

Universidad Nacional del Comahue



Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud

Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental



Tesis

“Distribución del arsénico en el agua de
la provincia de Neuquén”

Autora

Velazquez, Vanesa Giselle

DNI: 30.082.427

Legajo: 109.169

Dirección

Dra. Dufilho, Ana Cecilia

Año: 2016



CONTENIDO

CAPITULO I.....	1
Introducción.....	1
Objetivo General	4
Antecedentes	5
CAPITULO II.....	8
Descripción del Área de Estudio.....	8
Ubicación General	8
Descripción del medio físico del área de estudio	10
Influencia del arsénico en la salud y en la calidad del agua.....	16
Concentraciones de arsénico permisibles en el agua potable.....	17
Metabolismo del Arsénico en el cuerpo humano	20
CAPITULO III.....	22
Obtención de Datos de la base de datos del EPAS	22
Metodología para la determinación de arsénico	24
Metodología para el tratamiento de los datos	27
CAPITULO IV	30
Resultados.....	30
Red de agua potable	34
Agua superficial.....	37
Agua Subterránea.....	40
Agua de origen sin identificar.....	46
Máximos históricos	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	56



RESUMEN

El contenido máximo de arsénico permitido en agua sin tratamiento para consumo humano está establecido en el Código Alimentario Argentino, debido a su importancia epidemiológica como generadora de la enfermedad conocida como Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico, H.A.C.R.E. El objetivo de este estudio fue generar información sobre el estado del agua de la provincia de Neuquén en cuanto a la presencia del arsénico y su origen.

Se analizó la información disponible suministrada por el Ente Provincial de Agua y Saneamiento (EPAS), período 1986 – 2004, en total 1165 análisis de muestras de agua subterránea, superficial y de red. Se depuró el inventario de datos para luego generar una base de datos georreferenciada con ArcGIS, lo cual permitió realizar los análisis espaciales y los mapas de distribución del arsénico en la provincia.

Los resultados para el período indican que en los departamentos ubicados al oeste de la provincia, la concentración de arsénico presente en el agua de cualquier origen es menor a 0,05 ppm, encontrándose dentro de los límites permitidos en la ley. Esta situación estaría asociada al menor tiempo de residencia del agua en los acuíferos, mayores precipitaciones y la vinculación con los recursos hídricos superficiales de buena calidad. La presencia de arsénico en el agua subterránea de la provincia de Neuquén se distribuye en una faja aproximadamente vertical ubicada en la región este de la provincia, en el área circundante a la confluencia de los ríos Limay y Neuquén. Esto ocurriría debido al mayor tiempo de residencia del agua en los acuíferos localizados en el Grupo Neuquén. Según los resultados del muestreo realizado, se infiere que el arsénico en el agua subterránea de la provincia de Neuquén es de origen natural proveniente de las rocas sedimentarias (especialmente las compuestas por cenizas volcánicas) que contienen este elemento.



ABSTRACT

The maximum level of arsenic allowed in water without treatment for human consumption is set to the Argentinean alimentary code, because of its epidemiological importance as a generator of the disease known as Chronic Endemic Regional Hydroarsenicism (H.A.C.R.E. in Spanish). The aim of this work, is to generate information about the status of drinking water sources in the province of Neuquén related to the presence of arsenic and its origin.

The Ente Provincial de Agua y Saneamiento (EPAS) gathered the information on the periodo 1986 - 2004, with a total of 1165 analysis of undergroundwater samples, surface and drinking water network. The inventory data has been refined to generate a georeferenced database on ArcGIS, and get the analysis and spatial distribution maps of arsenic in the province.

The results for the analysed period indicate that in west province departments of Neuquén, the concentration of arsenic in the water from any source is less than 0.05 ppm, being within the limits permitted by law. This situation would be associated with lower residence time of water in aquifers, increased rainfall and bonding with the surface water resources of good quality. The arsenic in groundwater is distributed in an approximately vertical strip located in the eastern region of the province, around the confluence of the Limay and Neuquén rivers area, because of the increased residence time of water in aquifers located in the Neuquén Group. According to the results, it can be inferred that the arsenic in water in the province of Neuquén is a natural origin of sedimentary rocks (especially the composed of volcanic ash) containing this element.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Se considera que el arsénico es un elemento natural del agua, las formaciones geológicas de una región pueden aumentar de manera significativa su concentración en aguas naturales y superar los niveles de riesgo para la salud humana (Bocanegra *et al.*, 2002). Este hecho puede incrementarse debido a los usos de este compuesto en actividades como la minería, fundición de metales, en fórmulas de plaguicidas y conservantes de la madera (Bundschuh *et al.*, 2008). Según Barrachina *et al.* en 1995, la principal vía de entrada de este elemento en la cadena alimentaria humana, es la ingesta directa de agua; aunque los alimentos contaminados de origen vegetal y animal pueden ser otra vía importante de captación (ingreso).

El consumo prolongado de arsénico puede desarrollar un síndrome tóxico, crónico y adquirido denominado Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico, H.A.C.R.E., caracterizado por lesiones cutáneas benignas que surgen luego de 1 a 15 años de ingesta de aguas contaminadas con arsénico, o sus sales inorgánicas, en proporciones incompatibles con el criterio de seguridad (el sugerido por la Organización Mundial de la Salud, OMS). El H.A.C.R.E. se desarrolla gradualmente, comprometiendo diversos órganos y sistemas, principalmente la piel, pudiendo ocasionar neoplasias. Este síndrome no cuenta con un tratamiento curativo, pero es prevenible (Palacios *et al.*, 2012). Debido al riesgo sanitario que representa la exposición al arsénico, la USEPA realizó estudios, en base a los cuales la OMS concluyó que el consumo prolongado de agua con Arsénico a una concentración de 0,05 ppm¹ puede desarrollar distintos tipos de cánceres, y recomendó una concentración máxima de 0,01 ppm de arsénico en agua para asegurar la salud humana (OMS, 1993).

En Argentina, el Código Alimentario Argentino (CAA), mediante la Ley N°18.284, en el "Capítulo XII: Sobre Bebida hídricas, agua y agua gasificada"; adopta la recomendación de la OMS, estableciendo un tiempo de prórroga para cumplir tal objetivo de cinco años a partir del año 2012 y así alcanzar el valor de 0,01 ppm de

¹ La unidad de concentración ppm indica partes por millón, lo que equivale a mg/L.



arsénico en agua de bebida (Art. 982 (Resolución Conjunta SPRyRS² y SAGPyA³ N° 68/2007 y N° 196/2007 y su Modificación por Resolución Conjunta SPReI⁴ N° 34/2012 y SAGyP⁵ N° 50/2012). No obstante a nivel provincial, la regulación de la calidad del agua de bebida está dada por Resolución Provincial 182/00, Normas de calidad para el agua de bebida de suministro público, la cual fija un límite de tolerancia máximo de 0,05 ppm de arsénico en agua de bebida, entre otros índices de calidad. Ésta legislación es vigente, pero para prepararse para la reducción de los valores y adherir al CAA, se considera pertinente realizar un estudio sobre el SAGPyA estado general del agua en paralelo con uno de índole epidemiológico, que sirvan como base de conocimiento para elaborar una gestión con los recursos disponibles a tal fin.

Los estudios realizados en Argentina sobre el arsénico proporcionaron información acerca de la distribución de este elemento, la misma sucede de Noroeste a Sudeste, desde la Cordillera de los Andes hasta la Costa Atlántica. Fue hallado en las siguientes provincias: Salta, Jujuy, Catamarca, La Rioja, Tucumán, Santiago del Estero, San Juan, Mendoza, La Pampa, Buenos Aires, Santa Fé, San Luis, Córdoba y Chaco; según el mapa educativo del Ministerio de Educación de la Nación, República Argentina (2016); Concentración de arsénico en agua y densidad de población de la República Argentina sin embargo aún quedan provincias por estudiar, tal como es el caso de Neuquén (Figura 1).

La base de datos proporcionada por el Ente Provincial de Agua y Saneamiento, EPAS, del período 1986 al 2004 brindará la información necesaria para generar un mapeo de la distribución del arsénico en la provincia de Neuquén y así establecer el origen de este elemento químico en el agua.

² SPRyRS: Secretario de Políticas Regulación y Relaciones Sanitarias.

³ SAGPyA: Secretario de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.

⁴ SPReI: Secretario de Políticas, Regulación e Institutos.

⁵ SAGyP: Secretario de Agricultura, Ganadería y Pesca.

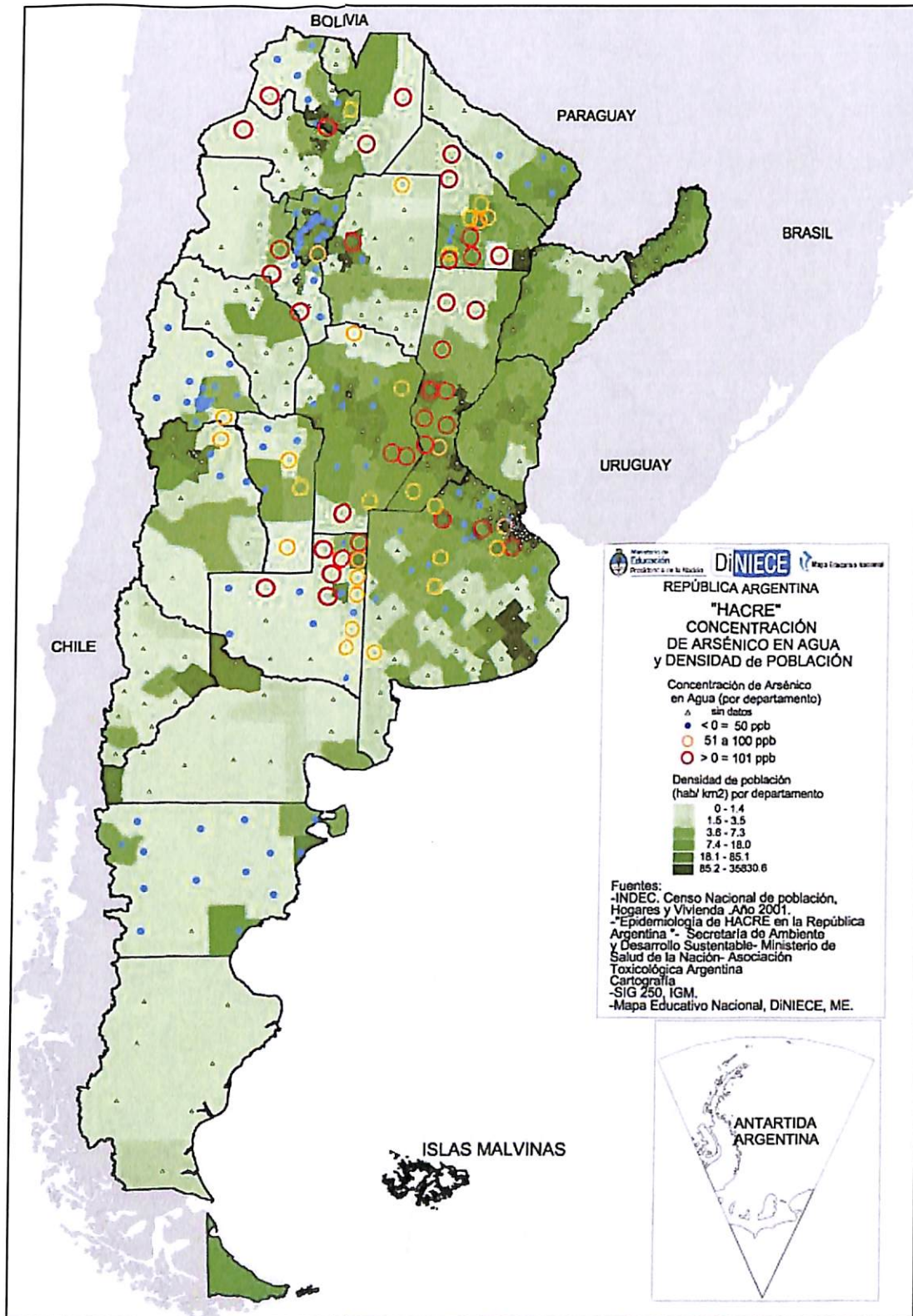


Figura 1: Concentración de arsénico en agua y densidad de población de la República Argentina.

Fuente: Ministerio de Educación, Presidencia de la Nación (2016).



OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta tesis es contribuir al conocimiento de la aptitud del agua para el consumo en la Provincia de Neuquén en cuanto a la presencia de arsénico y así colaborar con el estado de la salud de la población.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Relacionar la presencia de arsénico en el agua con el origen del mismo.



ANTECEDENTES

A principios del siglo XX en la localidad de Bell Ville, provincia de Córdoba, se determinó un gran número de casos de H.A.C.R.E. En ese momento se llamó “Enfermedad de Bell Ville”, hasta que en 1913 Goyenechea relacionó las patologías observadas con el consumo de agua con arsénico y Ayerza en 1917, la denominó “Arsenicismo crónico regional endémico”. En 1951, Tello introdujo el acrónimo H.A.C.R.E. (Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico) relacionando la enfermedad con la presencia de arsénico en el agua (Litter, 2010).

Según Auge *et al.* (2013), el origen y la distribución del arsénico en el agua subterránea se debe fundamentalmente a cuestiones naturales. La disolución de minerales arsenicosos estaría vinculada a las erupciones volcánicas y a la actividad hidrotermal de la Cordillera de los Andes. Estos minerales serían transportados desde la Cordillera hacia la Llanura Chaco-Pampeana, depositándose en su mayor parte en área del Loess Pampeano⁶, donde las cenizas volcánicas (tobas) se intercalan con vidrio del mismo origen (obsidiana), constituyendo uno de los principales generadores del arsénico en el agua subterránea. Aunque existen otras fuentes que también influyen en la calidad del agua, las mismas vinculan la presencia de arsénico a la actividad minera, la producción y empleo de agroquímicos, la fabricación de vidrio y productos electrónicos y las fundiciones. Es por ello que se promueve el uso seguro de fuentes de agua, la concientización a la población de los riesgos a la salud, y el trabajo interdisciplinario de los investigadores y los administradores de agua.

La distribución del arsénico en Argentina es un estudio de larga data, es una de las 10 sustancias químicas que la OMS considera más preocupantes para la salud pública. Sin embargo, aún queda pendiente conocer la situación de varias provincias, tal es el caso de Neuquén (Fernández-Turiel *et al.*, 2005.).

Internacionalmente, se registraron aguas ricas en arsénico en los países de Estados Unidos, Chile, México, Bolivia, Perú, Camboya, China, Vietnam, Tailandia, Nepal, Ghana, República de Bangladés y Bengala, en la República de la India (Smedley y Kinniburgh, 2002).

⁶ Suelo Loésico: Los suelos loésicos constituyen el principal depósito de todo su tipo en Sudamérica (aprox. 600.000 km²). Son suelos de origen eólico que puede conservar su estructura generada al depositarse (loess primario) o sufrir retransporte o alteración in situ (loess secundario o loessoides). Características geotécnicas de los loess de Argentina (Rocca *et al.*, 2006).



