se ha acrecentado en las últimas dos temporadas estivales.

En los balnearios ubicados en la Isla Jordán, salvo excepciones, siempre las concentraciones de *E.coli* superaron el valor guía propuesto por las Normas Canadienses, para aguas recreativas con contacto directo, por lo que no fueron habilitados para tal fin.

En aquellos balnearios que fueron calificados como No aptos al momento de iniciar la temporada estival, se continúa con los muestreos durante los meses de verano, con el fin de evaluar si la situación se revierte.

En el resto de las regiones, Valle Medio, Valle Inferior, balnearios ubicados sobre el río Neuquén y los balnearios de la Zona Andina, las medias geométricas calculadas estuvieron por debajo de 200 NMP/100mL (Fig 13, 14 15 y 16).

Por la distribución espacial y temporal de las mayores concentraciones de *Escherichia coli* registradas, puede observarse que la contaminación del cuerpo hídrico con el indicador proviene principalmente de fuentes puntuales que afectan temporalmente determinados balnearios, por lo que el control de descargas de aguas residuales sería la primera medida y más efectiva sobre el poder autodepurador del río, para mantener el nivel de calidad adecuado para los usos recreativos con contacto directo.

En base a las estimaciones citadas puede decirse que los balnearios de las áreas de la Confluencia y los ubicados en Valle medio e Inferior representan un grupo homogéneo, registrándose en los primeros citados, mayores concentraciones de *E. coli* y por lo tanto una menor calidad bacteriológica de los sitios. Esta situación puede atribuirse a que el área de la Confluencia ha experimentado en mayor medida que el área Valle Medio e Inferior, un importante crecimiento poblacional y de actividades productivas en los últimos quince años, lo cual derivaría en una mayor afectación antrópica de los cursos de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Agúndez, J.; Alemani, M.E.; Laurenzano, B.; Laffitte, L.; Banzato, L.; Labollita, H.; Gil, M.I.; Abelli, M.; Muñiz Saavedra, J.; Othaz, A.; Reyes, P.; Ugolini, F.; Novelli, m.; Sorá, G.; Bonetto, M.; Paez, H. y Martín, J.J.** (2015)-" MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA DE LOS RIOS LIMAY, NEUQUEN Y NEGRO: CONTROL BACTERIOLOGICO EN AREAS RECREATIVAS" – CONAGUA 2015 – Paraná , Entre Ríos.
- AIC-SGA** (1998-1999). "Evaluación de la Calidad del Agua para Uso Recreativo con Contacto Directo. Informe Técnico", se refiere a dos informes técnicos.
- AIC-SGA** (2001). "Determinación de la aptitud del agua para uso recreativo con contacto directo (balnearios). Informe Técnico".
- AIC-SGA** (2001-2014). "Determinación de la aptitud del agua para uso recreativo con contacto directo. Informe Técnico", se refiere a catorce informes técnicos.
- APHA, AWWA, WEF** (1995). "Standard Methods for the examination of water and wastewater" (9223 B; 9225 D 3). Ed. 19 th.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)** (1995). "Canadian Environmental Quality Guidelines".
- Guisande González, C.; Barreiro Felpeto, A.; Maneiro Estraviz, I.; Riveiro Alarcón, I.; Vergara Castaño, A.; Vaamonde Liste, A.** (2006). "Tratamiento de datos". España. ISBN: 84-7978-736-8.
- Labollita, H. y O. Cifuentes** (1996). "Propuestas de niveles guías para las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro". SGA-AIC, Río Negro, Argentina.

PROGRAMA: MONITOREO DE METALES PESADOS

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados se encuentran naturalmente presentes en los cuerpos de agua y acceden a los mismos mediante diversos procesos geoquímicos tales como la erosión y la lixiviación de suelos y rocas.

Muchos metales también son incorporados al agua por distintas actividades humanas (aporte antrópico) entre las que se cuentan la agricultura, minería, desechos industriales y domiciliarios, etc.

En este Programa de Monitoreo se estudian los siguientes metales pesados: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, plata, cinc y selenio. Estos elementos son considerados de interés por su alta toxicidad relativa a la calidad de aguas destinada al consumo humano y a la preservación de la biota acuática.

Los metales pesados analizados en las aguas presentan características comunes. En general aparecen en concentraciones bajas. Esta condición también ha sido puesta de manifiesto en anteriores estudios realizados.

El ion metálico, una vez incorporado al sistema se puede encontrar libre o formando complejos, ya sea con ligandos inorgánicos (Cl^- , OH^- , CN^- , etc), como orgánicos (EDTA).

La calidad y cantidad de las especies químicas están influidas por factores físicos (temperatura del agua, presión atmosférica) y químicos (dureza, alcalinidad, pH) y condicionan, a su vez, la biodisponibilidad (susceptibilidad para ser absorbidos por los organismos) y la toxicidad de un elemento.

Otro aspecto de la compleja dinámica de los elementos traza en general, es que pueden ser movilizados/inmovilizados desde y hacia fases sólidas que incluyen partículas en suspensión y sedimentos. Las interacciones sólido solución tienen lugar a través de fenómenos de adsorción - desorción sobre grupos funcionales orgánicos o minerales, o reacciones directas de precipitación/disolución.

Una característica que comparten los elementos traza mencionados con varios otros, es su capacidad de ser transportados desde fuentes lejanas hasta los ecosistemas de agua dulce, por deposición atmosférica (por acción de las lluvias, nubes, partículas transportadas por el viento).

Por otra parte el Cr, Ag, As y Se poseen características diferenciadas desde el punto de vista de su función biológica. Aunque todos ellos resultan tóxicos en dosis excesivas, el Cr y el Se son micronutrientes esenciales. En cuanto al As, algunos autores consideran que en pequeñas cantidades resulta beneficioso, pero su esencialidad permanece como materia de discusión. Finalmente, la Ag, no es un micronutriente.

