

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS  
UNLPam

ESPECIALIDAD EN SALUD PÚBLICA VETERINARIA

*“Evaluación de la fluctuación de las concentraciones de Flúor y Arsénico en agua de consumo humano de áreas de la Línea Sur de la provincia de Río Negro”.*

AUTORA: M.V. *Claudia Edith Grizmado.*

**DICIEMBRE 2012**

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS  
UNLPam

**ESPECIALIDAD EN SALUD PÚBLICA VETERINARIA**

*“Evaluación de la fluctuación de las concentraciones de Flúor y Arsénico en agua  
de consumo humano de áreas de la Línea Sur de la provincia de Río Negro”.*

Autora: M.V. Claudia Edith Grismado

Director de la tesina: Dr. Alberto Pariani

Codirectora de la tesina: M.V. Virginia Maisterrena

Lugar de realización de a Tesina: Línea Sur de la Provincia de Río Negro. Unidad Regional de Epidemiología y Salud Ambiental (URESAs) del Alto Valle Este de General Roca. Línea Sur y Laboratorios de Villa Regina y Viedma.

Fecha de realización: Junio del 2011 a diciembre del 2012.

### Agradecimientos

*A Alberto Pariani, Director de la Tesina: Por su compromiso, aporte y asesoramiento.*

*A Virginia Maisterrena, Codirectora de la Tesina: Por su acompañamiento, asesoramiento, dedicación y apoyo en la realización del Trabajo.*

*A Edmundo Larrieu, por enseñarme y mostrarme toda la provincia, especialmente los lugares más carenciados y necesitados y al equipo de trabajo de la URESA Alto Valle Este y URESA Línea Sur por la realización de los trabajos a campo.*

### Dedicatoria

*A Federico y al pequeño Joaquín, mi familia, por su apoyo incondicional.*

## **RESUMEN**

En gran parte de la línea sur de la Provincia de Río Negro el agua de bebida, proveniente de vertientes, arroyos, pozos y perforaciones, no se presenta en las mejores condiciones para el consumo humano. También existe la imposibilidad de contar con agua potable de red. La determinación de los niveles de Flúor y Arsénico en agua de bebida con la técnica de espectrofotometría permite cuantificar la presencia de estos minerales. Elevadas concentraciones de Arsénico y Flúor, cuando se consumen por períodos prolongados, pueden traer como consecuencia una enfermedad llamada Hidro Arsenicismo Crónico Regional Endémico Argentino (HACREA), en el primer caso, y una afección conocida como Fluorosis, en el segundo caso. En el período 2011-2012, se pudo identificar el exceso y las fluctuaciones de estos minerales como un factor de riesgo para la salud en las unidades de observación estudiadas (escuelas, puestos sanitarios y viviendas rurales). Se analizaron un total de 41 muestras de agua, habiéndose demostrado valores elevados de Flúor y Arsénico en aquellas provenientes de la zona más alejada de la meseta de Somuncurá, provincia de Río Negro.

## INDICE

	<b>Página</b>
1. Introducción -----	1
1.1 Arsénico -----	2
1.1.1 Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico -----	2
1.1.2 Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico Argentino -----	4
1.1.3 Antecedentes de la enfermedad -----	4
1.1.4 Actualidad en la República Argentina -----	5
1.2 Flúor -----	7
1.2.1 Fluorosis -----	8
1.3 Flúor y Arsénico en la provincia de Río Negro-----	9
1.4 Factores Ambientales -----	10
2. Materiales y Métodos -----	11
3. Resultados -----	15
4. Discusión y Conclusiones -----	18
5. Bibliografía -----	19

## INTRODUCCIÓN

La población de la Provincia de Río Negro se encuentra claramente distribuída entre las ciudades y las zonas rurales.

La Línea Sur de la Provincia de Río Negro (trayecto comprendido en la línea que se proyecta entre las ciudades de San Carlos de Bariloche y Viedma, por la RP N° 23) deja esta situación en evidencia.

Encontramos así que en muchas localidades, sus municipios presentan igual o mayor cantidad de habitantes en los parajes rurales y zonas periféricas (con extensiones de kilómetros) que en los centros locales administrativos.

La mayoría de los habitantes se encuentran como población dispersa, en localidades de menos de 500 habitantes, y el resto se encuentra en parajes de entre 500 y 200 personas.

Esta población incluye familias de bajos recursos que viven en campos, personas que reciben asistencia de salud en puestos sanitarios, niños que asisten a escuelas rurales y que se encuentran con acceso limitado a los servicios que en la ciudad pueden obtener (agua potable, luz eléctrica, gas natural, servicios asistenciales médicos completos, caminos en excelentes condiciones).

En estas áreas geográficas el agua no se presenta en las mejores condiciones para su consumo directo, proviniendo de vertientes, arroyos, pozos y perforaciones.

Es factible que en este tipo de agua aparezcan minerales en exceso, como flúor y arsénico.

## **Arsénico**

El arsénico (As) es un elemento ubicuo ampliamente distribuido en la naturaleza. Sus propiedades organolépticas lo hacen imperceptible. La mayor problemática respecto a este elemento es la contaminación de las aguas, especialmente los acuíferos subterráneos (napas). Estos cuerpos de agua están en contacto con rocas que contienen sales inorgánicas de As en concentración variable. El As es transferido naturalmente a las aguas por procesos de solubilización o lixiviación, contaminando los recursos acuíferos. Consecuentemente, las poblaciones que consumen de estas aguas, se encontrarán expuestas al As por tiempos prolongados y con una elevada probabilidad de padecer sus efectos deletéreos (DiCYT, 2012).