Aún no se ha demostrado que el arsénico sea esencial en el ser humano. Es un contaminante importante del agua de consumo, ya que es una de las pocas sustancias que se ha demostrado que producen cáncer en el ser humano por consumo de agua potable. Se han realizado estudios epidemiológicos, en los cuales se observó que el consumo de altas cantidades de arsénico en el agua potable está relacionado causalmente con el desarrollo de cáncer en varios órganos, en particular la piel, la vejiga y los pulmones constituyendo un problema significativo de salud pública en varias partes del mundo. El CIIC, Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer, clasifica los compuestos inorgánicos de arsénico en el Grupo 1 (cancerígenos para el ser humano) basándose en la existencia de pruebas suficientes de su capacidad cancerígena en seres humanos y de pruebas limitadas en animales. La reactividad y toxicidad del arsénico inorgánico trivalente son mayores que las del arsénico inorgánico pentavalente y probablemente sea la causante de ser cancerígena. No obstante, es alto el grado de incertidumbre sobre el mecanismo de la acción cancerígena y la forma de la curva de dosis-respuesta para ingestas bajas (OMS, 2012).

Las áreas documentadas del mundo con problemas de arsénico en aguas por contaminación natural de acuíferos mayores y por problemas relacionados a la minería y fuentes geotermales se representaron en la Figura 2, Smedley y Kinniburgh (2002).

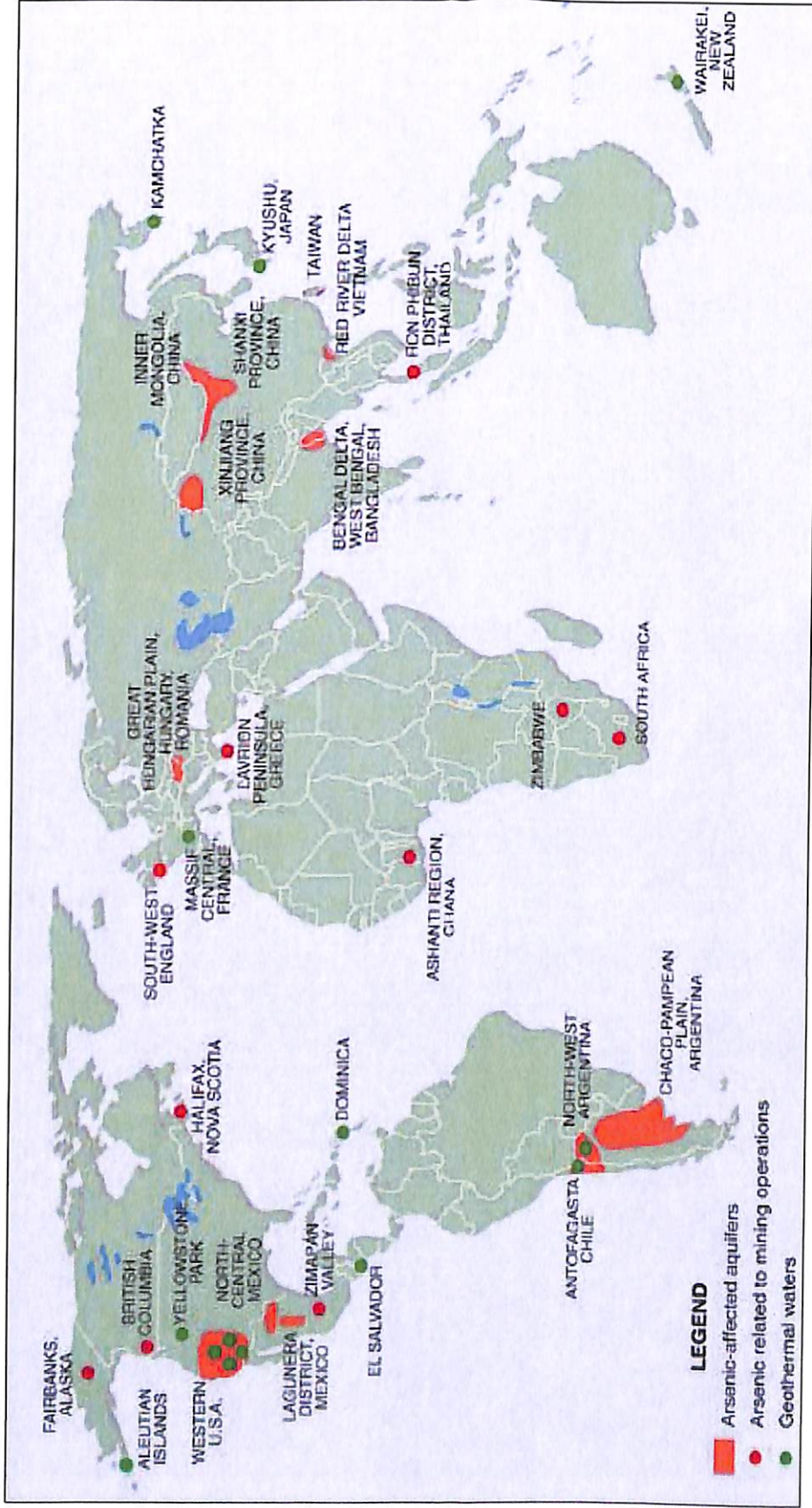


Figura 2: Áreas documentadas del mundo con presencia de arsénico en acuíferos, actividad minera y fuentes geotermales. Fuente: Smedley y Kinniburgh, (2002).

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El recorte geográfico del área de estudio de esta tesis, coincide con los límites geográficos del territorio neuquino (Figura 3).

UBICACIÓN GENERAL

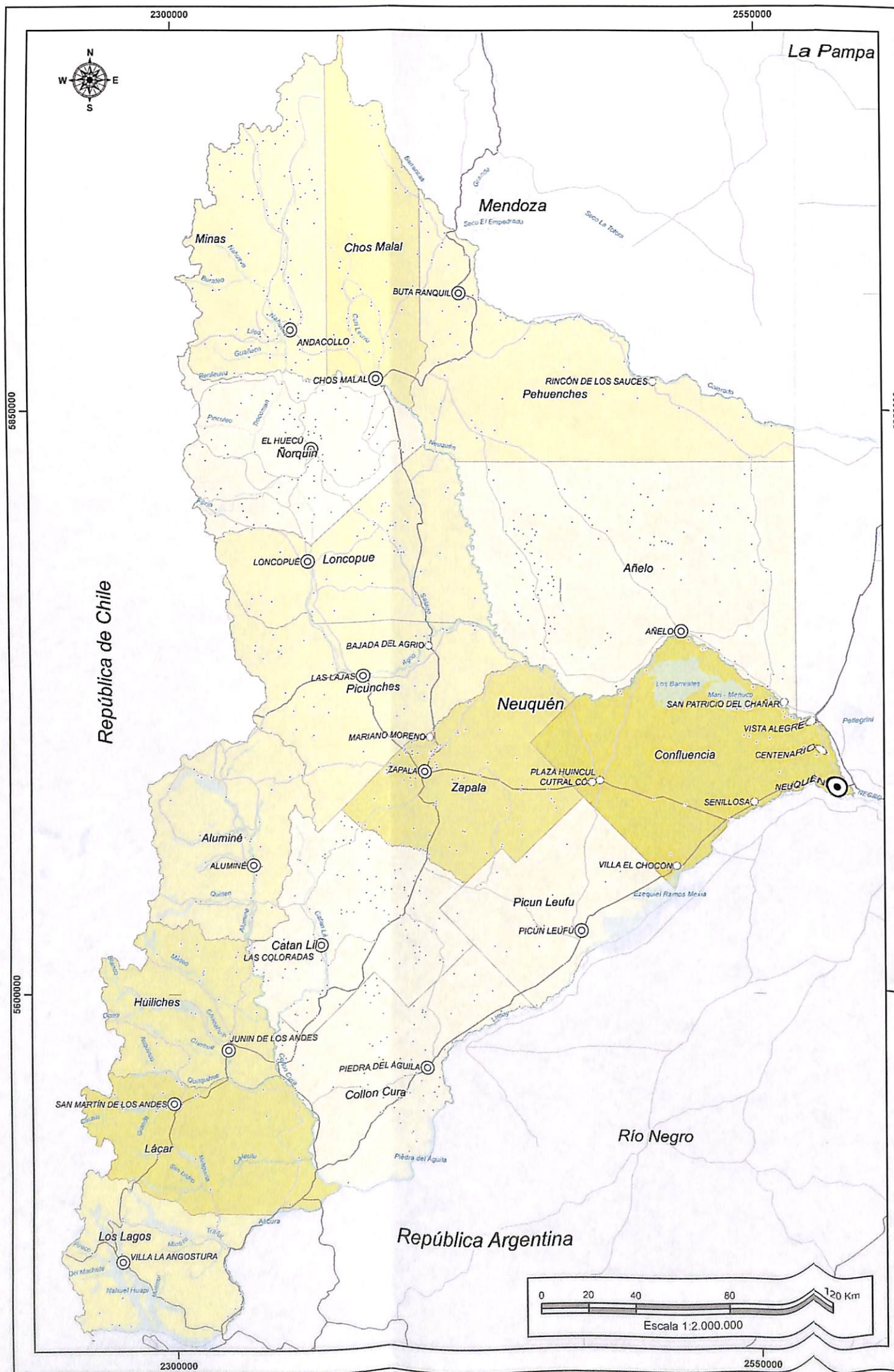
Neuquén es una provincia argentina ubicada al noroeste de la Patagonia, siendo su capital la ciudad homónima.

Geográficamente limita al Norte con Mendoza, al Este con La Pampa y Río Negro, al Sur con Río Negro y al Oeste con Chile.

La provincia se encuentra dividida en 16 departamentos (Tabla 1):

Tabla 1: Departamentos de la provincia de Neuquén.

Departamento	Cabecera departamental
Aluminé	Aluminé
Añelo	Añelo
Catán Lil	Las Coloradas
Chos Malal	Chos Malal
Collón Curá	Piedra del Águila
Confluencia	Neuquén
Huiliches	Junín de los Andes
Lácar	San Martín de los Andes
Loncopué	Loncopué
Los Lagos	Villa la Angostura
Minas	Andacollo
Ñorquín	El Hucú
Pehuenches	Buta Ranquil
Picunches	Las Lajas
Zapala	Zapala



REFERENCIAS

- Parajes
- Localidad
- ⊙ Cabecera del Departamento
- ⊙ Capital Provincial
- Ruta Nacional
- Ruta Provincial
- Ríos
- Lago/Embalse
- Provincias Argentinas

Densidad Poblacional (hab/km²)

- 0,4 - 0,9
- 1,0 - 2,0
- 2,1 - 3,3
- 3,4 - 6,9
- 7,0 - 42,8

Habitantes por Departamento de la provincia de Neuquén. Censo 2001. INDEC.

Aluminé	6038
Añelo	7554
Catan Lil	2469
Chos Malal	14185
Collón Cura	4395
Confluencia	314793
Huiliches	12700
Lácar	24670
Loncopué	6457
Los Lagos	8654
Minas	7072
Norquín	4628
Pehuenches	13765
Picún Leufú	4272
Picunches	6427
Zapala	35806

FUENTES

-Shapefile de rutas, lagos y/o embalses, ríos, arroyos, delimitación geográfica de departamentos, provincias y países. Instituto Geográfico Nacional República Argentina.
 -Shapefile de localidades de la provincia de Neuquén. Subsecretaría del COPADE, provincia del Neuquén.
 -Datos de la población, cantidad de habitantes por departamento. INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001.
 Nota: La población total incluye a las personas viviendo en situación de calle.

Proyección POSGAR 94 Faja 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE



FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE Y LA SALUD

Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental

Tesis

"Distribución del Arsénico en el agua de la Provincia de Neuquén"

Autor: Vanesa Giselle Velazquez
Dirección de Tesis: Dra. Cecilia Dufilho

AREA DE ESTUDIO

Autor: Vanesa Giselle Velazquez
Figura 3
Fecha: Abril 2016
Versión 1.0



DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

GEOLOGÍA

La provincia de Neuquén, se compone de las siguientes Provincias Geológicas⁷ indicadas en el mapa de las Provincias Geológicas de Neuquén (Figura 4).

✓ *Cordillera Principal*

La Cordillera Principal, se extiende desde el Valle Central de Chile en el Oeste, hasta tomar contacto con las lomadas del Engolfamiento Neuquino. Hacia el Sur limita con la Cordillera Patagónica.

El eje de la cordillera se ubica principalmente en Chile, caracterizado por una serie de volcanes cuaternarios. El sector argentino comprende las estribaciones orientales del alto de Copahue-Pino Hachado. Constituida especialmente por depósitos marinos de edad jurásica y cretácica, asociados a rocas volcánicas del arco magmático.

✓ *Cordillera Patagónica*

Se desarrolla hacia el sur de la Cordillera Principal, se divide mediante las exposiciones del batolito patagónico, acompañado de una fuerte exhumación de basamento metamórfico paleozoico. Se distingue de la Cordillera Principal por la presencia de granitoides calcoalcalinos en el eje de la Cordillera de los Andes, junto a la no preservación de las secuencias jurásico-cretácicas.

El límite de la Cordillera Patagónica y la fosa de Bio Bio Aluminé está definido por un quiebre topográfico que coincide a lo largo de los segmentos discretos con fallas de vergencia oriental que incorporan al basamento y propagan la deformación dentro de la cubierta neógena acumulada al pie de la cordillera.

⁷ Provincia geológica, región caracterizada por una determinada sucesión estratigráfica, un estilo estructural propio y rasgos geomorfológicos peculiares, siendo el conjunto expresión de una particular historia geológica, Roller 1976 (Ramos *et al.*, 2011).



✓ *Engolfamiento Neuquino*

Comprende la región extrandina de Neuquén. Se caracteriza por un plegamiento de las secuencias mesozoicas y terciarias, que incluye estribaciones montañosas asociadas al volcán Tromen y su proyección hacia el sur hasta la sierra de la Vaca Muerta. El límite nordcontinental está dado por el borde de la cuenca neuquina en su contacto con el Bloque San Rafael. El límite sudoriental coincide nuevamente con el de la cuenca Neuquina y su basamento constituido por las estribaciones del macizo Nordpatagónico.