Una síntesis de algunos efectos sobre los organismos reportados por exceso de metales puede encontrarse en la Tabla N° 3:

Tabla N° 3: Efecto de los metales en diferentes organismos

Metal	Símbolo	Efecto
Arsénico	<i>As</i>	Lesiones dérmicas, afectación de conducción nerviosa, teratogénico, carcinogénico
Plomo	<i>Pb</i>	Afectación de enzimas sanguíneas, carcinogénico renal (en animales), mutagénico (indicios)
Selenio	<i>Se</i>	Humanos: selenosis (deterioro y pérdida de pelo y uñas, manchas dentarias, lesiones dérmicas); dermatitis crónica, fatiga, anorexia, gastroenteritis, degeneración hepática, agrandamiento del bazo. Ganado: disfunción neurológica.
Cadmio	<i>Cd</i>	Carcinogénico (indicios), afectación renal, osteoporosis, sinergismo con As
Cinc	<i>Zn</i>	Afectación de metabolismo del Fe y Cu en sangre
Mercurio	<i>Hg</i>	Afectación del sistema nervioso central, toxicidad renal, mutagénico, teratogénico
Cromo	<i>Cr</i>	Tumores hepáticos, sensibilización dérmica, afectación renal

OBJETIVOS

El Programa de Monitoreo de Metales Pesados está dirigido al relevamiento de dichos elementos en aguas superficiales del río Negro, en cercanías de las captaciones de agua de las plantas de tratamiento de agua potable.

Los datos aquí analizados abarcan un período que va desde el año 2011 al 2015 y es llevado a cabo por el Departamento Provincial de Aguas en conjunto con la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC), en los ríos de su jurisdicción, el cual continúa.

AREA DE ESTUDIO

Tabla 4: Ubicación geográfica de los sitios donde se monitorean metales pesados

Río	Lugar	Ubicación Geográfica	Fecha inicio
Negro	Allen	S 39° 01' 57.0" W 67° 50' 29.7"	2003
Negro	Villa Regina	S 39° 10' 03.3" W 67° 06' 09.5"	2009
Negro	Choele Choel	S 39° 17' 20.1" W 65° 40' 33.4"	2003
Negro	Viedma	S 40° 48' 04.6" W 63° 00' 42.5"	2003

Matrices a relevar

Agua.

Frecuencia

A partir del 2011 fue trimestral, y desde el 2012 al presente es semestral.

Metales analizados

Desde el inicio del programa los parámetros determinados en todas las estaciones fueron los siguientes: Arsénico, Cadmio, Cinc, Cobre, Cromo, Mercurio, Plomo, Selenio, Níquel y Plata.

Colección de las muestras

Las muestras de agua fueron tomadas mediante botella de Van Dorn en los sitios descritos anteriormente. Se utilizaron envases de PVC de 250 y 500 mL previamente lavados con ácido nítrico al 50 %. Las muestras para análisis de metales fueron fijadas con ácido nítrico concentrado hasta lograr un pH 2 y se mantuvieron en oscuridad hasta su análisis en laboratorio.

Dado que generalmente la concentración de los metales pesados en las aguas naturales es muy baja (del orden de los ppb ó $\mu\text{g/L}$), las muestras deben ser extraídas con máximas precauciones para evitar la contaminación de las mismas. Diversos especialistas han acordado que los componentes necesarios para un adecuado programa de evaluación de metales son los siguientes:

- 1) Uso de técnicas limpias en cada paso del proceso de medición
- 2) Aplicación de métodos analíticos que tengan un límite de detección lo suficientemente bajo
- 3) Evitar interferencias en los pasos de cuantificación
- 4) Usar blancos para evaluar la contaminación
- 5) Usar muestras adicionadas y materiales de referencia certificados para evaluar los efectos de la contaminación e interferencias sobre la exactitud
- 6) Uso de replicas para evaluar precisión

Durante el desarrollo de las tareas, las muestras se colectaron y analizaron siguiendo los mencionados lineamientos.

En cada sitio de muestreo se midieron además pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto utilizando sondas multiparamétricas Hach HQ40.

Análisis de laboratorio

Las muestras sin filtrar fueron analizadas en el laboratorio de SEGEMAR (Servicio Geológico Minero Argentino) de la ciudad de Buenos Aires, aplicándose las siguientes técnicas de análisis (Tabla 5):

Tabla 5: Técnicas metodológicas de análisis para cada metal.

Parámetro	Técnica	Método	Límite de detección (µg/L)
<i>Arsénico</i>	ICP-MS	SM 3125 ^(a)	0,002
<i>Cadmio</i>	ICP-MS	SM 3125 ^(a)	0,05
<i>Cinc</i>	ICP-OES	SM 3120 ^(b)	2,0
<i>Cobre</i>	ICP-OES	SM 3120 ^(b)	2,0
<i>Cromo</i>	ICP-MS	SM 3125 ^(a)	1,0
<i>Mercurio</i>	FIMS	SM 3112 ^(c)	0,03
<i>Níquel</i>	ICP-OES	SM 3120 ^(b)	5,0
<i>Plata</i>	ICP-MS	SM 3125 ^(a)	0,1
<i>Plomo</i>	ICP-MS	SM 3125 ^(a)	0,1
<i>Selenio</i>	ICP-MS	SM 3125 ^(a)	1,0
<i>Cianuros</i>	potenciometría con electrodo selectivo a cianuros	SM 4500-CN F ^(d)	5,0

- (a) Método 3125, Metales por espectrometría de emisión atómica por plasma-masa (técnica de ICP-MS), del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22th edition, 2012. Pág. 3-46.
- (b) Método 3120, Metales por espectrometría de emisión atómica por plasma-óptico (técnica de ICP-OES) del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22th edition, 2012. Pág. 3-37.
- (c) Método 3112, Mercurio por vapor frío (técnica de FIMS), del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22th edition, 2012. Pág. 3-22.
- (d) Método 4500-CN F, Cianuros por lectura por potenciometría con electrodo selectivo a cianuros, se basa en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22th edition, 2012.

La validación de los datos se llevó a cabo utilizando cuatro materiales de referencia certificados del National Water Research Institute (NWRI) de Canadá.

Los resultados fueron comparados con los valores guías de calidad de agua sugeridos por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2005) para la protección de la vida acuática y como fuente de agua destinada a consumo humano con tratamiento convencional, con las guías para la preservación de la vida acuática propuestas por la Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME, 2003) y la Propuesta de Niveles Guía de calidad para las Cuencas de los ríos Limay,

Neuquén y Negro (AIC, 1996) para agua destinada a consumo humano con tratamiento convencional.