## **Hidro Arsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE)**

Diversos estudios informan problemas de salud en personas que consumían agua proveniente de pozos o perforaciones con altas concentraciones de arsénico (Bhattacharya et al., 2002).

La exposición humana al As se produce por consumo de las aguas con elevados contenidos y por la ingesta de alimentos preparados con estas aguas o cultivados con aguas conteniendo el tóxico. La intoxicación ambiental por As es conocida como Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE) o Arsenicosis. Varios países, incluyendo a Chile, Bangladesh, China, India, México, Tailandia y Estados Unidos de Norte América, han reconocido presentar esta problemática (DiCYT, 2012).

La contaminación ambiental por As vuelve al escenario mundial luego de que la comunidad científica internacional revelase la crítica situación que se vivía en países asiáticos, tales como India y Bangladesh.

En la década de 1970, en esa región se intentó paliar la mortandad generada por el consumo de aguas contaminadas con microorganismos patógenos, razón por la cual se estima que morían anualmente un cuarto de millón de niños. Este hecho llevó a UNICEF y

al Banco Mundial a destinar fondos para la construcción de perforaciones con el objeto de suplir la fuente de agua y así evitar tantas muertes. Varios años después, comenzaron a registrarse centenares de afectados por la exposición crónica al As proveniente de estas perforaciones, el cual no fue considerado al momento de evaluar la salubridad de las aguas extraídas de éstas. Esta catástrofe se considera como la intoxicación masiva más grande que se haya dado a nivel mundial y, comparativamente, supera ampliamente el desastre radioactivo de Chernobyl (DiCYT, 2012).

Los síntomas del HACRE se caracterizan por una secuencia de trastornos dermatológicos, que incluyen la aparición de hiperhidrosis palmo plantar (sudoración excesiva de pies y manos), hiperqueratosis palmo plantar (aparición de callosidades en la misma región) y melanodermia (alteraciones en la pigmentación de la piel). Con el tiempo las callosidades se agrietan y se tornan dolorosas volviéndose invalidantes para la actividad normal de las personas afectadas. Estos trastornos dermatológicos pueden malignizarse, observándose posteriormente la aparición de distintos tipos de cánceres, entre ellos el de piel. Además de este tipo de cáncer, el As puede causar cáncer de vejiga, pulmón, hígado, y riñón. La Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) categoriza al As inorgánico dentro del grupo I, como una sustancia con comprobada acción carcinogénica para el humano, sobre la base de evidencia epidemiológica (DiCYT, 2012).

Cada vez son más los trastornos de la salud asociados a la exposición al As, dentro de los que se cuentan enfermedades pulmonares como la bronquitis, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, las bronquiectasias; enfermedades del hígado, como la fibrosis portal no cirrótica y otros desórdenes, como la polineuropatía, la enfermedad vascular periférica, la hipertensión, ciertos trastornos cardíacos y la diabetes mellitus. Recientemente, la exposición al As también fue asociada con retraso mental y discapacidades del desarrollo cognitivo, alteraciones psicológicas, sensoriales y del habla en niños. Fueron descriptos, además, efectos en la gestación, como el aumento de la mortalidad fetal, neonatal y post-neonatal, el bajo peso al nacimiento, e incluso, la presencia de anemia en la madre (DiCYT, 2012).



### **Hidro Arsenicismo Crónico Regional Endémico Argentino (HACREA)**

En Argentina, la ingesta de pequeñas cantidades de As, durante un largo período trae como consecuencia el Hidro Arsenicismo Crónico Regional Endémico Argentino (HACREA), produciendo queratodermia y carcinomas múltiples en zonas no expuestas como es el caso de la cavidad torácica. Esta enfermedad también se conoce en Chile, México y Taiwán, donde la enfermedad se manifiesta de otra manera. En Chile, por ejemplo, ocasiona anorexia, diarrea y lesiones vasculares acrales y sistémicas, hepatoesplenomegalia y cirrosis. En México, en cambio, causa perforación del tabique nasal, mientras que en Taiwán causa melanodermia con lesiones vasculares en pies-pies negros (Ryczel et al., 2005).

No existe tratamiento curativo para esta enfermedad y los síntomas se manifiestan luego de un tiempo prolongado de consumo del agua con As. La contaminación de agua provocada por As es un serio problema de Salud Pública de importancia a nivel mundial, debido al poder carcinógeno y neurotóxico del elemento (Litter et al., 2006).

### **Antecedentes de la enfermedad**

En la Argentina, a principios del siglo XX la enfermedad fue descrita por primera vez por Goyenechea (1917) que la denominó “Enfermedad de Bell Ville”, por la procedencia de los pacientes. Ayerza, en 1917, describió las manifestaciones cutáneas características, por lo que estas recibieron la denominación de “Enfermedad de Ayerza”. Tello (1951) le dio la denominación actual, HACRE, con la que es conocida en los círculos médicos de la Argentina.

En el año 2001, la población argentina expuesta se estimaba en aproximadamente un millón de personas, es decir, el 3% de la población del país (CONAPRIS, UnIDA, ATA, 2006).