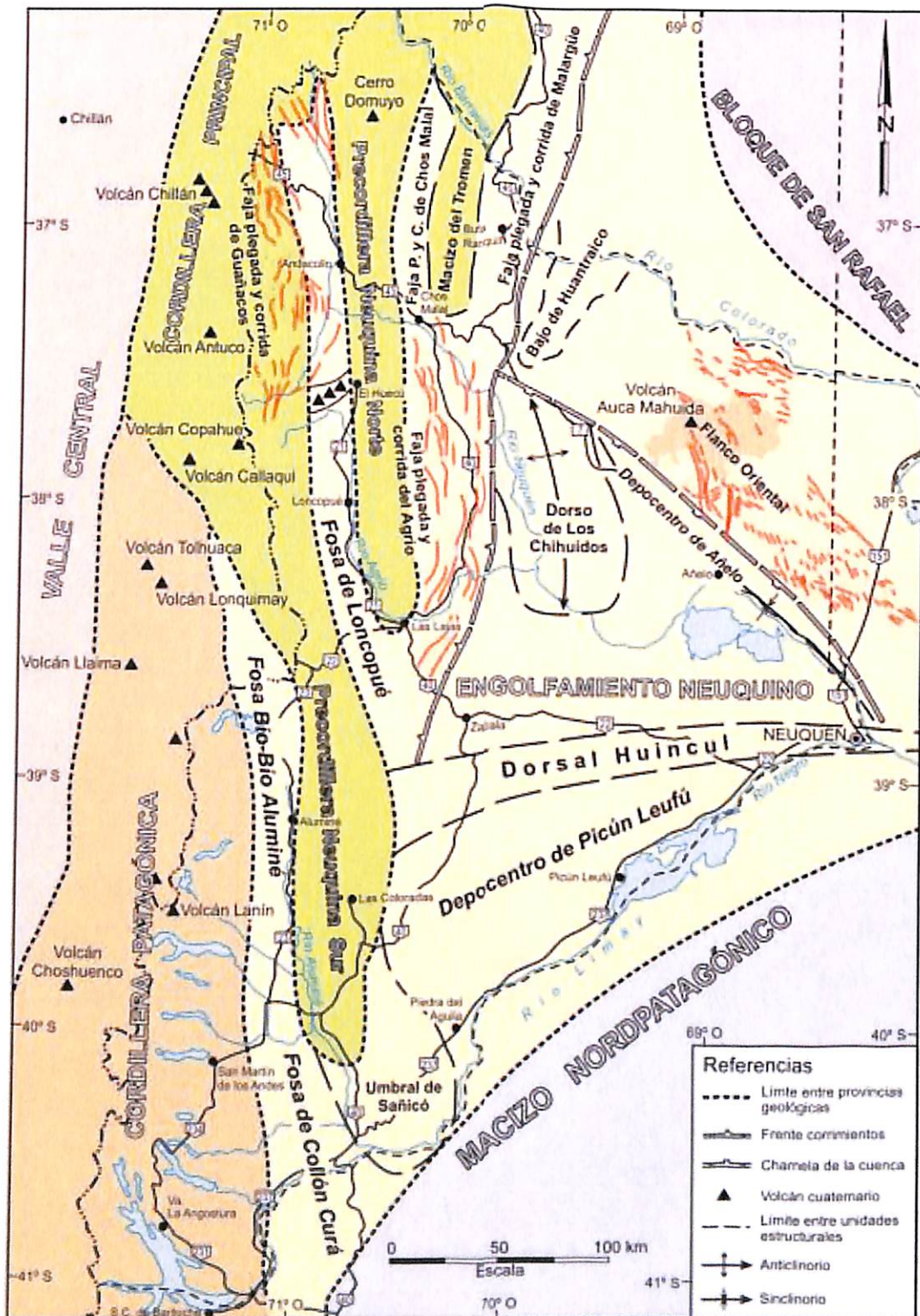


Figura 4: Provincias Geológicas de Neuquén. Fuente: Ramos et al., 2011.



GEOMORFOLOGÍA

Neuquén presenta dos paisajes bien diferenciados: al Oeste, la zona andina, identificada por el relieve cordillerano y al Este, valles y mesetas.

La mayor parte del territorio está cubierta de una vegetación de estepa arbustiva; sin embargo, la franja más cercana a la Cordillera de los Andes, especialmente en la mitad Sur de la provincia, está cubierta por el bosque andino patagónico. En el extremo Sudoeste, existen pequeños sectores de selva valdiviana.

La región de las mesetas y valles se caracteriza por un relieve escalonado, que disminuye de Oeste a Este, en medio se encuentra la meseta patagónica. Hay lagunas naturales como la del parque nacional Laguna Blanca y también lagos artificiales, como la cuenca Barreales (transformada en el complejo Cerros Colorados) y la cuenca de El Chocón (Embalse Ezequiel Ramos Mejía).

El medio físico provincial presenta un escalonamiento decreciente de Oeste a Este, provocando que la tendencia de los cursos de agua sigan esa trayectoria.

La provincia cuenta con varios picos importantes sobre la Cordillera de los Andes

- ✓ Volcán Domuyo (4.702 msnm)
- ✓ Volcán Tromen (4.114 msnm)
- ✓ Volcán Lanín (3.776 msnm)
- ✓ Volcán Copahue (2.953 msnm)
- ✓ Cerro Huanquihué (2.189 msnm)
- ✓ Co.Trolón (2.505 msnm)

HIDROLOGÍA GENERAL

Neuquén cuenta con diversas cuencas hidrográficas (Figura 5) que aportan una importante cantidad de ríos y lagos.

En la zona sur de los Andes se encuentra una gran cantidad de lagos transversales de origen tectónico glaciario, donde nace el río Limay que es el de mayor caudal de la provincia y sus volúmenes aportados son aprovechados para producción de energía eléctrica y regulación de caudales, por medio de un complejo de presas.

Las principales cuencas del Neuquén, las de los ríos Limay y Neuquén, recorren de oeste a este casi toda la provincia para luego desembocar en la cuenca del río Negro.

✓ *Cuenca del río Limay*

Los principales afluentes del río Limay son el Lago Nahuel Huapi, ríos Traful, Collón Cura, Sañico y Picún Leufú. De la confluencia con el río Neuquén forman el Río Negro que desemboca en el océano.

✓ *Cuenca del río Neuquén*

Los afluentes del río Neuquén son los ríos Agrío, Pichi Neuquén, Varvarco, Guañacos, Lileo, Nahueve, Reñileivu, Trocoman, Curi Leivu y Covunco.

✓ *Cuenca del río Colorado*

El principal afluente es el río Barrancas, forma el límite norte de la provincia.

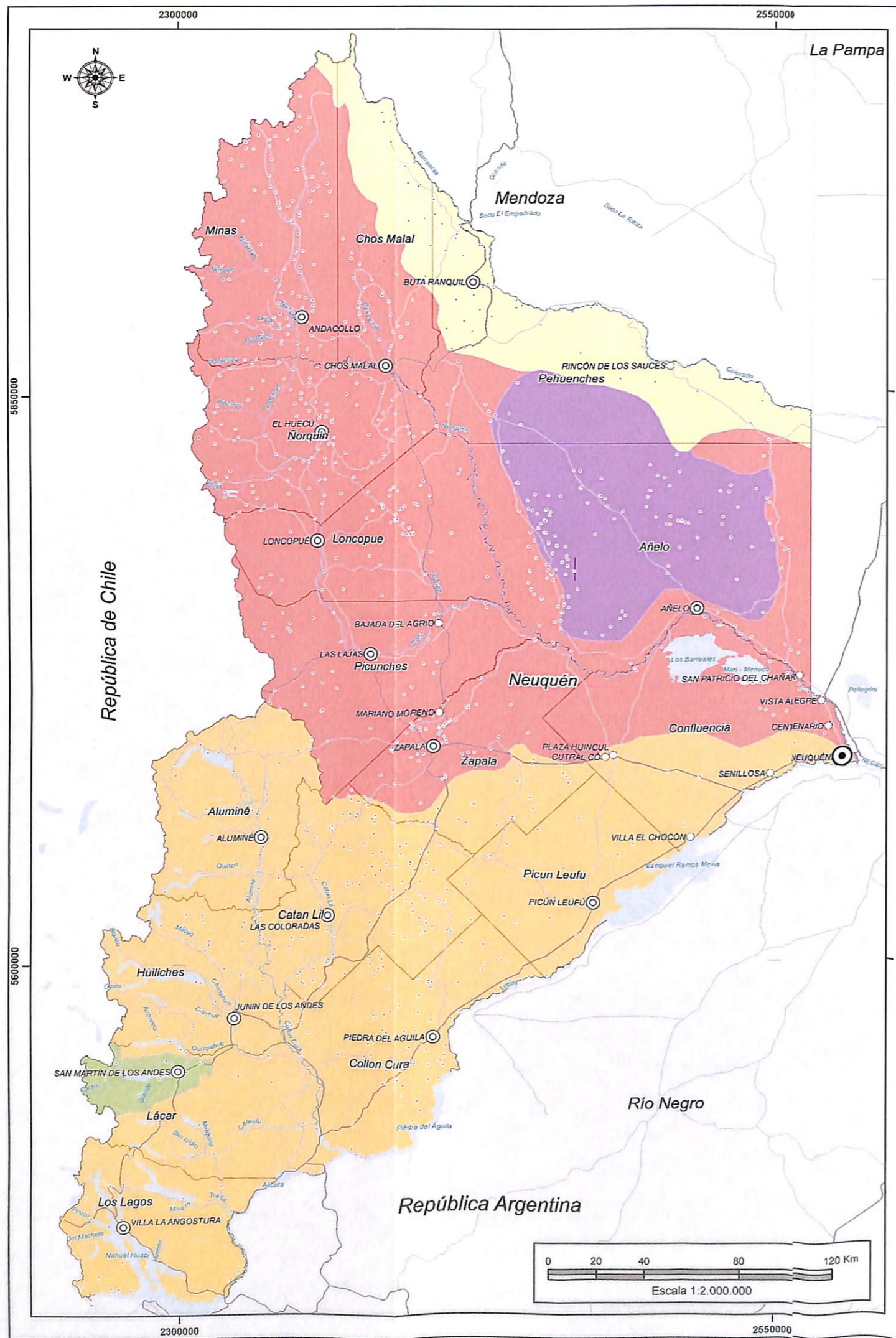
✓ *Cuenca del Lago Lacar:*

El lago tiene como afluentes a los ríos Pocahullo, Grande, Culebra, Quechuquina, Pucará y sus aguas desembocan en el Océano Pacífico a través de río Hua Hum.

✓ *Cuenca de Añelo*

Cuenca endorreica localizada en el centro de la provincia.

Se han hecho importantes diques y embalses sobre los ríos Limay y Neuquén con el fin de aprovechar su caudal y controlar las crecidas para facilitar y mejorar las áreas de riego del Alto Valle.



REFERENCIAS

- Parajes
- Localidad
- ⊙ Cabecera del Departamento
- ⊙ Capital Provincial
- Ruta Nacional
- Ruta Provincial
- Ríos
- Lago/Embalse
- Provincias Argentinas
- Departamentos de Neuquén

Cuencas

- Bajo Añelo
- Lago Lácar
- Río Colorado
- Río Limay
- Río Neuquén

FUENTES

-Shapefile de rutas, lagos y/o embalses, ríos, arroyos, delimitación geográfica de departamentos, provincias y países. Instituto Geográfico Nacional República Argentina.
 -Shapefile de localidades de la provincia de Neuquén. Subsecretaría del COPADE, provincia del Neuquén.
 -Información de cuencas hidrográficas de Neuquén. AIC, Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas.

Proyección POSGAR 94 Faja 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE



FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE Y LA SALUD

Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental

Tesis

"Distribución del Arsénico en el agua de la Provincia de Neuquén"

**Autor: Vanesa Giselle Velazquez
 Dirección de Tesis: Dra. Cecilia Dufilho**

CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE NEUQUÉN

Autor: Vanesa Giselle Velazquez

Figura 5

Fecha: Abril 2016

Versión 1.0



INFLUENCIA DEL ARSÉNICO EN LA SALUD Y EN LA CALIDAD DEL AGUA.

El arsénico antiguamente se utilizaba como veneno; luego debido a su uso industrial en diferentes áreas de producción, constituyó un importante riesgo laboral en varios rubros. En la actualidad el arsénico es de interés sanitario ya que la contaminación ambiental con arsénico afecta a la salud humana.

Etimológicamente el arsénico es un elemento químico cuyo nombre procede del griego «Arsenkon», que significa «potente». Es un elemento tóxico que se encuentra distribuido en la corteza terrestre, como componente natural pero su presencia en aguas subterráneas y superficiales provoca un problema en la salud pública.

El arsénico en el agua, proviene de la disolución de minerales, la erosión y desintegración de rocas y la deposición atmosférica. Se lo puede encontrar en su forma trivalente o pentavalente según las condiciones del medio.

Desde la química se conoce que el número atómico del arsénico, As, es 33 y su peso atómico 74,92 se ubica en el grupo V-A de la tabla periódica, y es clasificado como metaloide. La frecuencia de este compuesto en la corteza terrestre es de $5 \times 10^{-4}\%$. El arsénico puede estar presente en distintos estados de oxidación (-III, 0, III, V) y en formas inorgánicas y orgánicas, en un amplio rango de concentraciones en aire, agua, suelos, vegetales y animales (Chang, 2007).

Según Lillo (2003), la naturaleza tóxica del arsénico depende de su estructura molecular. Números de oxidación del arsénico según el medio donde se encuentre:

- ✓ As (-III) (Gas arsina)
- ✓ As (0) (Arsénico metaloide)
- ✓ As (III) (Estado trivalente, arsenitos)
- ✓ As (V) (Estado pentavalente, arseniatos)

El gas arsina (AsH_3) es el grupo de mayor riesgo, ya que es el compuesto más tóxico en exposiciones agudas.

El arsénico metaloide es generalmente no tóxico debido a su insolubilidad en agua y fluidos orgánicos.



La toxicidad del As (III) es aproximadamente 60 veces mayor que el As (V) y 100 veces superior para los compuestos de arsénico inorgánicos que para los compuestos orgánicos debido a su mayor captación celular pudiendo causar intoxicación crónica a exposiciones prolongadas, según el análisis de Bhattacharya *et al.* en 1997.

CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO PERMISIBLES EN EL AGUA POTABLE

A nivel internacional la OMS en las últimas Guías de Calidad para el Agua Potable de 1993 reduce el valor guía de arsénico en agua de 0,05 ppm a 0,01 ppm, basándose en un estudio realizado por el Foro de Evaluación de Riesgo de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) en 1986 sobre evaluación de riesgo. En ese estudio, la USEPA estimó el riesgo de contraer cáncer de piel a partir de un importante estudio epidemiológico realizado en Taiwan (Tseng *et al.*, 1968), donde se observaron más de 40.000 personas que consumían agua proveniente de pozos artesianos con altos contenidos de arsénico, en un rango de 0,01 a 1,820 mg/L, con una frecuencia mayor entre 0,4 a 0,6 mg/L; se calculó que la concentración de arsénico en agua asociada con un riesgo individual adicional de contraer cáncer de piel era del orden de 1:100000 es de 0,017 mg/L para una persona de 70 kg que consume 2 litros de agua por día durante 70 años. Con estos antecedentes la OMS propone un valor guía provisional de 0,01 mg/L. Sin embargo, según se expresa en las mismas Guías para la Calidad de Agua Potable de OMS (1993), “puede existir una sobre estimación del riesgo real, debido a la posible contribución de otros factores a la incidencia de esa enfermedad en la población y a posibles variaciones metabólicas dependientes de la dosis que no se tuvieron en cuenta”.

A nivel nacional se encuentra vigente mediante Ley N°18.284 el Código Alimentario Argentino (CAA), en el Capítulo X, sobre Bebida hídricas, agua y agua gasificada, el Art. 982 (Resolución Conjunta SPRyRS y SAGPyA N° 68/2007 y N° 196/2007 y su Modificación por Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012), en cual se establece que el límite máximo admisible de arsénico en agua de bebida de 0,01 ppm.

Sin embargo, también se tiene en cuenta que la autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad



de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario. Para aquellas regiones del país con suelos de alto contenido de arsénico, se establece un plazo de hasta 5 años para adecuarse al valor de 0,01 mg/L. La Modificación por Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012, expresa: "Prorrógase el plazo de cinco (5) años previsto para alcanzar el valor de 0,01 mg/L de arsénico 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".

En Neuquén los controles realizados por el EPAS se rigen por la Resolución Provincial 182/00 (Tabla 2), mediante la cual se establece que la concentración máxima permitida de arsénico en agua potable es de 0,05 ppm.