Tabla 6: Valores Guías propuestos por la Secretaría de Recursos Hídricos, por la AIC y por CCME (Canadá)

Elemento	Fuente de agua potable con tratamiento convencional (SRH)	Fuente de agua potable con tratamiento convencional (AIC, 1996)	Preservación de la vida acuática (SRH)	Preservación de la vida acuática (CCME, Canadá, 2006)
ARSÉNICO	50 µg/L	50µg/L	15 µg/L	5 µg/L
CADMIO	7.5 µg/L	5.0 µg/L	0.05 µg/L (50CaCO ₃ /L) 0.12 µg/L (100CaCO ₃ /L) 0.25 µ/L (200 CaCO ₃ /L)	0.017 µg/L
MERCURIO		1.0 µg/L		0.004 µg/L (metilHg) 0.026 µg/L (Hg inorgánico)
PLOMO	29.3 µg/L	50.0 µg/L	0.13 µg/L	1 – 7 µg/L
SELENIO	12 µg/L	10 µg/L	2.5 µg/L	1 µg/L
ZINC	3 mg/L	5.0 mg/L	9.7 µg/L (25CaCO ₃ /L) 21 µg/L (50CaCO ₃ /L) 45 µ/L (100 CaCO ₃ /L)	30 µg/L
COBRE		100 µg/L		2 – 4 µg/L
CROMO		50 µg/L		8.9 µg/L (Cr III) 1 µg/L (Cr VI)
PLATA		50 µg/L		
NÍQUEL		25 µg/L		
CIANURO		100 µg/L		

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Río Negro - Allen



● Sitio de Muestreo
Coordenadas: S 38° 01' 57.0'' W 67° 50' 29.7''



Parámetros registrados *in situ*

Parámetro Meses	T° Aire (°C)	T° Agua (°C)	pH	Conductividad (µS/cm)
Junio 2011	- 1.5	8.6	7.9	142
Diciembre 2011	19.0	20.5	7.5	165
Junio 2012	15.0	9.9	7.5	172
Diciembre 2012	31.0	22.5	7.9	183
Junio 2013	10.5	8.9	8.3	83
Diciembre 2013	22.0	19.1	8.1	216
Junio 2014	5.5	9.4	8.3	148
Diciembre 2014	20.0	18.7	8.2	194
Junio 2015	14.0	10.0	8.0	137
Diciembre 2015	30.0	20.5	8.5	182

Parámetros analizados en laboratorio

Parámetro Meses	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Zn (µg/L)	Cu (µg/L)	Cr (µg/L)	Hg (µg/L)	Pb (µg/L)	Se (µg/L)	Ni (µg/L)	Ag (µg/L)	Cianuros (µg/L)
Junio 2011	< 5	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.13	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2011	1.3	< 0.05	9.3	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1	--
Junio 2012	< 5	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.13	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2012	< 2	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1	--
Junio 2013	< 2	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2013	< 2	< 0.05	28	6.7	< 1	< 0.03	0.3	< 1	--	--	--
Junio 2014	< 2	< 0.05	3.6	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2014	< 2	< 0.05	7.8	< 2	< 1	< 0.03	0.14	< 1	< 5	< 0.1	--
Junio 2015	< 1	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2015	1.4	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1	--

Río Negro - Villa Regina



● Sitio de Muestreo
Coordenadas: S 39° 10' 03.3'' W 67° 06' 09.5''



Parámetros registrados *in situ*

Parámetro Meses	T° Aire (°C)	T° Agua (°C)	pH	Conductividad (μS/cm)
Junio 2011	- 1.0	8.0	7.9	134
Diciembre 2011	24.0	21.1	7.8	124
Junio 2012	8.0	9.5	7.8	155
Diciembre 2012	31.0	22.9	7.8	167
Junio 2013	15.5	8.6	9.14	75
Diciembre 2013	27.0	22.3	8.2	278
Junio 2014	7.0	10.1	8.5	134
Diciembre 2014	24.0	19.9	8.3	171
Junio 2015	16.0	11.0	8.4	136
Diciembre 2015	31.0	23.9	8.3	160

Parámetros analizados en laboratorio

Parámetro	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Zn (µg/L)	Cu (µg/L)	Cr (µg/L)	Hg (µg/L)	Pb (µg/L)	Se (µg/L)	Ni (µg/L)	Ag (µg/L)
Meses										
Junio 2011	37	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.13	< 1	< 5	< 0.1
Diciembre 2011	< 2	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1
Junio 2012	< 5	< 0.05	< 2	< 2	1	< 0.03	0.3	< 1	< 5	< 0.1
Diciembre 2012	< 2	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1
Junio 2013	< 2	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1
Diciembre 2013	< 2	2.1	7.2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	--	--
Junio 2014	< 2	< 0.05	6	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1
Diciembre 2014	< 2	< 0.05	2.2	< 2	< 1	< 0.03	0.11	< 1	< 5	< 0.1
Junio 2015	< 2	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1
Diciembre 2015	1.4	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1

Río Negro - Choele Choel



● Sitio de Muestreo
Coordenadas: S 39° 17' 20.1'' W 65° 40' 33.4''



Parámetros registrados *in situ*

Parámetro Meses	T° Aire (°C)	T° Agua (°C)	pH	Conductividad (μS/cm)
Junio 2011	4.0	6.7	8.6	161
Diciembre 2011	24.0	21.9	7.7	155
Junio 2012	9.0	9.0	7.7	174
Diciembre 2012	20.0	21.1	7.9	182
Junio 2013	11.0	9.1	7.9	183
Diciembre 2013	32.0	23.0	8.3	191
Diciembre 2014	16.0	24.4	7.9	212
Junio 2015	11.0	9.2	8.6	152
Diciembre 2015	21.0	19.0	8.0	204

Parámetros analizados en laboratorio

Parámetro Meses	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Zn (µg/L)	Cu (µg/L)	Cr (µg/L)	Hg (µg/L)	Pb (µg/L)	Se (µg/L)	Ni (µg/L)	Ag (µg/L)	Cianuros (µg/L)
Junio 2011	< 5	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.13	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2011	1.2	< 0.05	3.7	2	1.3	< 0.03	0.4	< 1	< 5	< 0.1	--
Junio 2012	< 5	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	0.37	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2012	< 2	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	0.2	< 1	< 5	< 0.1	--
Junio 2013	< 2	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2013	< 2	< 0.05	4.3	2.1	< 1	< 0.03	0.3	< 1	--	--	--
Diciembre 2014	< 2	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	0.3	< 1	< 5	< 0.1	--
Junio 2015	1.5	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2015	1.5	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	< 0.1	< 1	< 5	< 0.1	--

Río Negro - Viedma



● Sitio de Muestreo
Coordenadas: S 40° 48' 04.6'' W 63° 00' 42.5''