En el 2007, el Ministerio de Salud de la Nación publicó los resultados del primer esbozo sobre la problemática a nivel nacional donde se recopiló toda la información disponible, y

logró realizar un mapeo del territorio por nivel de As en agua de consumo (DiCYT, 2012).

### **Actualidad en la República Argentina**

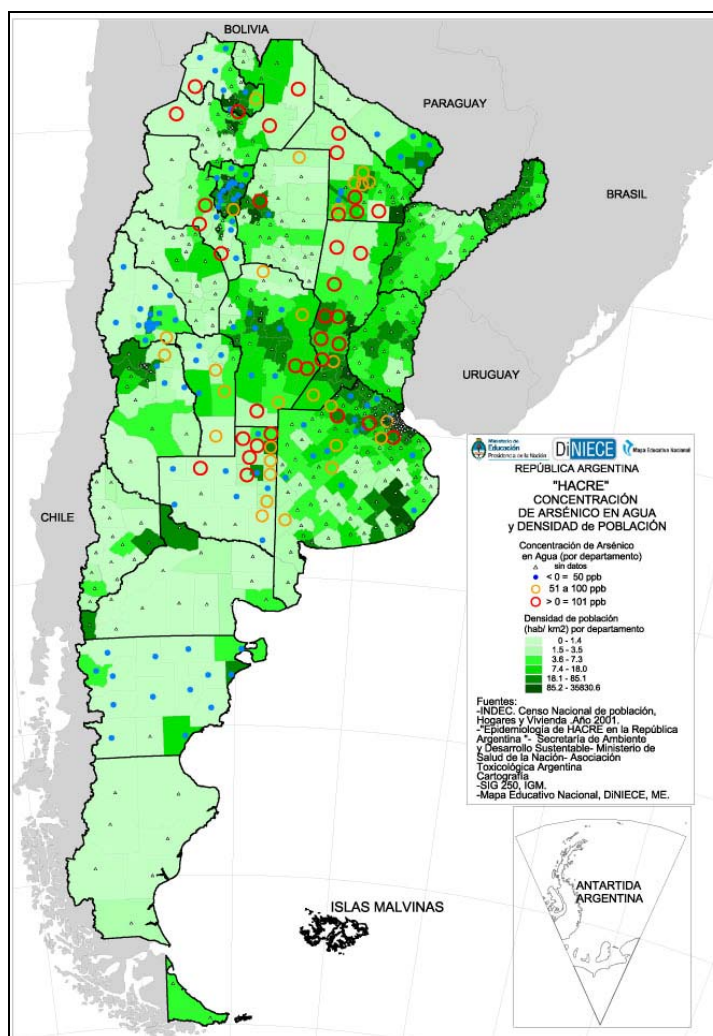
Hoy en día se estima que la población argentina que habita en áreas con aguas arsenicales es de alrededor de 2.500.000 habitantes, casi el 7% de la población del país. Las áreas arsenicales identificadas suman alrededor de 435.000 Km<sup>2</sup> de superficie. A su vez, el 43% de los departamentos afectados tienen más del 30% de su población con necesidades básicas insatisfechas. Las comunidades aborígenes y la población rural dispersa, forzadas a abastecerse de agua subterránea, resultan las más afectadas (CONAPRIS, UnIDA, ATA, 2006).

La distribución de agua con alto contenido de arsénico se sucede en un continuo noroeste-sudeste desde la cordillera hasta la costa atlántica. Las provincias de Argentina que presentan áreas en las que el agua tiene contenidos relativamente elevados de Arsénico son: Salta, Jujuy, Catamarca, La Rioja, La Pampa, Chaco, Córdoba, San Luis, Mendoza, San Juan, Santa Fe, Buenos Aires, Río Negro, Tucumán, Santiago del Estero, y no se descarta que puedan ser más (Ministerio de Educación de la Nación, 2012).

El nivel de As en las napas puede variar a lo largo de los años, con dependencia de las condiciones climáticas, tanto lluvias como temperatura (Goyenechea, 1917).

Otras actividades pueden modificar el escenario de la contaminación con As, como es el caso de la megaminería. No hay datos en nuestro país sobre el impacto ambiental que esta actividad provoca. La remoción de grandes superficies de terreno, o el depósito de los desechos de la actividad de obtención de metales preciosos, pueden llevar a exponer reservorios de minerales ricos en As, los cuales pueden contaminar las napas y los recursos acuíferos de la región. Claros ejemplos del impacto de esta actividad son los reportados en varios países, tales como México, Brasil, Chile, Estados Unidos, Australia y Canadá, entre otros (Goyenechea, 1917).

## “HACRE” Concentración de Arsénico en agua y densidad de población en la República Argentina



Fuentes: INDEC, Censo Nacional de población, hogares y viviendas. Año 2001. Epidemiología de HACRE en la República Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable- Ministerio de Salud de la Nación- Asociación Toxicológica Argentina- Cartografía- SIG 250 IGM. Mapa Educativo Nacional, DiNIESE, ME.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), la Environmental Protection Agency (EPA, 1988) y el Código Alimentario Argentino (CAA) fijan como valor máximo en agua de consumo 0,01 mg/l. (CAA cap. XII, art. 982). En el año 2007 se incorporó en el artículo 982 capítulo XII del Código Alimentario Argentino, el estándar de As para agua de bebida

de 0,01 mg/l, recomendado por OMS. En ese artículo se estableció un plazo de cinco años para alcanzar ese estándar de calidad, en regiones con altos contenidos de As, venciendo en junio del 2011. En febrero de este año se realizó una modificación mediante una Resolución Conjunta 34/2012 y 50/2012, en la que se extendía el plazo a cinco (5) años más, para alcanzar el valor de 0,01 mg/l. “...Artículo 1º — Prorrógase el plazo de cinco (5) años previsto en los artículos 982 y 983 del Código Alimentario Argentino, para alcanzar el valor de 0,01 mg/l de arsénico en los términos previstos en dichos artículos, hasta contar con los resultados del estudio “Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina – Estudios básicos para el establecimiento de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de aguas”, cuyos términos fueron elaborados por la Subsecretaría de Recursos Hídricos del Ministerio de Planificación Federal” (CAA cap. XII, art. 982).