Tabla 2: Límites tolerables del arsénico. Fuente: Resolución de la Provincia de Neuquén 182/00. Fuente: EPAS.

COMPONENTE INORGÁNICO	LÍMITE TOLERABLE	UNIDAD	OBSERVACIONES
Arsénico	0,05 (P) (1) (2) (3)	ppm	

Referencias:

(1) Límite Provisorio. Este término se utiliza para aquellos componentes para los cuales existe alguna evidencia de un peligro potencial pero la información disponible sobre la salud es limitada; o cuando el factor de incertidumbre utilizado al establecer la Ingesta Diaria Tolerable (IDT) es superior a 1.000. También se recomiendan límites provisionales cuando: (a) el límite tolerable calculado para un componente es inferior al límite de detección práctico, o a la concentración que se pueda alcanzar con métodos de tratamiento disponibles; o (b) cuando el límite recomendado puede ser superado como resultado de la desinfección.

(2) Para las sustancias consideradas cancerígenas, el límite tolerable es la concentración en agua potable asociada con un exceso de riesgo de contraer cáncer al cabo de la vida, de 10^{-5} (1 caso de cáncer adicional por 100.000 habitantes que consumen agua potable conteniendo la sustancia a una concentración igual al valor durante 70 años). Las concentraciones asociadas con exceso de riesgo de cáncer al cabo de la vida de 10^{-4} a 10^{-6} se pueden calcular multiplicando o dividiendo, respectivamente, el valor límite por 10.

En los casos en que la concentración asociada con un exceso de riesgo de cáncer de 10^{-5} no es factible de alcanzar como resultado de una técnica analítica o tecnológica de tratamiento disponible, se recomienda como valor límite un valor práctico y se estima el exceso de riesgo de cáncer asociado al mismo que se puede presentar.

Debe detectarse que los límites tolerables para las sustancias cancerígenas han sido derivados, por la O.M.S., de modelos matemáticos hipotéticos que no pueden ser verificados experimentalmente y que estos valores deben interpretarse de distinta forma que aquellos basados en la Ingesta Diaria Tolerable (IDT) debido a la falta de precisión de modelos. En el mejor de los casos, estos valores deben ser considerados como estimaciones groseras del riesgo de cáncer. Sin embargo, los modelos utilizados son conservativos y el error, se inclinan probablemente, hacia la precaución. La exposición moderada, durante periodo de tiempos cortos, a concentraciones de sustancias cancerígenas superiores a sus límites tolerables no afecta significativamente el riesgo de contraer cáncer.

(3) Las excepciones en la aplicación de este límite dependerá de la recomendación de las autoridades sanitarias.

(P) Valor Guía Provisorio. Este término se utiliza para aquellos componentes para los cuales existe alguna evidencia de un peligro potencial pero la información disponible sobre los efectos sobre la salud es limitada; o cuando el factor de incertidumbre utilizado al establecer la Ingesta Diaria Tolerable (IDT) es superior a 1.000. También se recomienda límites provisionales cuando: (1) el límite tolerable calculado para un componente es inferior al límite de detección práctico, o a la concentración puede ser superado como resultado de la desinfección.

METABOLISMO DEL ARSÉNICO EN EL CUERPO HUMANO

En cuanto a las características organolépticas de las aguas arsenicales se conoce que no presentan color, olor o gusto particular. Las consecuencias tóxicas se observan mucho tiempo después de la ingesta. El inicio de los síntomas ocurre entre los 5 y 10 años de exposición, y las lesiones malignas, luego de décadas, este tiempo es variable y se relaciona con el estado de salud de la persona, la sensibilidad individual, el estado nutricional, la ingesta diaria, la concentración de arsénico en el agua de consumo y el tiempo de exposición (Litter, 2010).

Según lo estudiado por Litter en el 2010, el arsénico contenido en el agua de bebida ingresa al organismo por vía oral y su absorción depende de la liposolubilidad del compuesto. Los compuestos arsenicales pentavalentes, al ser más liposolubles, tienen mayor poder de penetración en las membranas biológicas. Los trivalentes penetran con mayor dificultad, lo que explica el largo período para la manifestación de la enfermedad. Luego, todas las especies de arsénico pasan a la circulación general y se distribuyen por los distintos órganos. La distribución depende de la duración de la administración y del tipo de compuesto arsenical implicado, y puede depositarse en hígado, corazón, pulmones, riñones y piel. Como consecuencia del alto contenido sulfhídrico de la queratina y debido a que los compuestos arsenicales trivalentes son reactivos sulfhídricos, se constatan altas concentraciones en pelos y uñas.

CONSECUENCIAS DE LA EXPOSICIÓN AGUDA DEL ARSÉNICO

En intoxicaciones agudas por arsénico se destacan vómitos, dolor abdominal y diarrea. Seguidamente, aparecen otros efectos, como entumecimiento u hormigueo en las manos y los pies o calambres musculares y, en casos extremos, la muerte (OMS, 1993).

CONSECUENCIAS DE LA EXPOSICIÓN CRÓNICA DEL ARSÉNICO

El Ministerio de Salud de la Nación y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, publicó en "Epidemiología del Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico en la República Argentina" que el H.A.C.R.E. es la enfermedad producida por el consumo de arsénico en aguas de bebida, caracterizada por presentar hiperqueratosis y otras lesiones dérmicas, así como alteraciones sistémicas cancerosas y no cancerosas



luego de un período variable de exposición a concentraciones mayores de 0,01 ppm en agua de consumo diario (de bebida y para preparación de alimentos). Otras manifestaciones generales, se observan en el tracto digestivo, o como alteraciones electrocardiográficas, trastornos hematopoyéticos, polineuropatías, vasculopatías periféricas con úlceras distales y trastornos tróficos y gangrenas, y daño renal grave por lesiones sobre capilares, túbulos y glomérulos. Cabe destacar que el 30% de los pacientes con H.A.C.R.E. muere por neoplasias; las más importantes son las de piel y de órganos internos como hígado, pulmón, vejiga, estómago y páncreas (Litter, 2010). Para Pastor Piñeiro *et al.*, 2008, "la ingesta de significantes cantidades de arsénico inorgánico puede intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer, especialmente de piel, pulmón, hígado y linfa".

El aporte sobre las exposiciones crónicas elevadas de arsénico inorgánico realizado por Atondo *et al.* en el 2012, concluyen que las mismas pueden causar infertilidad y abortos en mujeres, así como también perturbación de la piel, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres. Una de las consecuencias más graves del arsénico inorgánico, es el daño que provoca en el ADN.

De lo estudiado por Sevilla y Mateus (2008), se conoce que las especies de As (III) atraviesan con facilidad la barrera placentaria y por su potencial teratogénico producen daño fetal. El arsénico es biometilado a nivel de hígado a metabolitos menos tóxicos como los ácidos metilarsénico y dimetilarsénico. El arseniato es un desacoplador de la fosforilación oxidativa. En su efecto a largo plazo, se destaca la acción antimitótica, inhibición de síntesis de ADN y ARN y su acción deletérea sobre la ADN polimerasa I.

CAPITULO III

OBTENCIÓN DE DATOS DE LA BASE DE DATOS DEL EPAS

✓ *El EPAS*

El Ente Provincial de Agua y Saneamiento, EPAS se crea en agosto de 1988 por medio de la Ley N° 1763, de naturaleza descentralizada y autárquica, dependiente de la Subsecretaría de Estado y Recursos Naturales, con el objetivo de controlar y garantizar la provisión de agua potable y saneamiento a toda la provincia de Neuquén.

✓ *Sus funciones*

Presta servicio de agua potable y saneamiento en las localidades de Neuquén, Senillosa, El Chocón, Chos Malal, Taquimilán, Andacollo y Junín de los Andes. Y provee de agua en bloque a los municipios de Cutral Có y Plaza Huincul, quienes tienen a su cargo la distribución domiciliaria.

Junto a los municipios y cooperativas del resto de la provincia, asiste técnicamente a los mismos para la realización de obras de servicios de agua potable y saneamiento, en especial aquellas relacionadas con las instalaciones electromecánicas.

Provee acciones de control de calidad en agua potable y residuos cloacales asiduamente tanto en Neuquén Capital, como en las localidades del interior.

✓ *Sus responsabilidades*

- La provisión de agua potable, el funcionamiento del sistema cloacal y las plantas depuradoras hasta la línea municipal.
- El cumplimiento de las exigencias planteadas en las normas de calidad de agua potable.
- La aplicación de la normativa sobre calidad de los vuelcos de establecimientos industriales al sistema cloacal.
- La Gerencia de Control de Calidad tiene a su cargo el Laboratorio de Aguas a través de la Subgerencia de Control de Producto.

El Laboratorio de Aguas del EPAS, realiza los muestreos y análisis de control de calidad a nivel provincial y certifica Normas ISO 9001.



El principal objetivo es detectar irregularidades tales como exceso o falta de cloro tanto como niveles de turbiedad en el agua. En cuyo caso, si los resultados no son aceptables, se efectúan todas aquellas acciones necesarias para solucionar el problema desde este Organismo.

Por otro lado el Laboratorio realiza servicios a clientes particulares tanto del ámbito provincial como nacional, ejecutando diferentes tipos de análisis.

Áreas fundamentales para el muestreo de agua

- Departamento Físico-Química
- Departamento Bacteriología
- Departamento Muestreo y Asistencia Técnica.

Allí se realizan en forma permanente controles en la red de agua potable para verificar la calidad y potabilidad de la misma, y el monitoreo de la calidad del agua suministrada en sus etapas de pre/postratamiento y distribución.

Así mismo se cuenta con el Departamento Efluentes, encargado de realizar las determinaciones analíticas de los efluentes cloacales e industriales que se vierten a los distintos sistemas de tratamiento y de los líquidos descargados a los cuerpos receptores de toda la provincia.

La base entregada en el año 2005 por Acuerdo entre la ESSA (actualmente FACIAS) de UNCOMA y el EPAS, contiene datos sin georreferenciar de distintos parámetros de calidad del agua tomados en sitios de la provincia de Neuquén, durante el período 1986-2004. Así se obtuvo información de la presencia del arsénico en el agua de todo el territorio neuquino.

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO

Para efectuar la determinación del arsénico en el período 1986-2004, se llevó a cabo el "método colorimétrico dietilditiocarbamato de plata".

✓ *Fundamento del método*

Consiste en la reducción de los compuestos con arsénico inorgánico, mediante ácido sulfúrico y ácido nítrico. El arsénico (V) resultante junto con el inorgánico presente originalmente, se reducen a arsénico (III) con yoduro de potasio y cloruro estannoso y finalmente a arsina gaseosa con zinc, en una solución de ácido clorhídrico. La mezcla de gases obtenida se hace pasar por un depurador con lana de vidrio de borosilicato, impregnada con una solución de acetato de plomo y por un tubo de absorción que contiene una solución de dietilditiocarbamato de plata en piridina. La arsina (AsH_3) reacciona con este reactivo y forma un complejo soluble en plata de color rojo, con una absorbancia máxima a una longitud de onda de 540 nm. La absorbancia de la solución se mide por espectrofotometría y el arsénico se determina a partir de una curva de calibración preparada con soluciones patrones (Standard Methods, 1989).

✓ *Aplicación*

Este método es aplicable a la determinación de arsénico en muestras de agua potable, superficial, subterránea y residual.

✓ *Límite de detección*

El límite de detección de este método es 0,005 mg As/L.

Mediante este método se puede determinar el arsénico en un rango de 0,005 mg/L a 0,200 mg/L, y mediante dilución, mayores concentraciones de arsénico.

✓ *Interferencias*

Cromo, cobalto, cobre, mercurio, molibdeno, níquel, platino y plata son interferentes en la generación de arsina. Las concentraciones de estos metales en aguas no interfieren significativamente.

✓ *Equipos e instrumentos*

- Tubo de absorción, depurador y generador de arsina.
- Equipo fotométrico.

✓ *Precisión del método*

En el caso del análisis de una serie de muestras, se debe realizar un duplicado después de cada 10 muestras. El porcentaje de la desviación promedio relativa (RPD) no debe ser mayor del 10%. Sólo para los duplicados cuyas concentraciones se encuentren en el orden de 1 y 5 veces el límite de detección del método (LDM), el porcentaje RPD puede ser menor o igual a 20%.

$$\text{RPD} = \frac{(C_m - C_d)}{(C_m + C_d)/2} * 100$$

Donde,

RPD: desviación promedio relativa.

C_m: concentración de la muestra.

C_d: concentración de la muestra duplicada.

En caso de que esta regla no se cumpla, se debe repetir el análisis de la muestra y su duplicado. De lo contrario, se debe repetir el lote de muestras analizadas (Litter *et al.* 2009).

✓ *Exactitud del método*

Para comprobar la exactitud del análisis se puede usar una muestra de control de la EPA (Environment Protection Agency de EE.UU) u organismo similar o una muestra de control interno preparada por el laboratorio u otro material de referencia. Se manipula el contenido de la ampolla según el procedimiento de análisis. Se compara el resultado con su valor de referencia y límites de aceptación, si el mismo no se encuentra dentro del rango de los límites de control establecidos, se debe revisar el procedimiento y repetir el análisis. Los límites de control se verifican anualmente o si



se realizan modificaciones en el método. La muestra de control se analiza cada 15 días.

✓ *Fascos para la recolección de muestras de arsénico en agua*

Se recomienda la utilización de vidrio de borosilicato o polietileno. El material debe ser necesariamente opaco para evitar la oxidación de As (III) en presencia de hierro.

La descontaminación de los frascos para la recolección de las muestras de agua, requiere la inmersión por lo menos durante 24 horas con ácido nítrico 10% v/v o en un baño ácido con la misma concentración. Luego enjuagar por lo menos cinco veces con agua destilada.

✓ *Preservación de las muestras para arsénico total*

La inestabilidad del arsénico es fuertemente dependiente de las condiciones redox del medio, pH, presencia de agentes precipitantes como Fe (II) y Fe (III), materia orgánica y actividad microbiana.

Para la preservación de muestras de agua para la especiación de arsénico (inorgánico y orgánico) es necesario la acidificación mediante:

- Ácido clorhídrico,
- Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) ó
- Ácido fosfórico (H₃PO₄)

Luego de acidificar la muestra, es aconsejable el almacenamiento a una temperatura de aproximadamente 4 °C (debe evitarse el congelamiento) para evitar la alteración del volumen por evaporación y al abrigo de la luz para evitar actividad microbiana y reacciones químicas indeseables. En estas condiciones, muestras con altas concentraciones de arsénico (mg/L) pueden permanecer estables por hasta seis meses (As total). Para concentraciones a nivel de trazas (µg/L), se aconseja el análisis de las muestras luego del muestreo.



METODOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Se analizó la información disponible suministrada por el EPAS: período 1986 y 2004. Los muestreos se realizaron según un programa de calidad del EPAS en el laboratorio de dicho organismo, con el fin de registrar el estado general del agua de la provincia de Neuquén. Sin embargo, muchos muestreos se realizaron en forma particular, es decir fuera del laboratorio del EPAS, que contribuyeron a ampliar la base de datos.

Los muestreos se realizaron en agua “subterránea”, “superficial” y “agua de red”; aunque cabe destacar que durante la clasificación de los puntos de muestreos se hallaron sitios sin identificar o nombrados de forma ambigua, incompleta. Por lo que se agregó una cuarta categoría clasificación como “S/I”, sin identificar.