Parámetros registrados *in situ*

Parámetro Meses	T° Aire (°C)	T° Agua (°C)	pH	Conductividad (μS/cm)
Junio 2011	11.0	8.2	7.2	176
Diciembre 2011	24.0	23.0	7.8	281
Junio 2012	18.0	9.8	7.2	186
Diciembre 2012	20.0	21.0	7.7	341
Junio 2013	13.0	9.0	7.5	231
Diciembre 2013	24.0	22.2	8.1	273
Junio 2014	12.0	10.1	7.1	182
Diciembre 2014	25.0	23.8	7.2	333
Junio 2015	10.0	7.8	7.9	174
Diciembre 2015	24.0	21.6	7.9	301

Parámetros analizados en laboratorio

Parámetro Meses	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Zn (µg/L)	Cu (µg/L)	Cr (µg/L)	Hg (µg/L)	Pb (µg/L)	Se (µg/L)	Ni (µg/L)	Ag (µg/L)	Cianuros (µg/L)
Junio 2011	< 5	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	0.2	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2011	2.4	< 0.05	2.3	< 2	< 1	< 0.03	0.8	< 1	< 5	< 0.1	--
Junio 2012	< 5	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	0.46	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2012	3	< 0.05	2.7	< 2	< 1	< 0.03	0.5	< 1	< 5	< 0.1	--
Junio 2013	< 2	< 0.05	< 2	< 2	< 1	< 0.03	0.5	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2013	2.4	< 0.05	31	< 2	< 1	< 0.03	0.9	< 1	--	--	--
Junio 2014	< 2	< 0.05	18	< 2	< 1	< 0.03	1.2	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2014	3	< 0.05	7.6	6.2	< 1	< 0.03	1.1	< 1	< 5	< 0.1	--
Junio 2015	1.5	< 0.05	2.5	< 2	< 1	< 0.03	0.6	< 1	< 5	< 0.1	--
Diciembre 2015	2.3	< 0.05	3.1	2.3	< 1	< 0.03	0.7	< 1	< 5	< 0.1	--

En ninguna de las muestras de agua evaluadas, se detectaron selenio, mercurio, níquel y plata. En cambio, se hallaron en varias oportunidades concentraciones de cinc, cobre y plomo y rara vez cromo y cadmio.

En cuanto al ión plomo (Pb), la mayor frecuencia de detección fue en Viedma, donde se lo pudo medir en concentraciones bajas en todas las fechas muestreadas. El valor máximo de plomo medido en este sitio fue de 1.2 µg/L, en junio de 2014. Siempre los valores detectados fueron muy inferior al valor guía sugerido para fuente de agua potable.

Los valores de cinc (Zn) oscilaron entre 2 y 31 µg/L, correspondiendo este último a la estación de muestreo en Viedma, muestra tomada en diciembre de 2013, superando el valor guía propuesto para este elemento para la protección de la vida acuática (30 µg/L).

Los valores de arsénico (As) detectados en el período evaluado fueron muy bajos, y en ningún momento sobrepasó el valor límite sugerido por el COFES de 50µg/L para el agua potable. En junio de 2011 se midió en Villa Regina una concentración de arsénico de 37 µg/L, superando el nivel guía propuesto para protección de la vida acuática.

A un cuerpo hídrico el arsénico puede llegar por vía natural o antropogénica, como por ejemplo, minería, procesos metalúrgicos, combustión de combustibles fósiles, uso de plaguicidas, preservantes de madera.

En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, la especie predominante es el arsénico pentavalente o arsenato, el cual se encuentra en forma estable en un rango de pH entre 2 y 13, y constituye una forma química con una toxicidad menor que el arsénico trivalente o la arsina.

Por su lado el ión cobre (Cu) fue detectado en Allen en Diciembre de 2013 con un valor de 6.7 µg/L y en Viedma en Diciembre de 2014, muy por debajo del nivel guía para el agua potable (200µg/L).

BIBLIOGRAFÍA

Alonso, E. Santos, A; Callejón, M. Jiménez, J.C. – 2004- "Speciation as a screening tool for the determination of heavy metal surface water pollution in the Guadiamar river basin" – Chemosphere 56, 561-570.

CCME – 2003- "Canadian Environmental Quality Guidelines" - Canadian Council of Ministers of the Environment.

Código Alimentario Argentino (Ley 18284) – 2003 – www.anmat.gov.ar/codigoa/capituloVI.pdf

FAO/WHO. -1989 - Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium, WHO Technical. Report Series No. 505.

Gaiero, D.M.; Probst, J.L.; Depetris, P.J.; Lelyter, L.; Kempe, S. – 2002 - "Riverine transfer of heavy metals from Patagonia to the southwestern Atlantic Ocean" – Reg.Environ.Change. 3, 51-64.

Has-Schön, E.; Bogut, I.; Rajkovic, V.; Bogut, S.; Cacic, M. and Horvatic, J. – 2007- "Heavy Metal Distribution in Tissues of Six Fish Species Included in Human Diet, Inhabiting Freshwaters of Nature Park "Hutovo Blato" (Bosnia and Herzegovina)" – Arch. Environ. Contam. Toxicol DOI 10.1007/s00244-007-9008-2

Ikem, A.; Egiebor, N.O.; Nyavor, K. – 2003- "Trace Elements in water, fish and sediment from Tuskegee Lake, Southeastern USA" – Water, Air and Soil Pollution, 149: 51-

75.

Mancera-Rodriguez, N. J.; Alvarez-León, R. – 2006- “Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia” – Acta Biológica Colombiana – Vol. 11 N° 1, 3-23.

Sandor, Z.; Csengeri, I.; Oncsik, M.; Alexis, M. and Zubcova, E. – 2001- “Trace Metal Levels in Freshwater Fish, Sediment and Water” – Environ. Sci. & Pollut. Res. 8 – 1-4.

Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación – 2005- Valores guías como fuente de agua destinada a consumo humano con tratamiento convencional.

PROGRAMA: MONITOREO DE AGROQUIMICOS

OBJETIVOS

Objetivo General

El objetivo de la red de monitoreo de agroquímicos es vigilar la contaminación causada por los plaguicidas en las aguas superficiales del río Negro en las zonas frutihortícolas de los valles.

En este informe se presentan los resultados obtenidos en el período 2011-2016, de plaguicidas procedente de las actividades agrícolas o de las industrias agroalimentarias.