### **Flúor**

El flúor es esencial para mantener la solidez de los huesos y puede proteger la caída de los dientes, si es aplicado con el dentífrico dos veces al día. Sin embargo, en dosis muy altas, puede provocar dientes veteados, osteoporosis y daños a los riñones, huesos, nervios y músculos, primeros síntomas de la enfermedad que provoca la llamada Fluorosis (Zhao, 1996).

Existen regiones de Argentina donde la cantidad natural de Flúor es elevada en aguas subterráneas (FUNAM, 2003).

La OMS, en 1984, sugirió que en áreas con un clima caluroso, la concentración del fluoruro óptima en el agua de consumo debe permanecer por debajo de 1 mg/l, mientras en los climas más fríos, puede subir a 1,2 mg/l. Esta diferencia estriba que en climas calurosos la ingestión de agua es mayor por un aumento en la transpiración.

En Argentina, el C.A.A. establece que la cantidad permitida de flúor en el agua varía según la temperatura de la región. En los lugares más fríos, se recomienda 0,9 mg/ l como límite inferior y 1,7 mg/l como límite superior. En los lugares más cálidos en cambio, el límite inferior debe ser 0,6 mg/l y el superior 0,8 mg/ l (CAA cap. XII, art. 982).

## **Fluorosis**

La Fluorosis es una condición que surge del consumo excesivo de flúor. El consumo de agua con un contenido elevado de flúor dará por resultado una amplia Fluorosis dental en la población. En esta condición, los dientes se vuelven jaspeados y descoloridos. Al principio, tienen parches blancos como de tiza, pero pronto se vuelven de color café con áreas decoloradas. En concentraciones muy altas, el fluoruro puede aumentar la fragilidad de los dientes y, en ocasiones, hacer que se fracturen. Las manchas blanquecinas o los denominados dientes jaspeados son una indicación clara de la sobreexposición del fluoruro durante la niñez cuando los dientes se estaban desarrollando. La ingesta crónica y excesiva de fluoruro puede llevar a un severo daño a la estructura ósea del individuo. Los síntomas tempranos incluyen el dolor esporádico y limitación del movimiento en articulaciones, dolor de cabeza, dolor de estómago y debilidad muscular que pueden estar advirtiendo del problema. La próxima fase es la osteoesclerosis y, finalmente, se daña la columna vertebral, las grandes articulaciones, músculos y sistema nervioso (NRC, 1993).

La lesión de Fluorosis dentaria compatible con el color y con la estructura es irreversible. No hay prevención posible una vez que se adquiere esta enfermedad. Sólo queda actuar terapéuticamente con tratamientos de operatoria dental o prótesis (carillas o coronas), aunque constituyen una alternativa de elevado costo. Es por ello que resulta fundamental la prevención. En esta dirección, el primer paso es la instrucción. Como el primer grupo de riesgo lo constituyen los bebés que se están gestando, la acción preventiva se debe enfocar sobre la mujer embarazada. Específicamente, la tarea concreta es la de monitorear y controlar el agua que ella está consumiendo (Arrarás, 1997).

La última información muestra que la Fluorosis es endémica en por lo menos 25 países del globo. El número total de personas afectadas no es conocido, pero una estimación conservadora es de varias decenas de millones. En 1993, 15 de los 32 estados de la India se identificaron como endémicos para la Fluorosis. En México, 5 millones de personas (aproximadamente 6% de la población) son afectadas por el fluoruro debido al agua subterránea. La Fluorosis es prevalente en algunas partes de China central y occidental, y no sólo causada por el agua de bebida sino por la respiración de ambientes saturados con

flúor por la combustión de carbón mineral contaminado con este elemento. Por este motivo existe una Fluorosis industrial que está en aumento (Clarín, 2012).

### **Flúor y Arsénico en la provincia de Río Negro**

En las áreas rurales de la Línea Sur de la Provincia de Río Negro existe poca información proveniente de trabajos de investigación, con respecto al contenido de flúor en aguas para consumo. Sólo se han reportados algunos resultados obtenidos en ciertas zonas con altas concentraciones de arsénico (PROSAP, 2010).

Entre las tareas de Salud Ambiental, una de ellas es el control de la calidad del agua de consumo. Por tal motivo, desde el año 1990, aproximadamente, se realizan muestreos espaciados en toda la provincia y con más asiduidad en las localidades de la Línea Sur de la misma, cuyos resultados de análisis e informes se elevan a las autoridades competentes, como lo son las comisiones de fomento, al Departamento Provincial de Agua (DPA) y a Aguas Rionegrinas S.A. (ARSA) para su notificación y demás efectos.