Se prestó principal interés en las fechas de muestreo, el lugar, el origen del agua y la concentración final de arsénico. Los datos disponibles en la base de datos del EPAS hasta el año 2004, no están georreferenciados (es decir no poseen coordenadas), es decir que su ubicación no es precisa, se hizo en referencia a nombres de personas, parajes, etc.

Por lo tanto, hubo que generar una capa de puntos de muestreo en formato “shape” de ArcGIS. Para georreferenciar los puntos en el Sistema POSGAR 94, faja 2, se utilizó de referencia la localización indicada en los shapes de localidades y parajes disponibles en COPADE. Este shape de puntos de muestreo creado contiene la misma información que fuera entregada por el EPAS, y de esta forma se pudieron clasificar los resultados obtenidos de acuerdo a su origen y localización.

El shape georreferenciado, introducidos en Arc-GIS⁸ versión 10.1, junto a información anexa como límites geográficos provinciales, departamentales, cuerpos de agua y rutas (material público disponible en el Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina, IGN), permitieron construir distintos mapas según la fuente de abastecimiento:

- Sitios de muestreo

⁸ GIS, sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión, según NCGIA.



- Arsénico en agua superficial
- Arsénico en agua subterránea
- Arsénico en agua de red
- Arsénico S/I

La elaboración de los mapas contempló las siguientes actividades.

Una vez obtenidos los archivos shape, se visualizaron en los mapas en forma de capas y se representaron con una simbología y colores apropiados y luego se etiquetaron en forma de texto.

Se trabajó con archivos shape de puntos para localidades y puntos de muestreo, líneas para ríos y rutas, polígonos para áreas geográficas, lagos y cuencas hidrográficas.

✓ *Utilización de campos de atributo*

La visualización de capas se realizó en base a una elección de los atributos clave de entidad. De esta forma se pudo representar los mapas de: arsénico en agua superficial, arsénico en agua subterránea, arsénico en agua de red y arsénico S/I.

✓ *Utilización de clases de datos en capas*

Dado que un mismo archivo shape contiene información de diferente jerarquía con respecto a una misma capa, se designó una simbología a cada entidad de clasificación. Este es el caso de la clasificación realizada para parajes, localidades, capital de departamento y capital provincial, rutas provinciales y nacionales y tipos de muestreos (agua superficial, red potable de agua, agua subterránea y agua de origen sin identificar) en el caso del mapa "sitios de muestreo" y "máximos históricos".

✓ *Utilización de símbolos proporcionales*

Se representaron los valores cuantitativos de un campo como una serie de tamaños de símbolos graduados para el caso de los mapas de: arsénico en agua superficial, arsénico en agua subterránea, arsénico en agua de red y arsénico S/I; donde se clasificaron en un rango de concentración determinado y se representaron con símbolos graduados dispuestos en un conjunto de valores desde el más pequeño al más grande acompañado por una identificación de colores que permita demostrar el grado de afectación que posee cada sitio de muestreo.



✓ *Utilización de leyendas*

Una leyenda indica el significado de los símbolos utilizados para representar las entidades en el mapa.

Las leyendas tienen superficies que muestran los símbolos del mapa.

✓ *Creación de una plantilla*

Los mapas fueron representados en una plantilla creada a medida para este trabajo de tesis.

✓ *Referencia legal para la clasificación de datos*

Se utilizó la Resolución Provincial 182/00, sobre los límites permitidos para el arsénico en el agua potable sin tratamiento ya que según la Modificación por Resolución Conjunta SPRel N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012, ésta aún es vigente. Por lo tanto el límite de arsénico en el agua se fijó en 0,05 ppm (mg/L), todas las muestras que estuvieran por encima de este valor han sido *clausuradas como fuentes de abastecimiento de agua*, según información brindada por el EPAS, debido a ello no es necesario realizar tratamiento para disminuir el contenido natural de arsénico para la red de agua potable

CAPITULO IV

RESULTADOS

En el transcurso de 18 años de muestreos realizados por el EPAS, se tomaron 1165 muestras de agua para análisis de arsénico, de las cuales 503 pertenecen a origen subterráneo, 90 a superficial, 291 a la red de agua potable y 281 muestras donde no se pudo identificar el origen del agua (Tabla 3 y Figura 6).

Tabla 3: Muestras de agua tomadas desde 1986 al 2004 por el EPAS.

Origen de las Muestras de Agua	Total
Subterránea	503
Superficial	90
Agua de red	291
Agua de origen sin identificar	281
Total	1.165

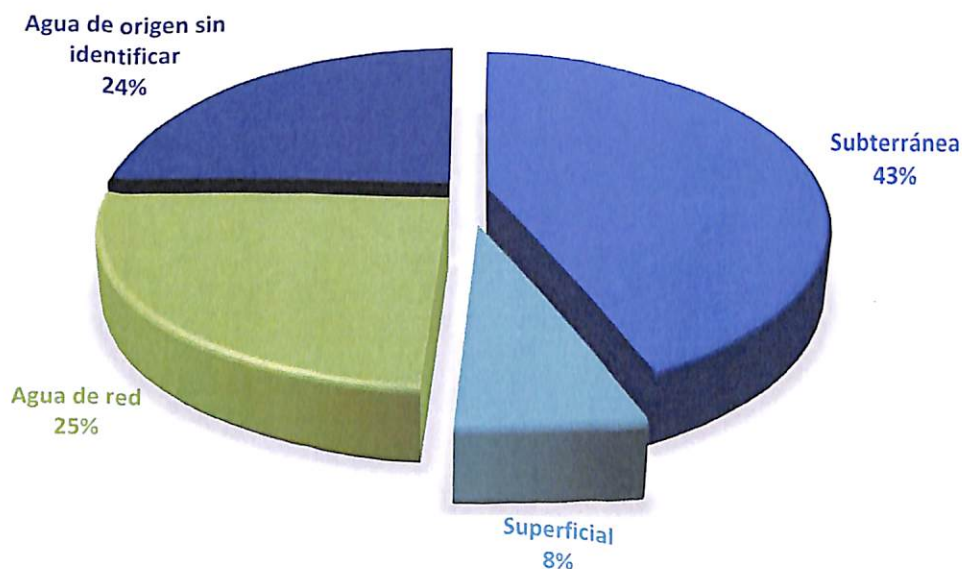


Figura 6: Muestras de agua tomadas desde 1986 al 2004 por el EPAS.

En la base de datos del EPAS, se agruparon los muestreos según sus localidades (Tabla 4).

Tabla 4: Frecuencia de muestreo de arsénico en el agua de la provincia de Neuquén realizado por el EPAS de 1986 a 2004.

Localidad muestreada	Frecuencia de muestreos (1986 - 2004)	Localidad muestreada	Frecuencia de muestreos (1986 - 2004)
A° Sañico	1	Cortaderas	1
Abra Ancha	3	Covunco Abajo	8
Agrio del Medio	3	Covunco Centro	2
Agua del Cajón	6	Curaco	1
Agua Del Overo	1	Cutral Có	8
Aguada Aquebeque	2	El Alamito	1
Aguada Florencio	3	El Cholar	4
Aguada San Roque	8	El Huecu	7
Aluminé	8	El Salitral	3
Andacollo	15	El Sauce	9
Añelo	38	Embalse Los Barreales	15
A° Curaco Grande	1	Estancia Cochico	1
A° Pichi Picun Leufu	1	Huarenchenque	3
Aquihueco	1	Huinganco	4
Arroyito	21	Huncal	2
Arroyo Huaraco	4	Junin de los Andes	18
Auquinco	1	Laguna Miranda	1
Bajada del Agrio	7	Las Coloradas	5
Bajada Vieja	2	Las Lajas	20
Barrancas	5	Limay Centro	6
Buta Ranquil	6	Loma la Lata	6
Cajon de Almaza	1	Lonco Luan	2
Campana Mahuida	1	Loncopué	13
Carran Cura	2	Los Miches	8
Carrilil	1	Mama Margarita	5
Caviahue	22	Manzano Amargo	2
Cayanta	1	Mari Menuco	5
Centenario	36	Mariano Moreno	5
Cerro Leon	1	Naunaco	1
Chacayco Sur	2	Neuquén	227
Challacó	1	Octavio Pico	3
Chapua	3	Paraje La Amarga	5
Chihuido Sur	1	Paraje Quilca	1
China Muerta	1	Paso Aguerre	26
Chorriaca	8	Paso Yuncon	1
Chos malal	14	Picun Leufu	33
Chuhuido Colorado	1	Piedra del Aguila	49
Colonia Valentina	2	Piedra Pintada	1
Colipilli	3	Pino Hachado	1
Copahue	4	Pje. Bajada Vieja	5

Localidad muestreada	Frecuencia de muestreos (1986 - 2004)	Localidad muestreada	Frecuencia de muestreos (1986 - 2004)
Pje. Mallin Quemado	2	Taquimilan	8
Plaza Huincul	35	Taquimilan abajo	4
Plottier	54	Taquimilan centro	1
Portezuelo Grande	2	Trahuncura	2
Pto. Hernandez	6	Tres Chorros	4
Punta I a Pichana	1	Tricao Malal	3
Quili Malal	4	Truquico	1
Quintuco	1	Varvarco	3
Rahueco	1	Vega Molina	1
Rincon Colorado	2	Villa del Agrio	2
Rincon de los Sauces	17	Villa El Chocon	12
Río Aluminé	1	Villa la Angostura	7
San Cabao	2	Villa Pehuenia	5
San Ignacio	1	Villa Traful	2
San Maritín de los Andes	15	Villa Unión	10
San Patricio del Chañar	37	Vista Alegre	11
Santo Domingo Centro	4	Vista Alegre Norte	10
Santo Tomas	12	Vista Alegre Sur	13
Sauzal Bonito	12	Zaina Yegua	4
Senillosa	19	Zapala	72
Sierra Chata	2		

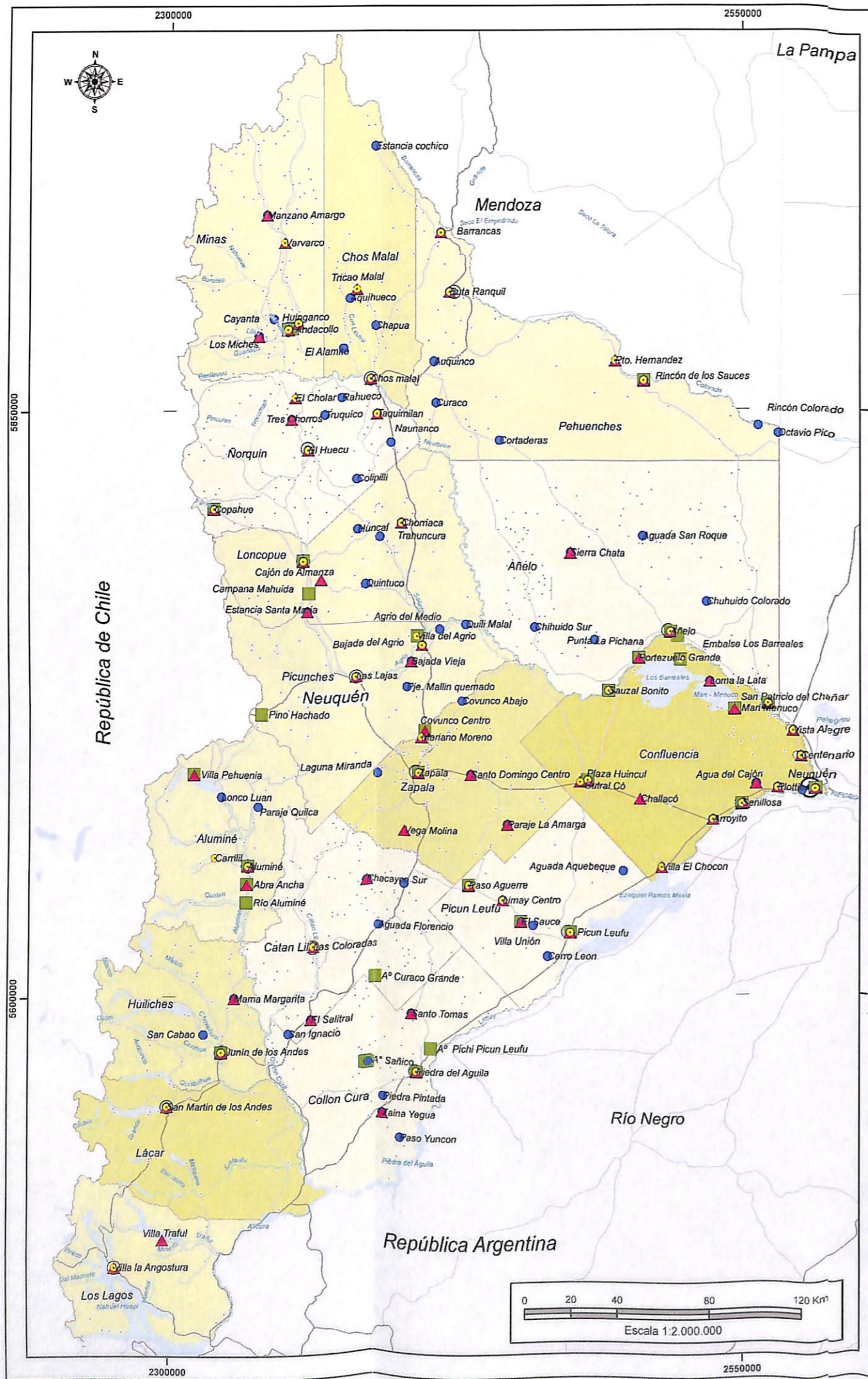
De acuerdo a esta información, todos los departamentos de la provincia de Neuquén han sido relevados para determinar el contenido de arsénico, algunos en mayor frecuencia que otros como lo indica la Tabla 5 donde se detalla la cantidad de muestreos por departamentos en el período 1986-2004:

Tabla 5: Cantidad de muestreos por departamento en la provincia de Neuquén.

Fuente EPAS, período 1986 a 2004.