Objetivos Específicos

- Evaluar la calidad de la fuente de agua para abastecimiento humano, riego y para la preservación de la vida acuática.
- Evaluar la presencia de pesticidas en los canales de drenajes que están más influenciados por la actividad frutícola.

AREA DE ESTUDIO

El sistema bajo estudio comprende los valles de los ríos Limay, Neuquén y Negro, cercana a la zona agrícola, con varios canales de drenajes que la atraviesan, desembocando en dichos ríos (Fig.1). A su vez estos canales son receptores de varios efluentes agroindustriales. (Tosi, A.P et al. 2009).

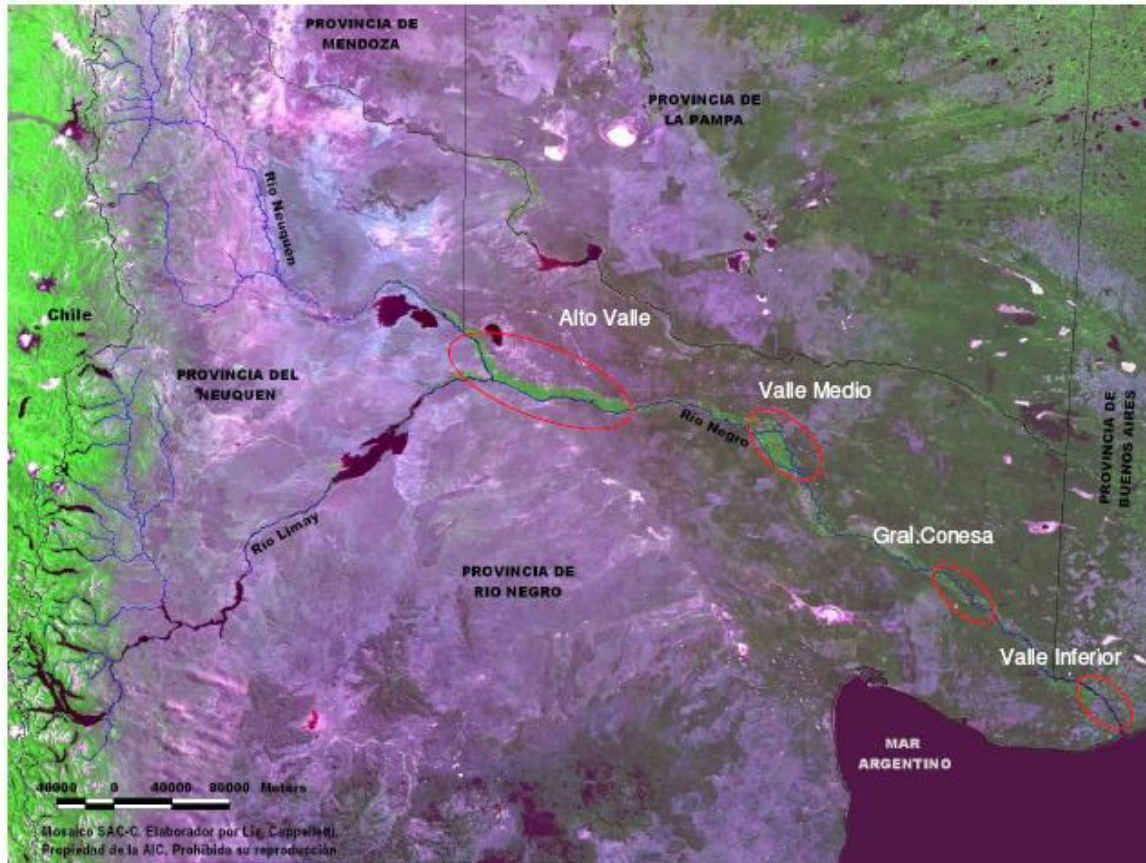


Fig 1: Ubicación geográfica de la zona bajo estudio.

Sitios de muestreo

El muestreo se llevó a cabo en dos tipos de ambientes (Tabla Nº 2):

- a) *ríos* en áreas de toma para abastecimiento humano y en sitios coincidentes con la Red Básica de Monitoreo de la Calidad del Agua.
- b) *desagües*, hasta el 2012.

Tabla Nº 2: Sitios de Muestreo.

Ambiente	Cuenca	Lugar	Provincia
Tomas	Río Negro	Allen	Río Negro
	Río Negro	Gral. Roca	Río Negro
	Río Negro	Villa. Regina	Río Negro
	Río Negro	Chimpay	Río Negro
	Río Negro	Choele Choel	Río Negro
	Río Negro	Lamarque	Río Negro
	Río Negro	Colonia Josefa	Río Negro
	Río Negro	Viedma/Patagones	Río Negro/Bs. As.
Desagües	Río Neuquén	La Paloma	Río Negro/Bs. As.
	Río Negro	P II (F. Oro)	Río Negro
	Río Negro	P III (Allen)	Río Negro
	Río Negro	P IV (Roca)	Río Negro
	Río Negro	Zonas VI y VII	Río Negro
	Río Negro	GZ (Choele Choel)	Río Negro
	Río Negro	Colonia Frías	Río Negro
	Río Negro	El Molino (IDEVI)	Río Negro

MATERIALES Y METODOS

Desde el año 1997 hasta la fecha, en cada temporada productiva, se toman muestras superficial de agua sobre los cursos de los ríos Limay, Neuquén y Negro en cercanías de las tomas de agua potable, con el objeto de determinar la presencia de estos compuestos. Además se ha incorporado a este muestreo, evaluar la presencia de agroquímicos en los principales canales de drenaje de los sistemas de riego, que están influenciados por la actividad frutícola y/o por las distintas industrias del rubro (frigoríficos y galpones de empaque principalmente), y que aportan a los ríos mencionados.

Los datos que acá se presentan corresponden a las temporadas productivas, 2010-2011, hasta la temporada 2015-2016. Las muestras se tomaron en los meses de noviembre, febrero/marzo, abril/mayo y agosto de los años estudiados.

Se evaluaron organofosforados, organoclorados, carbamatos, piretroides, fungicidas y los compuestos antiescaldantes difenilamina y etoxiquina.

En cada sitio (Tabla N° 2), se tomaron 3 L de muestra en envases de vidrio color caramelo, debidamente acondicionadas, y las mismas fueron enviadas refrigeradas al laboratorio para su análisis.

Para la determinación de compuestos organoclorados, la extracción de 1 L de muestra se realizó con hexano, se concentró a un volumen final de 0,5 mL y se determinó cuantitativamente por cromatografía gaseosa mediante Detector de Captura de Electrones (ECD). La confirmación se realizó por inyección en una segunda columna de diferente polaridad.