Actualmente, algunas localidades, como es el caso de Los Menucos, Sierra Colorada, entre otras, cuentan con Plantas de Tratamiento de Osmosis Inversa. Pero el resto de la población dispersa de las zonas rurales de la Línea Sur de Río Negro y, específicamente, la población en estudio, se proveen de aguas superficiales y subterráneas para su consumo.

Por ello, una amplia franja poblacional es susceptible a enfermedades de origen hídrico, como Hidro Arsenicismo Crónico Regional Endémico Argentino (HACREA) y Fluorosis, si las concentraciones de estos minerales son elevadas.

## **Factores ambientales**

Cabe destacar que en un área, la zona de Ingeniero Jacobacci y alrededores, los factores ambientales impidieron realizar la toma de muestras en el lugar en tiempo y forma. Esta región fue azotada por las cenizas del volcán Puyehue de Chile (Fotos 1, 2, 3). Por tal motivo, fue pedida la prórroga de entrega de este trabajo. Actualmente, en días ventosos, las cenizas acumuladas son removidas y dispersas y complica la visibilidad, o sea que el problema aún persiste.

Los extensos parajes que rodean la pequeña comunidad de Ingeniero Jacobacci (Foto 1) en Río Negro adquirieron el último año un color gris permanente y monótono. Son las consecuencias de la sequía que ya dura siete años y de la precipitación de cenizas volcánicas de Complejo Volcánico Puyehue- Cordón Caulle, complejo volcánico chileno, situado a unos 80 kilómetros al oeste, en la cordillera de Los Andes, hito fronterizo entre Argentina y Chile, que afectó en especial a la sufrida Línea Sur, la zona más árida de la provincia. En toda la región, con una superficie de 114.000 km<sup>2</sup>, donde se encuentran pueblos y parajes como Sierra Colorada, Los Menucos (Foto 2), Comallo y Maquinchao, no hay más de 40 mil habitantes (Clarín, 2012).

Foto 1. Ingeniero Jacobacci cubierto de ceniza      Foto2. Los Menucos cubierto de cenizas



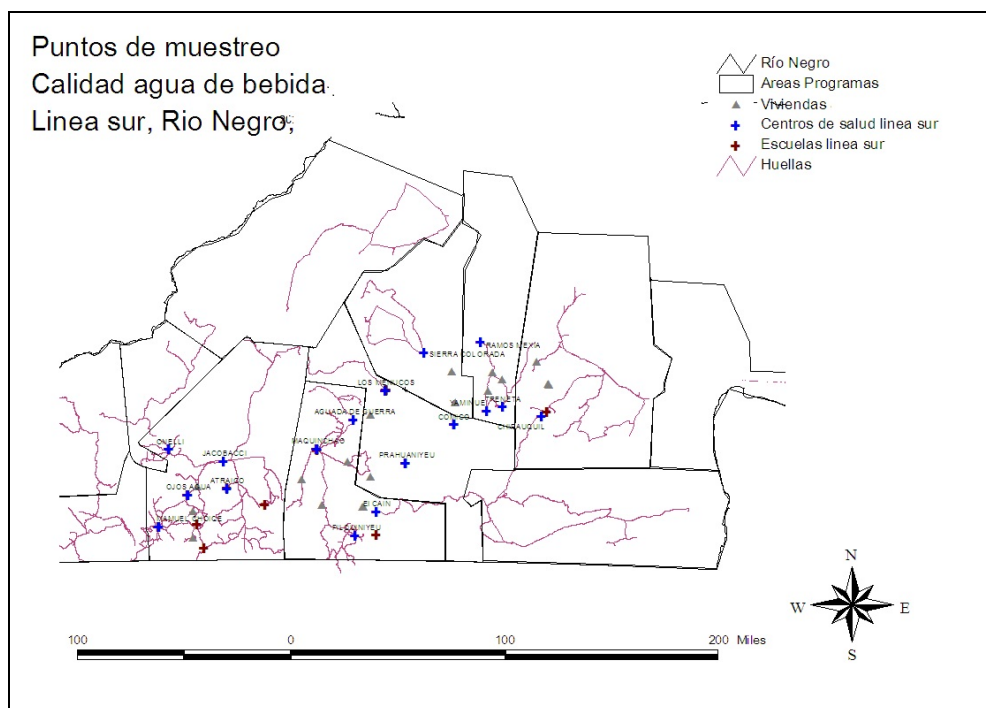
<http://www.mdzol.com/nota/302600/>





normales de flúor y arsénico (2) áreas al Norte de la Meseta, bordeando la ruta provincial N ° 23, donde se ha registrado concentraciones elevadas de estos analitos. Posteriormente, se marcaron los lugares georeferenciando cada puesto de salud, escuela y vivienda. Estos puntos fueron identificados individualmente con GPS Garmin y los datos recolectados, incorporados a un sistema de información geográfico (SIG), utilizando los programas de Ozi Explorer y de Arc View 3.2 para la confección de mapas y visualización de la distribución espacial de los puestos y demás puntos de interés.

### Puntos de muestreo. Línea Sur, Río Negro.



Fuente Dirección de Salud Ambiental. Pcia de Río Negro. Año 2011-2012.