Departamento	Cantidad de Muestras	Departamento	Cantidad de Muestras
Aluminé	19	Loncopue	55
Añelo	54	Los Lagos	9
Catan Lil	16	Minas	37
Chos Malal	23	Ñorquín	38
Collón Curá	71	Pehuenches	39
Confluencia	533	Picún Leufú	87
Huiliches	25	Picunches	56
Lacar	15	Zapala	88

En la Figura 7, se representa la ubicación de los puntos de muestreo para el período en estudio:



REFERENCIAS

- Parajes
- Localidad
- ⊙ Cabecera del Departamento
- ⊙ Capital Provincial

Muestreo de arsénico según origen del agua, (cantidad de muestras)

- Agua de red (291)
- ▲ S/I (281)
- Subterránea (503)
- Superficial (90)

- Ruta Nacional
- Ruta Provincial
- Ríos

■ Lago/Embalse

■ Provincias Argentinas

Densidad Poblacional (hab/km²)

- 0,4 - 0,9
- 1,0 - 2,0
- 2,1 - 3,3
- 3,4 - 6,9
- 7,0 - 42,8

NOTAS

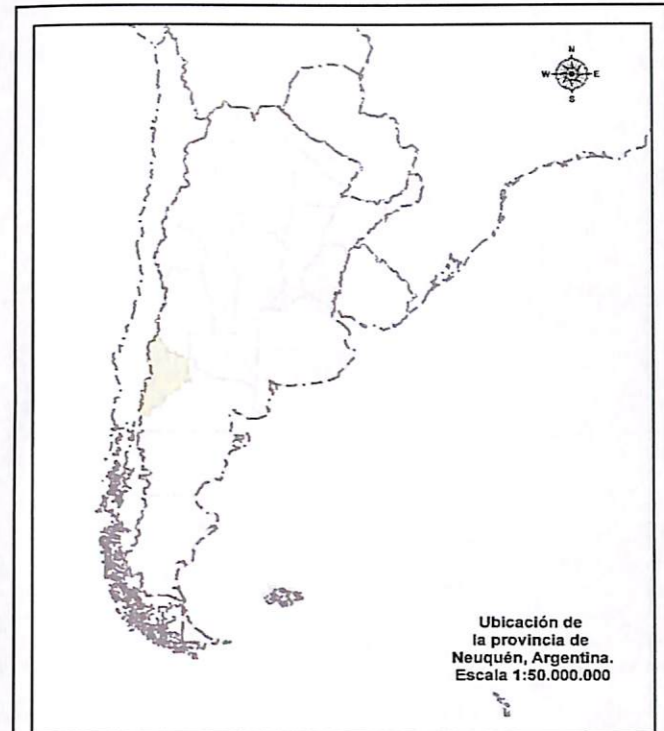
Resolución Provincial 182/00 (Anexo 1):
La concentración máxima de arsénico permitida en agua potable es de 0,05 ppm.

Información disponible: 1165 datos de concentraciones de arsénico en el período 1986-2004 perteneciente a la base de datos del laboratorio del EPAS.

FUENTES

- Shapefile de rutas, lagos y/o embalses, ríos, arroyos, delimitación geográfica de departamentos provinciales y países. Instituto Geográfico Nacional República Argentina.
- Shapefile de localidades de la provincia de Neuquén. Subsecretaría del COPADE, provincia del Neuquén.
- Datos del muestreo de arsénico en agua. Ente Provincial de Agua y Saneamiento. EPAS. Período 1986-2004.
- Datos de la población, cantidad de habitantes por departamento. Dirección Provincial de Estadísticas y Censos, Provincia de Neuquén.
- Shapefile de arsénico en agua. Elaboración propia.

Proyección POSGAR 94 Faja 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE



FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE Y LA SALUD

Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental

Tesis

"Distribución del Arsénico en el agua de la Provincia de Neuquén"

Autor: Vanesa Giselle Velazquez
Dirección de Tesis: Dra. Cecilia Dufilho

DISTRIBUCIÓN DEL MUESTREO DE ARSÉNICO EN AGUA PERÍODO 1986 - 2004

Autor: Vanesa Giselle Velazquez

Figura 7

Fecha: Abril 2016

Versión 1.0

RED DE AGUA POTABLE

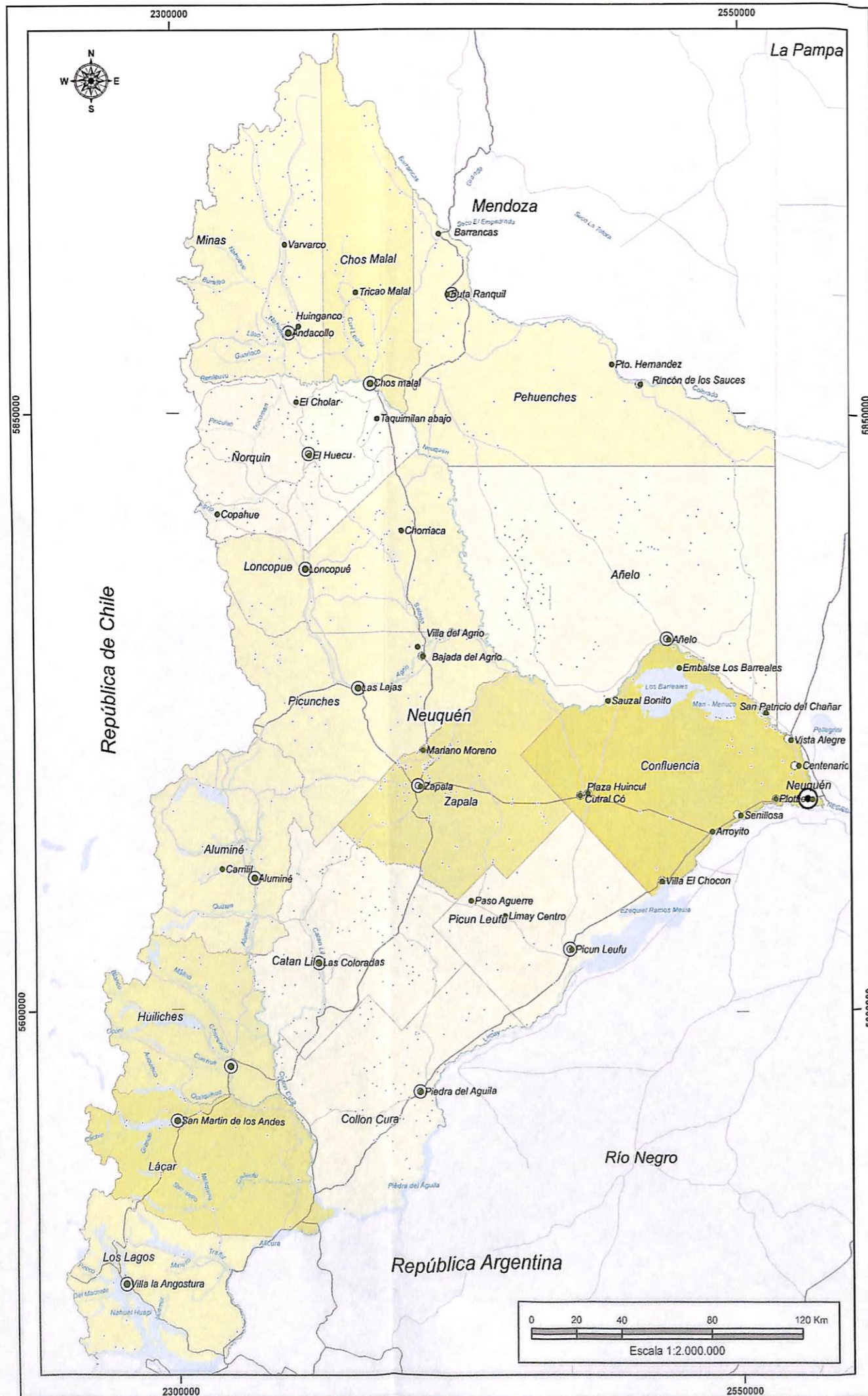
El 100% de las localidades muestreadas con red de agua potable se encuentra dentro de los límites permitidos de arsénico en agua de consumo, según la Resolución Provincial 182/00 La información se resume en la Tabla 6.

Tabla 6: Concentraciones de arsénico en agua de red menores al límite permitido por la Res. 182/00.
Fuente EPAS, período 1986 a 2004.

Localidad	Muestras de Arsénico en agua de red	Resultados
Aluminé	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Andacollo	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Añelo	8	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Arroyito	5	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Bajada Del Agrio	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Barrancas	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Buta Ranquil	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Carrilil	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Caviahue	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Centenario	12	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Chorriaca	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Chos Malal	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Copahue	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Cutral Có	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
El Cholar	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
El Huecú	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Embalse Los Barreales	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Huinganco	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Junín De Los Andes	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Las Coloradas	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Las Lajas	10	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Limay Centro	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Loncopué	8	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Mariano Moreno	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Neuquén	92	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Paso Aguerre	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Picún Leufú	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Piedra del Aguila	10	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Plaza Huincul	6	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Plottier	31	Menor a 0,05 ppm (mg/L)

Localidad	Muestras de Arsénico en agua de red	Resultados
Pto. Hernandez	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Rincón De Los Sauces	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
San Martín De Los Andes	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
San Patricio Del Chañar	7	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Sauzal Bonito	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Senillosa	6	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Taquimilan Abajo	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Tricao Malal	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Varvarco	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Villa Del Agrio	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Villa El Chocon	5	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Villa La Angostura	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Vista Alegre	6	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Vista Alegre Norte	6	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Vista Alegre Sur	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Zapala	28	Menor a 0,05 ppm (mg/L)

En la Figura 8 se representa la distribución de los sitios muestreados en red y la concentración de arsénico en agua de red.



REFERENCIAS

- Parajes
- Localidad
- ⊙ Cabecera del Departamento
- ⊙ Capital Provincial

Concentración en ppm=mg/L (cantidad de muestras)

- < a 0,05 (291)
- 0,050 - 0,100 (0)
- 0,101 - 0,500 (0)
- 0,501 - 1,000 (0)
- 1,001 - 2,000 (0)
- 2,001 - 3,000 (0)

- Ruta Nacional
- Ruta Provincial
- Ríos
- Lago/Embalse
- Provincias Argentinas

Densidad Poblacional (hab/km2)

- 0,4 - 0,9
- 1,0 - 2,0
- 2,1 - 3,3
- 3,4 - 6,9
- 7,0 - 42,8

NOTAS

Resolución Provincial 182/00 (Anexo 1):
La concentración máxima de arsénico permitida en agua potable es de 0,05 ppm.

Información disponible: 1165 datos de concentraciones de arsénico en el período 1986-2004 perteneciente a la base de datos del laboratorio del EPAS.


FUENTES

- Shapefile de rutas, lagos y/o embalses, ríos, arroyos, delimitación geográfica de departamentos provincias y países. Instituto Geográfico Nacional República Argentina.
- Shapefile de localidades de la provincia de Neuquén. Subsecretaría del COPADE, provincia del Neuquén.
- Datos del muestreo de arsénico en agua. Ente Provincial de Agua y Saneamiento. EPAS. Período 1986-2004. (Acuerdo ESSA-EPAS, 2005).
- Datos de la población, cantidad de habitantes por departamento. INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001. Nota: La población total incluye a las personas viviendo en situación de calle.
- Shapefile de arsénico en agua. Elaboración propia.

Proyección POSGAR 94 Faja 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE



FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE Y LA SALUD

Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental

Tesis

"Distribución del Arsénico en el agua de la Provincia de Neuquén"

Autor: Vanesa Giselle Velazquez
Dirección de Tesis: Dra. Cecilia Dufilho

ARSENICO EN AGUA DE RED

Autor: Vanesa Giselle Velazquez

Figura 8

Fecha: Abril 2016

Versión 1.0

AGUA SUPERFICIAL

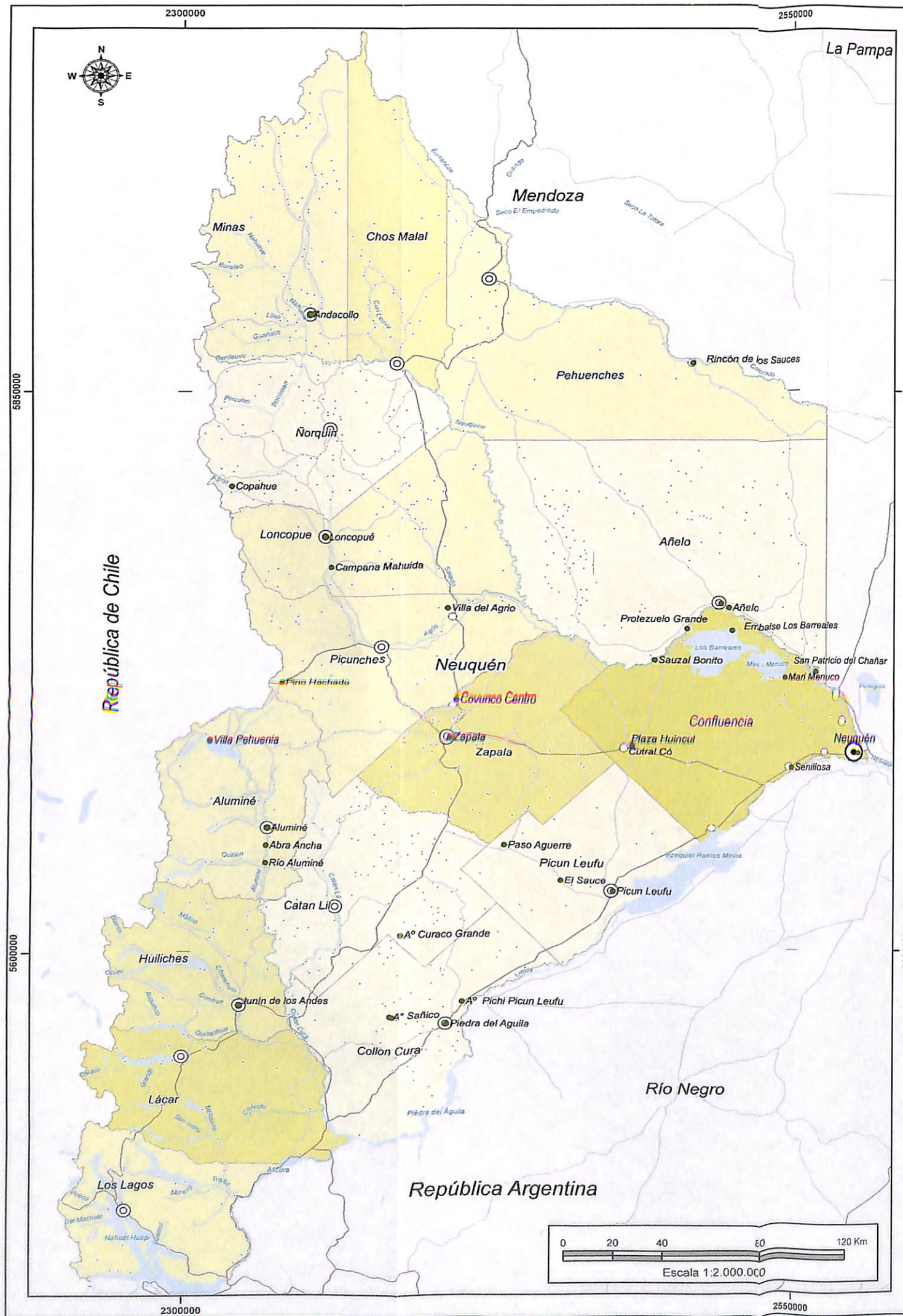
Los análisis químicos en aguas superficiales incluyen ríos, lagos, arroyos y canales. Teniendo en cuenta los valores establecidos en la Resolución Provincial 182/00, se determina que el 100% de los sitios se encuentran dentro de los límites permitidos de arsénico en agua (Tabla 7).

Tabla 7: Concentraciones de arsénico en aguas superficiales menores al límite permitido por la Res. 182/00. Fuente EPAS, periodo 1986 a 2004.