Para los organofosforados se realizó extracción en fase sólida (SPE) sobre 1 L de muestra, se concentró a un volumen final de 0,250 mL y se determinó cuantitativamente por cromatografía gaseosa con Detector de Nitrógeno-Fósforo (NPD) y confirmación con GC MS.

Los compuestos difenilamina, etoxiquina, carbendazim y tiabendazol, se midieron solamente en los muestreos que coinciden con la actividad en la industria de la fruta, en cada temporada. Para la determinación de difenilamina (DFA), antiescaldante aplicado en los galpones de empaque, se utilizó el mismo método que el empleado para compuestos organofosforados y los fungicidas carbendazim y tiabendazol, fueron cuantificados mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

La lista de pesticidas monitoreados incluye aquellos más comunes usados en el área de estudio y otros han sido elegidos debido a su alta toxicidad, persistencia y potencial movilidad en el ambiente. Los límites de detección de los plaguicidas evaluados en agua se presentan en la Tabla N° 3.

Tabla Nº 3: Límites de detección y cuantificación de los compuestos investigados en agua.

PLAGUICIDA	LIMITE DE DETECCION (µg/L)	LIMITE DE CUANTIFICACION (µg/L)
Dimetoato	0.020	0.060
Pirimicarb	0.040	0.064
Carbaryl	0.200	0.426
Fenamifos	0.020	0.060
Clorpirifos	0.014	0.050
Metidation	0.010	0.030
Fosmet	0.090	0.126
Metil Azinfos	0.100	0.168
Propoxur	0.200	0.394
Carbofuran	0.300	0.600
Metil Paration	0.070	0.138
Etil Paration	0.100	0.208
Metiltiofanato	0.20	0.28
Carbendazim	0.18	0.23
Tiabendazol	0.19	0.24
Difenilamina	0.030	0.062
op'-DDT	0.0003	0.001
pp'-DDT	0.002	0.006
op'-DDD	0.0003	0.001
pp'-DDD	0.0003	0.001
op'-DDE	0.0003	0.001
pp'-DDE	0.0003	0.001
Endosulfán I	0.0003	0.001
Endosulfán II	0.0003	0.001
Heptacloro	0.0009	0.003
Heptacloro Epoxido	0.002	0.006
α - Clordane	0.002	0.006
λ - Clordane	0.002	0.006
HCB	0.0003	0.001
α -HCH	0.0003	0.001
β-HCH	0.0003	0.001
γ- HCH (lindano)	0.0003	0.001
δ - HCH	0.0003	0.001
Aldrin	0.0009	0.003
Endrin	0.002	0.008
Dieldrin	0.0003	0.001
Difenilamina	0.03	0.06
Etoxiquina	0.03	0.06

Límite de detección: concentración del analito a la menor señal medida, que con una cierta confianza estadística puede ser interpretada como indicativa de la presencia del analito en la solución, aunque no necesariamente permitiendo su exacta cuantificación.

Límite de cuantificación: menor concentración del analito en la muestra que puede ser determinado cuantitativamente con una cierta confianza estadística

Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de Cromatografía (LIBIQUIMA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo), en Neuquén. Los compuestos informados (organofosforados y carbamatos) tuvieron un valor de recuperación del 85%, siendo los valores aceptables para residuos de plaguicidas entre 70 y 120%, según los criterios de FAO/IAEA. El coeficiente de variación fue <20%.

Los resultados obtenidos en las muestras tomadas en el río, fueron comparados con los valores guías de calidad de agua sugeridos tanto por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2005), como la Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME, 2006) para la protección de la vida acuática (Tabla N° 4) y los valores establecidos como niveles guías de agua destinada a consumo humano (COFES, 2006)(Tabla N° 5).

Tabla N° 4: Valores guías para la protección de la vida acuática en agua dulce. (Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2005). (CCME, 2006)

Plaguicida	Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación (µg/L)	Canadian Council Of Ministers of the Environment (CCME) (µg/L)
ATRAZINA	≤ 3	1.8
CAPTAN	≤ 2	1.3
CARBARIL	≤ 0.5	0.20
CARBENDAZIM	≤ 1	n/f*1
CARBOFURAN	≤ 0.5	1.8
CLORDANO	≤ 0.08	0.006
CLORPIRIFOS	≤ 0.006	0.0035
DELTAMETRINA	≤ 0.001	0.0004
DIMETOATO	≤ 6.4	6.2
ENDOSULFAN	≤ 0.007	0.02
GLIFOSATO	≤ 240	65
LINDANO (HCH)	≤ 0.02	0.01

Intendencia General de Recursos Hídricos
Departamento Provincial de Aguas

METIL AZINFOS	≤ 0.02	n/f*1
PERMETRINA	≤ 0.01	0.004
ALDRIN + DIELDRIN	n/f*1	0.004
DDT total	n/f*1	0.001
ENDRIN	n/f*1	0.0023
HEPTACLORO	≤ 0.02	0.01
HEPTACLORO EPOXIDO	≤ 0.02	0.01

n/f: no fija

Tabla Nº 5: Valores guías destinada a consumo humano (COFES, 2006) y como fuente de agua potable con tratamiento convencional (Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2005)

PLAGUICIDA	LÍMITE TOLERABLE
ATRAZINA	2 µg/L (COFES)
CAPTAN	n/f
CARBARIL	0.03 mg/L (SRHN)
CARBENDAZIM	n/f
CARBOFURAN	5 µg/L (COFES)
CLORDANO	0.2 µg/L (COFES)
CLORPIRIFOS	n/f
PERMETRINA	20 µg/L (COFES)
DIMETOATO	n/f
ENDOSULFAN	n/f
GLIFOSATO	0.3 mg/L (SRHN)
LINDANO (γ HCH)	2 µg/L (COFES)
METIL AZINFOS	n/f
ALDRIN + DIELDRIN	0.03 µg/L (COFES)
DDT Total	2.0 µg/L (COFES)

ENDRIN	n/f
HEPTACLORO + HEPT. EPOXI	0.03 µg/L (COFES)
HEXACLOROBENCENO (HCB)	1 µg/L (COFES)

n/f: no fija

Para evaluar los resultados obtenidos en el agua de los drenajes, se tuvieron en cuenta como niveles guía, aquellos determinados a través de ensayos ecotoxicológicos, como valores tentativos de vuelco de los efluentes industriales.