Las muestras seleccionadas fueron tomadas al azar de pozos y perforaciones de aguas naturales subterráneas ubicados en cinco (5) áreas programas de la Línea Sur de la Provincia de Río Negro (Maquinchao, Los Menucos, Ingeniero Jacobacci, Sierra Colorada y El Cuy):

- Maquinchao: puesto de salud de El Caín y Pilquiniyeu y escuela.
- Los Menucos: puesto de salud de Prahuaníyeu y vivienda.
- Ingeniero Jacobacci: puesto de Mamuel Choique, escuela y 2 viviendas.

- Sierra Colorada: puesto de salud de Yaminue, escuela de Queupu Niyeu y vivienda.
- El Cuy: puesto de salud de Cerro Policía, Aguada Guzmán y El Cuy, puesto de salud de Naupa Huen y escuela de Naupa Huen.

Se trazaron seis (6) transectas que parten desde el borde de la Meseta de Somuncurá, hasta la ruta Nacional N° 23 y desde el paralelo 42 hasta la ruta Nacional N° 23, en el caso particular del área de Ingeniero Jacobacci. En cada transecta se seleccionaron de 4 a 5 puntos de muestreo equidistantes, dependiendo de la zona.

### **Trabajo de campo**

Se analizaron un total de 41 muestras de agua. En todos los casos sólo se consideraron aquellas empleadas para el consumo humano. Se realizaron de dos a tres muestreos por área.

Se tomaron muestras de 1,5 litros y se colocaron en botellas plásticas secas y limpias con tapa a rosca, sin conservantes y llenadas en su totalidad, de forma tal de evitar espacio con aire que pueda producir algún intercambio gaseoso.

Las muestras se recolectaron siempre individualmente. Se incluyeron en una bolsa mayor, con su correspondiente identificación. Para el transporte se colocó la bolsa en una caja de telgopor. Se adicionaron las actas de toma de muestras y una vez cerrada la caja se identificó completa y claramente en la parte de arriba.

Fueron transportadas al laboratorio de referencia junto con la documentación de respaldo. Previo aviso telefónico o vía mail del envío y llenado de solicitud en el Sistema Integral de Gestión Alimentaria (SIGA), sistema informatizado con el que cuenta la provincia. Los análisis fueron efectuados en los laboratorios de Salud Ambiental Villa Regina y de Viedma, mediante espectrofotometría, según técnicas descriptas. Se realizaron tres visitas a los sitios de muestreos por personal de Salud Ambiental de la Provincia de Río Negro en las cuales se obtuvieron las muestras para el análisis de laboratorio.

### **Análisis de Flúor**

Para la determinación de fluoruro en agua, a través de la técnica de Lammar, se seleccionó el método O.S.N. (espectrofotométrico) de flúor basado en la complejación con el reactivo alizarina formando un complejo con el flúor que es medido colorimétricamente a 540 nm (APHA, AWWA, WPCF, 1979).

Concentraciones por debajo de 0,05 mg/l son consideradas no detectables. La concentración máxima de fluoruro en agua de bebida fue estimada teniendo en cuenta la temperatura media promedio del área geográfica considerada. El rango de temperaturas medias durante los últimos 30 años para la región en estudio se encuentra entre  $-3^{\circ}\text{C}$  y  $25,3^{\circ}\text{C}$ , con una media de  $10,0^{\circ}\text{C}$  (INTA, 2008). El límite máximo en función de la temperatura media promedio, teniendo en cuenta el consumo de agua de bebida, es para la región en estudio de 1,7 mg/l de fluoruro (CAA, cap XII, art. 982).

### **Análisis de Arsénico**

La técnica de análisis utilizada para la determinación de arsénico se fundamenta en la reducción del arsénico inorgánico a arsina utilizando zinc en solución ácida como reductor. La arsina se disuelve por la solución de dietilditiocarbamato de plata (AgDDTC) en efedrina/cloroformo y posteriormente es determinada espectrofotométricamente. La sal de plata reacciona con la arsina que produce un complejo rojo, de intensidad proporcional a la cantidad de arsénico presente en la muestra, con absorción máxima a 518 nm. Se utilizó un Espectrofotómetro SHIMADZU UV 1700 Pharma Spec (APHA, AWWA, WPCF, 1979).

## RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 41 muestras, las cuales fueron analizadas en un 100 %. En el año 2011 fueron tomadas 13 muestras (31,7 %), mientras que en el año 2012 se pudieron tomar las 28 muestras restantes (68,3 %).

La concentración de flúor en las muestras de aguas subterráneas analizadas se encuentra dentro de un rango que va de 0,52 mg/l a 1,58 mg/l, en las áreas cercanas a la Meseta de Somuncurá, dentro de los niveles aconsejables para la región según el Código Alimentario Argentino (Tabla 1). Sin embargo, en la zona lejana a la Meseta de Somuncurá arrojó valores que van desde 1,32 mg/l a 4,6 mg/l, superando ampliamente el límite máximo (hasta 1,7 mg/l, según CAA) (Tabla 2).

Del total de las 41 muestras analizadas en la región en estudio, 21 de ellas (53,7 %), presentan niveles por encima de 1,7 mg/l, el máximo valor permitido en agua de bebida. En contraste, 19 muestras (46,3 %) presentan concentraciones de flúor normales (0,9 mg/l a 1,7 mg/l, según CAA).

El rango de concentración de arsénico total en las muestras analizadas se halla entre <0,01 y 0,07 mg/l. De ellas, un 39 % (16 muestras) presentan niveles por encima de 0,01 mg/l (concentración máxima admisible en agua de bebida por la OMS. y CAA) y se corresponden a las zonas distantes a la Meseta de Somuncurá, mientras que un 61 % (25 muestras) exhiben niveles iguales o menores de las concentraciones máximas permitidas (Tablas 3 y 4).