Arsénico en agua superficiales	Cantidad de Muestras	Resultados
Abra ancha	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Aluminé	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Andacollo	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Arroyo Huaraco	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
A° Sañico	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
A° Curacó Grande	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
A° Pichi Picún Leufú	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Añelo	5	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Campana Mahuida	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Carran Cura	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Caviahue	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Copahue	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Covunco Centro	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
El Sauce	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Embalse Los Barreales	14	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Junín de los Andes	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Loncopué	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Mari Menuco	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Neuquén	7	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Paso Aguerre	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Picún Leufú	6	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Piedra del Aguila	8	Menor a 0,05 ppm (mg/L)

Arsénico en agua superficiales	Cantidad de Muestras	Resultados
Pino Hachado	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Plaza Huincul	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Portezuelo Grande	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Rincón de los Sauces	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Río Aluminé	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
San Patricio del Chañar	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Sauzal Bonito	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Senillosa	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Villa Pehuenia	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Villa del Agrio	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Zapala	5	Menor a 0,05 ppm (mg/L)

La Figura 9 representa la distribución de sitios muestreados y la concentración de arsénico en agua superficial para el período en estudio:



REFERENCIAS

- Parajes
- Localidad
- ⊙ Cabecera del Departamento
- ⊙ Capital Provincial

Concentración en ppm=mg/L (cantidad de muestras)

- < a 0,05 (90)
- 0,050 - 0,100 (0)
- 0,101 - 0,500 (0)
- 0,501 - 1,000 (0)
- 1,001 - 2,000 (0)
- 2,001 - 3,000 (0)

- Ruta Nacional
- Ruta Provincial
- Ríos
- Lago/Embalse
- Provincias Argentinas

Densidad Poblacional (hab/km2)

- 0,4 - 0,9
- 1,0 - 2,0
- 2,1 - 3,3
- 3,4 - 6,9
- 7,0 - 42,8

NOTAS

Resolución Provincial 182/00 (Anexo 1):
La concentración máxima de arsénico permitida en agua potable es de 0,05 ppm.

Información disponible: 1165 datos de concentraciones de arsénico en el período 1986-2004 perteniente a la base de datos del laboratorio del EPAS.

FUENTES

- Shapefile de rutas, lagos y/o embalses, ríos, arroyos, delimitación geográfica de departamentos provincias y países. Instituto Geográfico Nacional República Argentina.
- Shapefile de localidades de la provincia de Neuquén. Subsecretaría del COPADE, provincia del Neuquén.
- Datos del muestreo de arsénico en agua. Ente Provincial de Agua y Saneamiento. EPAS. Período 1986-2004. (Acuerdo ESSA-EPAS, 2005).
- Datos de la población, cantidad de habitantes por departamento. INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001.
- Nota: La población total incluye a las personas viviendo en situación de calle.
- Shapefile de arsénico en agua. Elaboración propia.

Proyección POSGAR 94 Faja 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE



FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE Y LA SALUD

Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental

Tesis

"Distribución del Arsénico en el agua de la Provincia de Neuquén"

Autor: Vanesa Giselle Velazquez
Dirección de Tesis: Dra. Cecilia Dufilho

ARSENICO EN AGUA SUPERFICIAL

Autor: Vanesa Giselle Velazquez

Figura 9

Fecha: Abril 2016

Versión 1.0

AGUA SUBTERRÁNEA

Los muestreos sobre el agua subterránea incluyen, perforaciones profundas, pozos a nivel freático, vertientes y manantiales. Según la Resolución Provincial 182/00, se determina que el 96% de ellos se encuentran dentro de los límites permitidos de arsénico en agua de consumo.

En la Tabla 8 se indican las perforaciones donde no se halló arsénico en el agua.

Tabla 8: Concentraciones de arsénico en agua subterránea menores al límite permitido por la Res. 182/00. Fuente EPAS, periodo 1986 a 2004.

Localidad	Muestras de arsénico en agua subterránea	Resultados
Agrio Del Medio	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Agua Del Cajón	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Agua Del Overo	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Aguada Aquebeque	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Aguada Florencio	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Aguada San Roque	6	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Aluminé	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Andacollo	7	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Añelo	20	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Aquihueco	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Arroyito	7	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Auquinco	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Bajada Del Agrio	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Bajada Vieja	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Barrancas	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Buta Ranquil	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Carran Cura	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Caviahue	8	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Cayanta	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Centenario	11	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Chacayco Sur	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Chapua	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Chihuido Sur	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Chorriaca	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Chos Malal	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Chuhuido Colorado	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Colonia Valentina	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)

Localidad	Muestras de arsénico en agua subterránea	Resultados
Colipilli	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Cortaderas	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Covunco Abajo	8	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Curaco	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
El Alamito	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
El Huecu	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
El Salitral	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
El Sauce	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Estancia Cochico	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Huarenchenque	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Huinganco	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Huncal	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Junin De Los Andes	11	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Laguna Miranda	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Las Coloradas	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Las Lajas	5	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Limay Centro	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Loma La Lata	5	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Lonco Luan	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Loncopué	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Los Miches	5	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Mama Margarita	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Manzano Amargo	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Naunaco	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Neuquen	92	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Octavio Pico	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Paraje La Amarga	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Paraje Quilca	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Paso Aguerre	18	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Paso Yuncon	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Picún Leufú	15	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Piedra Del Aguila	14	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Piedra Pintada	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Pje Bajada Vieja	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Pje. Mallin Quemado	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Plaza Huincul	15	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Plottier	17	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Punta L A Pichana	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Quili Malal	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)

Localidad	Muestras de arsénico en agua subterránea	Resultados
Quintuco	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Rahueco	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Rincón Colorado	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Rincón De Los Sauces	7	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
San Cabao	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
San Ignacio	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
San Martín De Los Andes	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
San Patricio Del Chañar	17	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Santo Domingo Centro	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Santo Tomas	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Sauzal Bonito	7	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Senillosa	9	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Taquimilán	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Taquimilán Abajo	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Trahuncura	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Tres Chorros	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Truquico	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Villa Unión	9	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Vista Alegre	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Vista Alegre Norte	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Vista Alegre Sur	9	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Zaina Yegua	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Zapala	30	Menor a 0,05 ppm (mg/L)

Sin embargo en 23 puntos de muestreos detallados en las siguientes localidades (Tabla 9), se halló que la concentración de arsénico era mayor a los límites permitidos, este hecho hizo que el EPAS declarara que los pozos con agua con concentración de arsénico mayor a la permitida por la Res. 182/00 no fueran aptos para consumo como agua de bebida.

Tabla 9: Concentraciones de arsénico en agua subterránea mayores o iguales al límite permitido por la Res. 182/00. Fuente EPAS, período 1986 a 2004.

Localidad	Departamento	Resultados en ppm (mg/L)	Año de muestreo
Piedra del Aguila	Collón Curá	0,05	2001
Centenario	Confluencia	0,05	1991
Neuquén	Confluencia	0,05	1995
Neuquén	Confluencia	0,05	1996
Neuquén	Confluencia	0,05	1998
Villa Unión	Picún Leufú	0,06	1998
Sierra Chata	Añelo	0,06	1995
Vista Alegre Sur	Confluencia	0,06	1996
Centenario	Confluencia	0,06	1996
Aguada Aquebeque	Picún Leufú	0,06	1997
Aguada San Roque	Añelo	0,06	1991
El Sauce	Picún Leufú	0,067	1997
Arroyito	Confluencia	0,65	1990
Sauzal Bonito	Confluencia	0,07	2002
Centenario	Confluencia	0,07	1993
Centenario	Confluencia	0,09	1993
Vista Alegre Sur	Confluencia	0,09	1998
Arroyito	Confluencia	0,10	1990
Arroyito	Confluencia	0,11	1990
Centenario	Confluencia	0,13	1991
Neuquén	Confluencia	0,14	2001
Piedra del Aguila	Collón Curá	1,3	1990
Aguada San Roque	Añelo	0,23	1998

De las 23 muestras positivas de arsénico en agua subterránea, 2 muestras fueron registradas en el departamento de Collón Curá, 3 en Añelo, 3 en Picún Leufú y 15 en Confluencia (Figura 10).

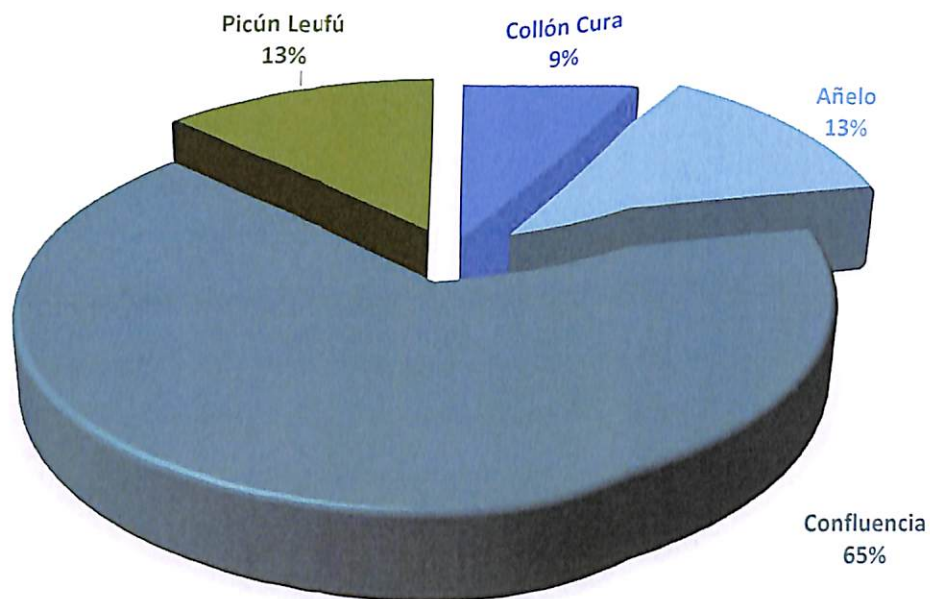
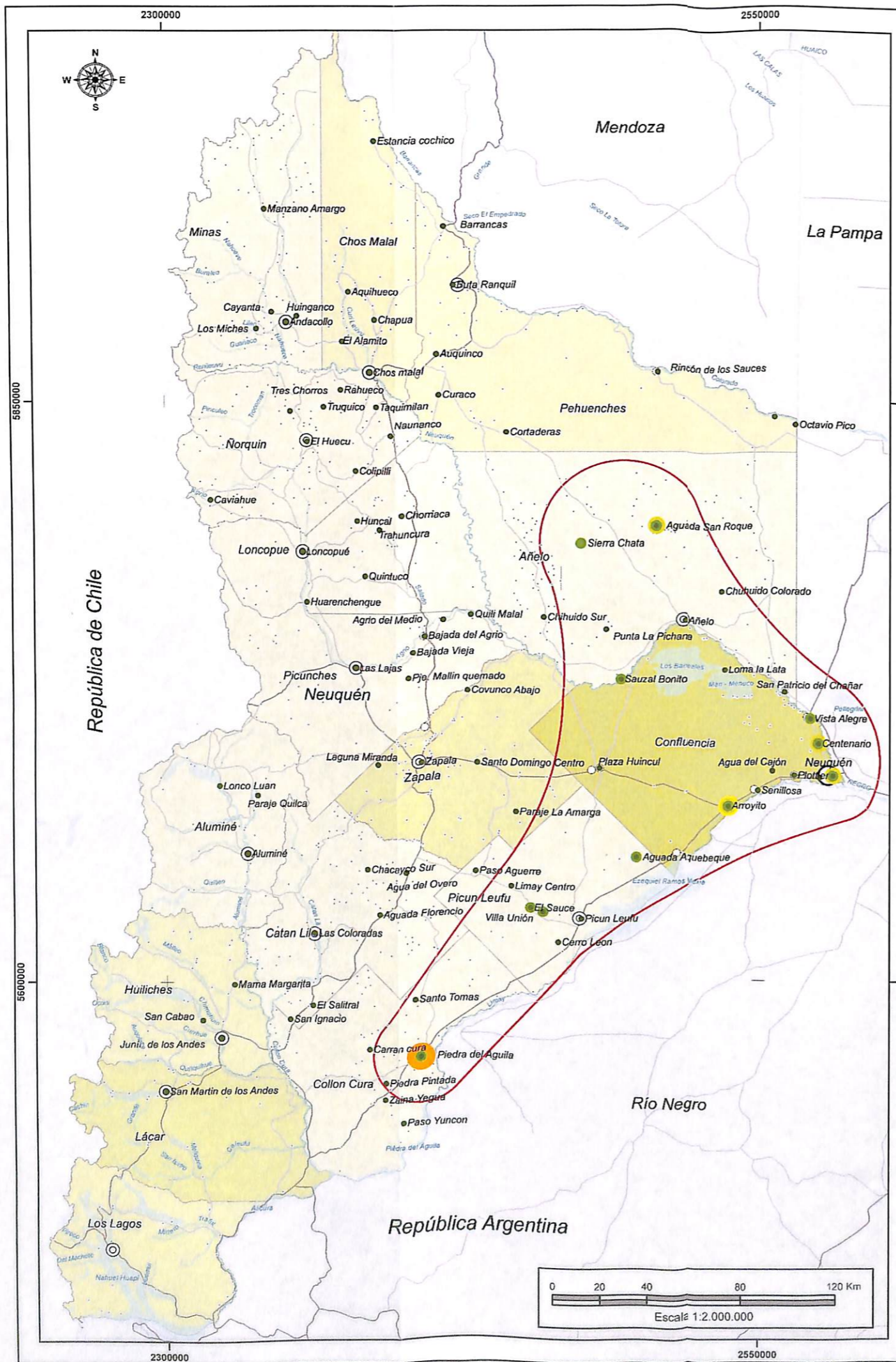


Figura 10: Muestras de arsénico en agua subterránea, mayores o iguales a 0,05 ppm por departamento, Res 182/00. Fuente EPAS, período 1986 a 2004.

La Figura 11 representa la distribución de sitios muestreados y la distribución de la concentración de arsénico en agua subterránea:



REFERENCIAS

- Parajes
- Localidad
- ⊙ Cabecera del Departamento
- ⊙ Capital Provincial

Concentración en ppm=mg/L (cantidad de muestras)

- < a 0,05 (480)
- 0,050 - 0,100 (17)
- 0,101 - 0,500 (4)
- 0,501 - 1,000 (1)
- 1,001 - 2,000 (1)
- 2,001 - 3,000 (0)

- Ruta Nacional
- Ruta Provincial
- Ríos
- Lago/Embalse
- Provincias Argentinas

Distribución del arsénico en agua subterránea

- Zona con concentración de arsénico mayor a 0,05 ppm

Densidad Poblacional (hab/km2)

- 0,4 - 1,4
- 1,5 - 3,5
- 3,6 - 7,3
- 7,4 - 18,0
- 18,1 - 85,1

NOTAS

Resolución Provincial 182/00 (Anexo 1): La concentración máxima de arsénico permitida en agua potable es de 0,05 ppm.

Los sitios de muestreo con concentraciones mayores a 0,05 ppm no son utilizados para abastecimiento de agua potable por el EPAS.

Información disponible: 1165 datos de concentraciones de arsénico en el período 1986-2004 perteniente a la base de datos del laboratorio del EPAS.

FUENTES

-Shapefile de rutas, lagos y/o embalses, ríos, arroyos, delimitación geográfica de departamentos provincias y países. Instituto Geográfico Nacional República Argentina.

-Shapefile de localidades de la provincia de Neuquén. Subsecretaría del COPADE, provincia del Neuquén.

-Datos del muestreo de arsénico en agua. Ente Provincial de Agua y Saneamiento. EPAS. Período 1986-2004. (Acuerdo ESSA-EPAS, 2005).

-Datos de la población, cantidad de habitantes por departamento. INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001. Nota: La población total incluye a las personas viviendo en situación de calle.

-Shapefile de arsénico en agua. Elaboración propia.