Estos valores, que fueron establecidos por el Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional de Luján (UNLU), sólo son utilizados en este informe como un valor de referencia (Tabla N° 6).

Tabla N° 6: Valores guías de vuelco en los efluentes industriales para algunos agroquímicos.

PRODUCTO QUIMICO	CONCENTRACIÓN DE I.A. SUGERIDA POR UNLU PARA EL CUERPO RECEPTOR	CONCENTRACIÓN DE FORMULADO COMERCIAL SUGERIDA POR UNLU PARA EL CUERPO RECEPTOR	CONCENTRACIÓN DE I.A. SEGÚN RES. N° 1614/95 DPA, RN
FOSMET	< 5.9 µg/L	< 11.8 µg/L (IMIDAN 50®)	0.02 µg/L (*)
METIL AZINFOS	< 0.14 µg/L	< 0.4 µg/L (COTNION 35®)	0.005 µg/L (*)
METIDATION	< 0.018 µg/L	< 0.045 µg/L (SUPRACID 40®)	0.049 µg/L (**)
CARBARYL	< 0.95 µg/L	< 1.12 µg/L (RAVION 85®)	----
TIABENDAZOL	< 6.5 µg/L	< 10.8 µg/L (TECTO 60®)	----
DIFENILAMINA	< 15 µg/L	< 100 µg/L (BIFENOX 15®)	50 µg/L
CAPTAN	< 4.73 µg/L	< 5.7 µg/L (MERPAN 83®)	1.3 µg/L
CARBENDAZIM	< 16 µg/L	< 32 µg/L (BENCARB 50®)	10 µg/L

I.A.: ingrediente activo

(*) Valores establecidos según Natale et al., 1995

(**) Valor establecido según el límite de detección del método (UNC-CIATI)

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Residuos de Plaguicidas en aguas superficiales y de drenaje del río Negro.

En la mayoría de los sitios y fechas muestreadas en muestras obtenidas en cercanías de tomas de agua potable, no hubo detección de agroquímicos, con los métodos de análisis utilizados (Fig.16)

En noviembre del 2010 en todos los sitios sobre el río Negro ubicados en el Alto Valle y Valle Medio se midieron diferentes agroquímicos siempre a niveles trazas, siendo el *clorpirifos* el compuesto más frecuente, seguido por el *metilazinfos*. En agosto de 2015 se detectó *clorpirifos* (0,065µg/L) en cercanías de la Isla La Paloma, no pudiéndose determinar su origen para esta época del año.

El *metil azinfos* es el principal organofosforado aplicado en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, tanto en la frecuencia de aplicación (cada 15 días en el período productivo, 0.7 kg/ha), como en la cantidad empleada, alcanzando un total de 600 Tn de *metil azinfos* pulverizadas sobre 200.000 ha/año. Por otra parte, 22.5 Tn de *clorpirifos* son aplicadas anualmente a razón de 0.72 kg/ha. (Loewy, M. et al.1999).

En febrero de 2012 se pudo cuantificar la sustancia *endosulfan I* (0,002µg/L) en cercanías de la toma de agua potable de la ciudad de Viedma.

El valor hallado de *endosulfán I* está por debajo del valor guía sugerido por la Canadian Quality Guidelines (2011) que es de 0,003 µg/L. Esta sustancia es un insecticida muy utilizado en la horticultura, derivado del incremento en la modalidad de producción bajo invernáculos y la aparición de resistencias a las dosis recomendadas de plaguicidas. En este caso también se evidencia que la mayor aplicación de plaguicidas se relaciona con la fuerte presión ejercida por los consumidores para adquirir hortalizas "limpias", esto es libre de manchas e insectos.

En los drenajes la presencia de agroquímicos fue más constante, siendo el *clorpirifos*, el *metilazinfos* y el *carbaryl* el más frecuente (Fig.18).

Los plaguicidas de uso agrícola detectados en los drenajes estuvieron, o en niveles traza o cuantificables, pero en concentraciones que no implican un riesgo para la salud humana ni para el desarrollo de la vida acuática.

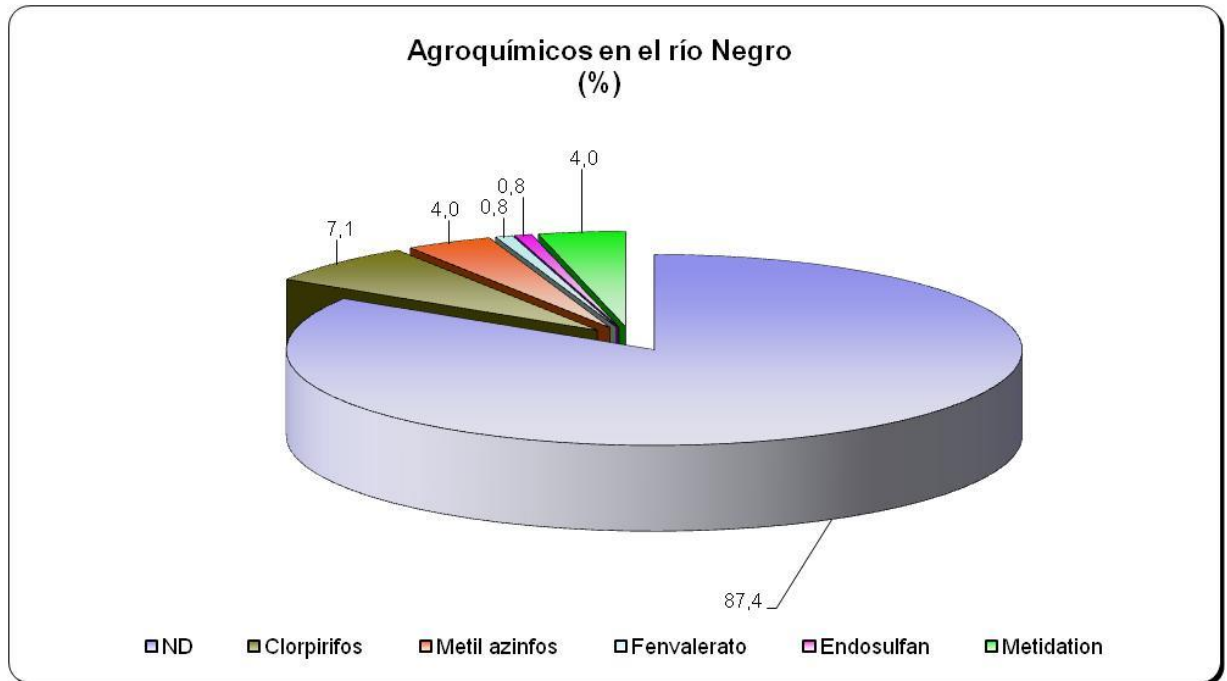


Fig.17: Porcentaje de detecciones de agroquímicos en agua superficial del río Negro