Tabla 1

Concentraciones de flúor (mg/l) en Puntos de Muestreos de la Línea Sur, cercanos a la Meseta de Somuncurá, Río Negro. Año 2011/2012.

<b>Puntos de Muestreos cercanos a la Meseta de Somuncurá</b>	<b>08/2011</b>	<b>02/2012</b>	<b>08/2012</b>
Puesto de Salud El Caín (Maquinchao)	0,67	0,63	0,65
Puesto de Salud de Pilquiniyeu (Maquinchao)	0,84	0,88	0,82
Escuela de Pilquiniyeu (Maquinchao)	0,56	0,58	0,52
Puesto de Salud Mamuel Choique (Ingeniero Jacobacci)	-	1,06	1,02
Escuela de Mamuel Choique (Ingeniero Jacobacci)	-	0,47	0,53
Vivienda Curifil Manuel (Ingeniero Jacobacci)	-	1,04	1,20
Vivienda Barrera Candido (Ingeniero Jacobacci)	-	1,56	1,58
Puesto de Salud de Prahuanিয়েu (Los Menucos)	1,55	-	-
Vivienda en Prahuanিয়েu (Los Menucos)	1,40	-	-

Tabla 2

Concentraciones de flúor (mg/l) en Puntos de Muestreos de la Línea Sur, lejanos a la Meseta de Somuncurá, Río Negro. Año 2011/2012.

<b>Puntos de Muestreos lejanos a la Meseta de Somuncurá</b>	<b>08/2011</b>	<b>02/2012</b>	<b>06/2012</b>
Puesto de Salud El Cuy (El Cuy)	4,6	2,4	1,68
Puesto de Salud de Naupa Huen (El Cuy)	4,5	2,24	-
Escuela de Naupa Huen (El Cuy)	4	2,5	-
Puesto de Salud Aguada Guzmán (El Cuy)	3,7	2,2	1,8
Puesto de Salud Cerro Policía (El Cuy)	2,9	1,35	1,32
Puesto de Salud Yaminue (Sierra Colorada)	1,65	1,70	1,65
Escuela Quepu Niyeu (Sierra Colorada)	1,70	1,60	1,75
Puesto de Salud Sierra Colorada (Sierra Colorada)	3,42	3,20	3,35

En la Tabla 2 se puede observar que la perforación del Puesto de Salud El Cuy presenta diferencias significativas en cada fecha en que se tomaron las muestras.

**Tabla 3**

Concentraciones de arsénico (mg/l) en Puntos de Muestreos de la Línea Sur, cercanos a la Meseta de Somuncurá, Río Negro. Año 2011/2012.

<b>Puntos de Muestreos cercanos a la Meseta de Somuncurá</b>	<b>08/2011</b>	<b>02/2012</b>	<b>08/2012</b>
Puesto de Salud El Caín (Maquinchao)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Puesto de Salud de Pilquiniyeu (Maquinchao)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Escuela de Pilquiniyeu (Maquinchao)	0,01	0,01	0,01
Puesto de Salud Mamuel Choique (Ingeniero Jacobacci)	-	0,01	0,01
Escuela de Mamuel Choique (Ingeniero Jacobacci)	-	0,01	0,01
Vivienda Curifil Manuel (Ingeniero Jacobacci)	-	0,01	0,01
Vivienda Barrera Candido (Ingeniero Jacobacci)	-	0,01	0,01
Puesto de Salud de Prahuanিয়েu (Los Menucos)	< 0,01	-	-
Vivienda en Prahuanিয়েu (Los Menucos)	0,01	-	-

**Tabla 4**

Concentraciones de arsénico (mg/l) en Puntos de Muestreos de la Línea Sur, lejanos a la Meseta de Somuncurá, Río Negro. Año 2011/2012.

<b>Puntos de Muestreos lejanos a la Meseta de Somuncurá</b>	<b>08/2011</b>	<b>02/2012</b>	<b>06/2012</b>
Puesto de Salud El Cuy (El Cuy)	0,075	0,02	0,05
Puesto de Salud de Naupa Huen (El Cuy)	0,005	0,01	-
Escuela de Naupa Huen (El Cuy)	0,025	0,005	-
Puesto de Salud Aguada Guzmán (El Cuy)	0,025	0,005	0,037
Puesto de Salud Cerro Policía (El Cuy)	0,025	0,025	0,025
Puesto de Salud Yaminue (Sierra Colorada)	0,025	0,025	0,025
Escuela Quepu Niyeu (Sierra Colorada)	0,025	0,025	0,025
Puesto de Salud Sierra Colorada (Sierra Colorada)	0,07	0,07	0,07

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

La población dispersa de las zonas rurales de la Línea Sur de Río Negro se provee de aguas superficiales y subterráneas para su consumo. Se puede observar que las concentraciones de flúor y arsénico en aguas subterráneas son elevadas. Las mismas fluctúan, dependiendo su proximidad a la Meseta de Somuncurá o distancia de la misma.