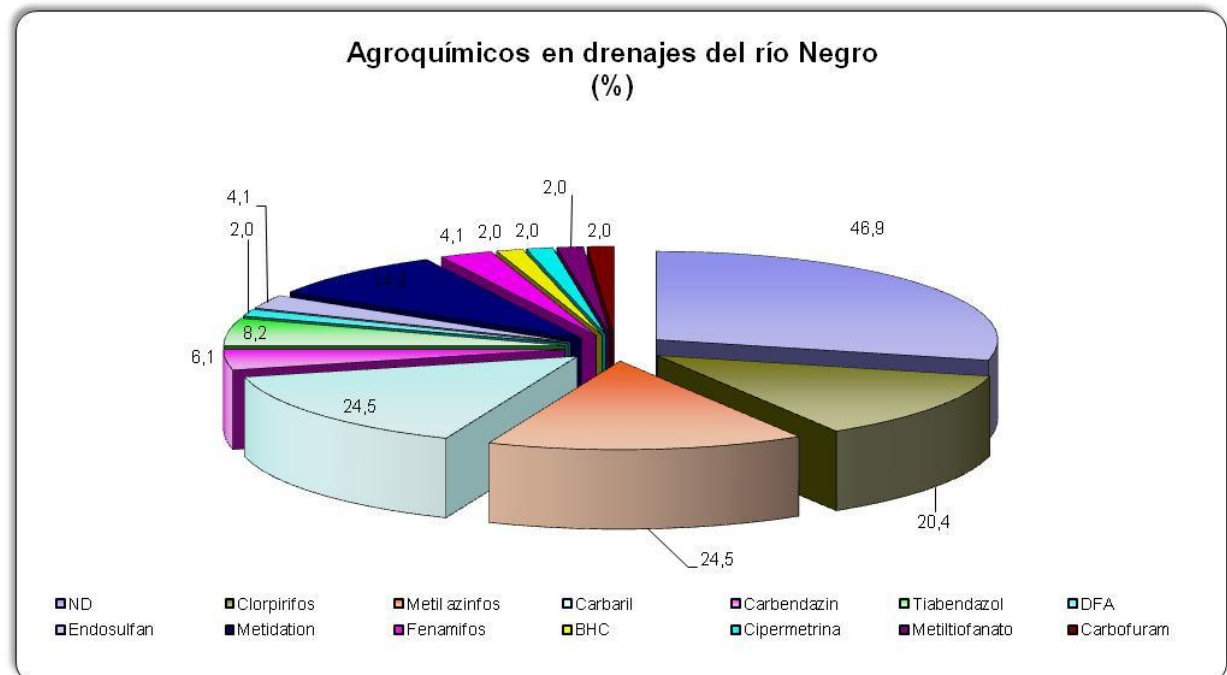


Fig.18: Porcentaje de detecciones de agroquímicos en agua superficial de desagües del sistema de riego

BIBLIOGRAFÍA

Boland, H.; Gil, M.I.; Labollita, H.A.; Laurenzano, B.; Novelli, M.; Ramos, J. y Reyes, P. – (2007)- Monitoreo de agroquímicos en áreas bajo riego de los ríos Limay, Neuquén y Negro – Congreso Nacional del Agua 2007, CONAGUA, Tucumán, Argentina.

CASAFE – 1995- Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina.

CCME – 2006- Canadian Environmental Quality Guidelines – Canadian Council of Minister of the Environment.

Consejo Federal de Entidades de Servicio Sanitario (COFES) – (1996) – Norma de Calidad para el Agua de Bebida de Suministro Público – Serie Documento Técnico N° 3.

Departamento Provincial de Aguas – 1999 - Monitoreo de Plaguicidas en Agua sobre los ríos Negro y Neuquén – Informe Técnico.

Guidelines for single – laboratory validation of analytical methods for trace – level concentration of organic chemicals. FAO/IAEA Training and Reference Centre for Food and Pesticide Control.

INTA, Centro Regional Patagonia Norte - Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle -2006- Guía de Pulverizaciones para los Cultivos de Manzano, Peral, Frutales de Carozo y Vid 2006-2007 (Sexta Edición), pp. 112.

Kolpin, D.W.; Thurman, E.M.; Linhart, S.M. – 1998- The environmental occurrence of herbicides: The importance of degradates in ground water- Arch. Environ. Contam. Toxicol. 35, pp. 385-390.

Kookana, R.S.; Baskaran, S. and Naidu, R. – 1998 – Pesticide fate and behavior in Australian soils in relation to contamination and management of soil and water: a review – Aust.J.Soil Res., 36, pp. 715-764.

Loewy, R.M. – 2000 – Plaguicidas en aguas subterráneas del Alto Valle de Río Negro y Neuquén – Tesis de maestría en Ciencias Químicas – Facultad de Ingeniería – UNCo. pp.178.

Natale, O.; Gómez, C.; Vermeulen, J.; Casamiquela, C.; D'Angelo, A.M.P.; Loewy, M. Alcalde, R. ; Vernier, B.; Schultz, F.; Cardot, L. – 1995- Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales. Anexo 2. Estudio de Caso: Plaguicidas en el río Negro, Argentina – Organización Mundial de la Salud – Organización Panamericana de la Salud – Programa de Salud Ambiental – Coordinador Editor: Henry J. Salas.

Ongley, E.D. –1997- Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. (Estudio FAO Riego y Drenaje – 55).

Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2005. Valores guías como fuente de agua destinada a consumo humano con tratamiento convencional.

Unidad de Gestión de Calidad de Agua – Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro; Dirección Provincial de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de Neuquén; Dirección Provincial de Recursos Hídricos de Neuquén; Departamento Provincial de Aguas de Río Negro – 2006- Monitoreo de Agroquímicos en la Cuenca: Ciclo productivo 2004-2005 – Informe Técnico – 68 pág.

U.S.Environmental Protection Agency (EPA) – 1984 – Analysis of Pesticides Residues in Human and Environmental Samples: The sampling and analysis of water for pesticides, Section 10^a, 1-25.