Estos hechos revelan la necesidad de instrumentar un programa periódico y permanente de vigilancia de los niveles de flúor y arsénico en estas aguas, para ampliar el mapa de relevamiento de zonas con arsénico en los recursos hídricos. Por ejemplo, para la evaluación de los posibles riesgos que se pueden generar por una continua contaminación del agua y para monitorear los cambios temporales en las concentraciones de estos analitos que se puedan producir. De este estudio surgen dos realidades, que de poder conjugarse correctamente traerán soluciones considerables.

La primera realidad es la de los habitantes que consumen directamente el agua en las zonas en que las concentraciones se presentan por encima de los valores normales, como así también aquellos que aún disponiendo en sus localidades de plantas de tratamiento, es tal la distancia con las mismas, que de ninguna manera son beneficiados con este escenario.

La segunda realidad es de índole institucional y refleja la necesidad de generar espacios o aparatos de acción estatal con los cuales dar respuestas abarcativas a este pequeño número de habitantes desperdigados en una zona considerablemente más amplia, como así también la imperiosa necesidad de contar con políticas públicas tendientes a la resolución de este conflicto.

Aparte de las agendas públicas de los gobiernos de turno, la fluctuación en los niveles de flúor y arsénico o las situaciones en el interior de los conglomerados, siguen existiendo personas relegadas que deben consumir necesariamente de esta agua. Existe, entonces, un amplio campo de trabajo que es necesario desarrollar en bien de la salud de la población.

## BIBLIOGRAFÍA

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation) (1979). Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater. *Método para la Determinación de Arsénico por Espectrofotometría Visible del Complejo Formado entre Arsina y AgDDTC*, 4: 63-64. American Public Health Association, Washington DC, USA.

Arrarás Z. (1997). Aplicación y resultados de índices de monitoreo biológico de Fluorosis en la población de La Pampa. Círculo Odontológico de La Pampa. [www.alihuen.org.ar/salud-agua-potable/la-fluorosis-dentaria-afecta-al-40-de-los-santarro.html](http://www.alihuen.org.ar/salud-agua-potable/la-fluorosis-dentaria-afecta-al-40-de-los-santarro.html) (noviembre 2012).

Bhattacharya P., Jacks G., Ahmed K., Routh J., Khan A. (2002) Arsenic in groundwater of the Bengal delta plain aquifers in Bangladesh. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*: 69: 538-545.

Código Alimentario Argentino (Actualizado en febrero del 2012) Capítulo XII: Bebidas hídricas, agua y agua gasificada. Artículos 982 al 1079. Ley 18284. Decreto 2126/71.

Comisión Nacional de Programas de Investigación Sanitaria, Ministerio de Salud de la Nación (CONAPRIS), Unidad de Investigación y Desarrollo Ambiental (UnIDA), Asociación Toxicológica Argentina (ATA). (2012). Epidemiología del hidroarsenicismo crónico regional endémico en la República Argentina. Estudio colaborativo multicéntrico. Buenos Aires.

DiCYT. Agencia de Noticias para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología, Universidad de Salamanca, España. 2012. <http://www.dicyt.com/noticias/arsenico-en-aguas-una-problematica-actual-no-resuelta-en-argentina#items1> (septiembre 2012).



Environmental Protection Agency, EPA (1988). Special Report on Ingested Inorganic Arsenic: Skin Cancer; Nutritional Essentiality. EPA 625/3-87/013. 1988. U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment.

Fundación para la defensa del ambiente (FUNAM) (2003). Córdoba.  
[www.funam.org.ar/archivoloc2003.htm](http://www.funam.org.ar/archivoloc2003.htm).

Goyenechea M. (1917). Sobre la nueva enfermedad descubierta en Bell-Ville.  
Revista Médica de Rosario 7: 485.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2008). Informe meteorológico. Estación Meteorológica EEA Valle Inferior, Río Negro.

Litter M., Hidalgo M., Apella A. (2006). Resultados finales del Proyecto OEA/AE141: investigación, desarrollo, validación y aplicación de tecnologías solares para la potabilización de agua en zonas rurales aisladas de América Latina y el Caribe. Buenos Aires. <http://www.cnea.gov.ar/xxi/ambiental/agua-pura/default.htm> (octubre 2012).

Ministerio de Educación de la Nación. Atlas educativo de la República Argentina. Mapa educativo nacional. [www.mapaeducativo.edu.ar/Atlas/Arsenico](http://www.mapaeducativo.edu.ar/Atlas/Arsenico) (noviembre 2012).

National Research Council (1993). Healths effects of ingested fluoride. National Academy Press. Washington, DC. USA.

Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP), Provincia de Río Negro, Proyecto de Desarrollo Integral Ganadero (2010).  
[www.prosaponline.gov.ar/prosapwebsite/docs/RioNDesarrolloIntegralGanadero-EIAmbiental.pdf](http://www.prosaponline.gov.ar/prosapwebsite/docs/RioNDesarrolloIntegralGanadero-EIAmbiental.pdf).

Ryczel M., Biaggini M., Besuschio S. (2005). Riesgo para la salud del Arsénico en agua de bebida. [www.redagua.org/advf/documentos/4725d6f9bcf6a.ppt](http://www.redagua.org/advf/documentos/4725d6f9bcf6a.ppt).

Tello, E. (1951) Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE), sus manifestaciones clínicas. Imprenta de la Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba. Argentina.

[www.ieco.clarin.com](http://www.ieco.clarin.com) (21 noviembre 2012).

Zhao L. (1996). Effect of high-fluoride watersupply on children's intelligence Fluoride 29: 190-192.