Proyección POSGAR 94 Faja 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE



FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE Y LA SALUD

Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental

Tesis

"Distribución del Arsénico en el agua de la Provincia de Neuquén"

Autor: Vanesa Giselle Velazquez
Dirección de Tesis: Dra. Cecilia Dufilho

ARSENICO EN AGUA SUBTERRÁNEA

Autor: Vanesa Giselle Velazquez

Figura 11

Fecha: Abril 2016

Versión 1.0

AGUA DE ORIGEN SIN IDENTIFICAR

Pese al esfuerzo que se realizó en la identificación del origen de las muestras de agua, se detectaron varias muestras con información relevante donde no fue posible determinar el sitio del muestreo aunque si la localidad.

En el análisis realizado no se quiso omitir datos que pudieran ser importantes en la investigación del arsénico en la provincia de Neuquén.

en Tabla 10 se presentan las localidades donde la concentración de arsénico de agua de origen sin identificar con concentraciones de arsénico dentro los límites permitidos en agua según la Resolución Provincial 182/00.

Tabla 10: Concentraciones de arsénico en agua de origen sin identificar menores al límite permitido por la Res. 182/00. Fuente EPAS, período 1986 a 2004.

Localidad	Muestras de Arsénico en agua de origen sin identificar	Resultados
Abra Ancha	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Agua del Cajón	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Aluminé	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Andacollo	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Añelo	5	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Arroyito	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Bajada del Agrio	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Barrancas	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Buta Ranquil	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Cajon de Almaza	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Caviahue	9	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Centenario	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Challacó	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
China Muerta	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Chorriaca	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Chos malal	8	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Covunco Centro	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Cutral Có	6	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
El Cholar	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
El Huecu	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
El Sauce	6	Menor a 0,05 ppm (mg/L)

Localidad	Muestras de Arsénico en agua de origen sin identificar	Resultados
Huarenchenque	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Huinganco	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Junin de los Andes	5	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Las Coloradas	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Las Lajas	5	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Limay Centro	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Loma la Lata	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Loncopué	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Los Miches	3	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Mama Margarita	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Manzano Amargo	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Mari Menuco	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Mariano Moreno	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Neuquén	28	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Paraje La Amarga	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Paso Aguerre	6	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Picún Leufú	10	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Piedra del Aguila	13	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Pje Bajada Vieja	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Plaza Huincul	12	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Plottier	6	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Portezuelo Grande	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Pto. Hernandez	5	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Rincon de los Sauces	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
San Martin de los Andes	8	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
San Patricio del Chañar	10	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Santo Domingo Centro	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Santo Tomas	8	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Senillosa	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Sierra Chata	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Taquimilan	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Taquimilan abajo	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Taquimilan centro	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Tres Chorros	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Tricao Malal	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Varvarco	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Vega Molina	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Villa El Chocon	7	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Villa la Angostura	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)

Localidad	Muestras de Arsénico en agua de origen sin identificar	Resultados
Villa Pehuenia	4	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Villa Traful	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Vista Alegre	2	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Zaina Yegua	1	Menor a 0,05 ppm (mg/L)
Zapala	9	Menor a 0,05 ppm (mg/L)

Sin embargo en 13 de las 282 muestras tomadas en 6 localidades, se registran concentraciones de arsénico iguales o mayores al límite permitido por la Res. 182/00, tal como se detalla en la Tabla 11.

Tabla 11: Concentraciones de arsénico en agua de origen sin identificar iguales o mayores al límite permitido por la Res. 182/00. Fuente EPAS, período 1986 a 2004.

Localidad	Departamento	Resultados en ppm (mg/L)	Año de muestreo
Neuquén	Confluencia	0,05	2001
Vista Alegre Sur	Confluencia	0,06	1996
Chacayco Sur	Catan Lil	0,10	2001
Arroyito	Confluencia	0,10	1993
Arroyito	Confluencia	0,12	1990
Arroyito	Confluencia	0,12	1990
Arroyito	Confluencia	0,12	1990
Arroyito	Confluencia	0,12	1990
Neuquén	Confluencia	0,14	1990
Neuquén	Confluencia	0,60	1990
Piedra del Águila	Collón Curá	0,90	1990
Piedra del Águila	Collón Curá	1,6	1990
Plaza Huincol	Confluencia	3,00	1992

La muestra tomada en Plaza Huincol el año 1992 (con una concentración de 3,00 ppm) se determinó en las calles Challacó y Chubut (lugar de intersección de una plaza pública), por lo que probablemente se refiera a agua de origen subterránea.

La muestra tomada en Piedra del Águila el año 1990 (con una concentración de 1,6 ppm), fue tomada por El SOL.C.F.I. No hubo información que posibilitara su identificación en cuanto a origen.

En las 11 muestras restantes no se tiene información adicional en la base de datos.

De las 13 muestras positivas de arsénico en agua subterránea, 2 muestras fueron registradas en el departamento de Collón Curá, 1 en Catan Lil y 10 en Confluencia (Figura 12).

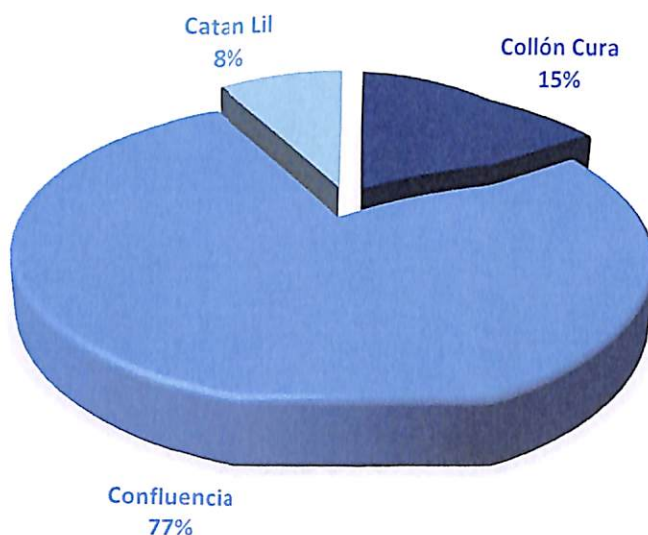
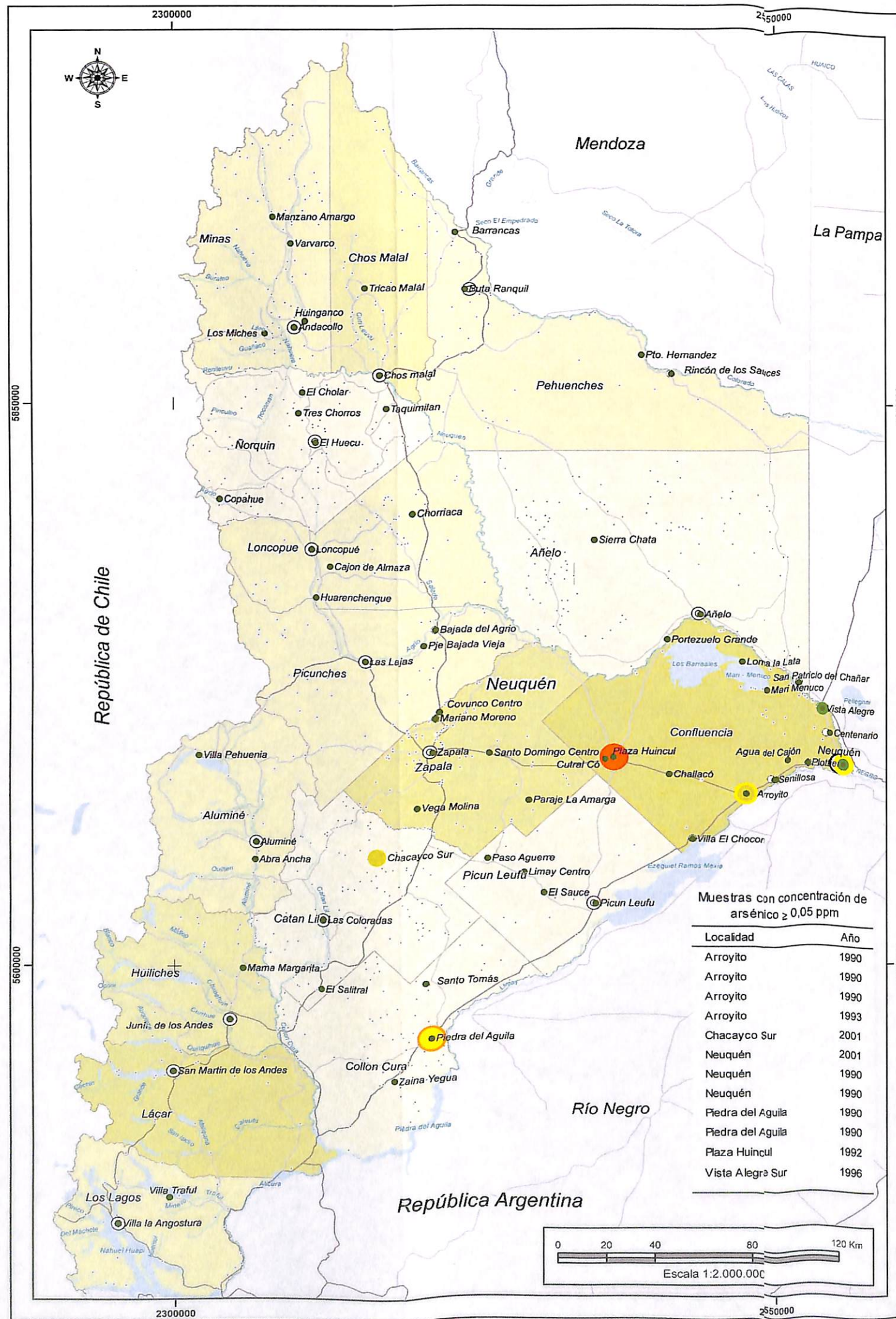


Figura 12: Muestreos de arsénico en agua de origen sin identificar, mayores o iguales a 0,05 ppm por departamento, Res 182/00. Fuente EPAS, período 1986 a 2004.

Al igual que en las muestras de origen subterráneo, aquellas con concentración de arsénico mayor a la permitida por la Res. 182/00, no son aptas para consumo como agua de bebida según declaración del EPAS, y no son utilizadas para abastecimiento de la población. La Figura 13 representa la concentración de arsénico en agua de origen sin identificar:



REFERENCIAS

- Parajes
- Localidad
- ⊙ Cabecera del Departamento
- ⊕ Capital Provincial

Concentración en ppm=mg/L (cantidad de muestras)

- < a 0,05 (269)
- 0,005 - 0,070 (2)
- 0,071 - 0,100 (2)
- 0,101 - 1,000 (6)
- 1,001 - 2,000 (1)
- 2,001 - 3,000 (1)

- Ruta Nacional
- Ruta Provincial
- Ríos
- Lago/Embalse
- Provincias Argentinas

Densidad Poblacional (hab/km2)

- 0,4 - 0,9
- 1,0 - 2,0
- 2,1 - 3,3
- 3,4 - 6,9
- 7,0 - 42,8

NOTAS

Resolución Provincial 182/00 (Anexo 1): La concentración máxima de arsénico permitida en agua potable es de 0,05 ppm.

Los sitios de muestreo con concentraciones mayores a 0,05 ppm no son utilizados para abastecimiento de agua potable por el EPAS.

Información disponible: 1165 datos de concentraciones de arsénico en el período 1986-2004 perteneciente a la base de datos del laboratorio del EPAS.

Teniendo en cuenta la localización, es posible que algunos de estos valores máximos de fuente sin identificar correspondan a efluentes industriales, a vertidos de conservación de pieles y curtiembres o a residuos agrícolas.

La muestra tomada en Plaza Huincul el año 1992 (con una concentración de 3,00 ppm) se determinó en las calles Challacó y Chubut (lugar de intersección de una plaza pública), por lo que probablemente se refiera a agua de origen subterránea.

La muestra tomada en Piedra del Aguila el año 1990 (con una concentración de 1,6 ppm), fue tomada por El SOL.C.F.I. No hubieron datos que posibilitaran su identificación en cuanto a origen.

En las 11 muestras restantes no se tiene información adicional.

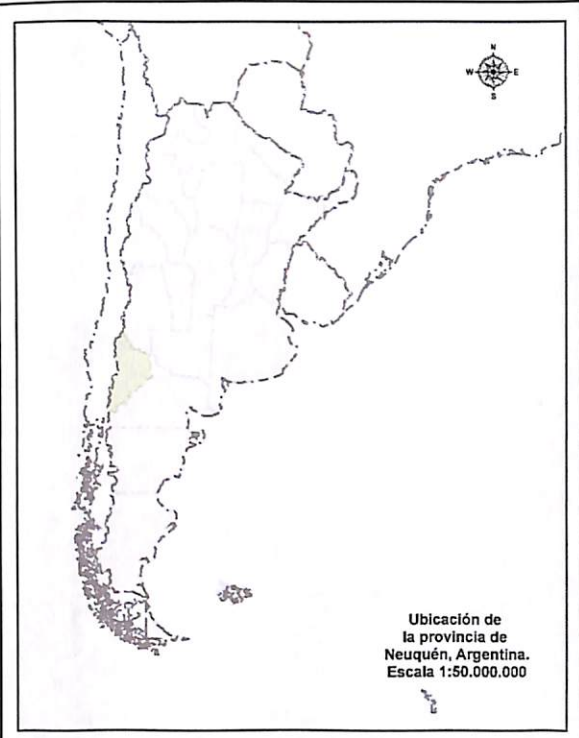
FUENTES

- Shapefile de rutas, lagos y/o embalses, ríos, arroyos, delimitación geográfica de departamentos provinciales y países. Instituto Geográfico Nacional República Argentina.
- Shapefile de localidades de la provincia de Neuquén. Subsecretaría del COPADE, provincia del Neuquén.
- Datos del muestreo de arsénico en agua. Ente Provincial de Agua y Saneamiento. EPAS. Período 1986-2004. (Acuerdo ESSA-EPAS, 2005).
- Datos de la población, cantidad de habitantes por departamento. INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001. Nota: La población total incluye a las personas viviendo en situación de calle.
- Shapefile de arsénico en agua. Elaboración propia.

Proyección POSGAR 94 Faja 2

Muestras con concentración de arsénico > 0,05 ppm

Localidad	Año
Arroyito	1990
Arroyito	1990
Arroyito	1990
Arroyito	1993
Chacayco Sur	2001
Neuquén	2001
Neuquén	1990
Neuquén	1990
Piedra del Aguila	1990
Piedra del Aguila	1990
Plaza Huincul	1992
Vista Alegre Sur	1996



Ubicación de la provincia de Neuquén, Argentina. Escala 1:50.000.000

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE



FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE Y LA SALUD

Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental

Tesis

"Distribución del Arsénico en el agua de la Provincia de Neuquén"

Autor: Vanesa Giselle Velazquez
Dirección de Tesis: Dra. Cecilia Dufilho

ARSENICO EN AGUA DE ORIGEN SIN IDENTIFICAR

Autor: Vanesa Giselle Velazquez

Figura 13

Fecha: Abril 2016

Versión 1.0

MÁXIMOS HISTÓRICOS

De las 1165 muestras tomadas de agua para análisis de arsénico realizado por el EPAS entre 1986 y 2004, 36 de ellas arrojaron valores de arsénico con concentración iguales o mayores al límite permitido por la Res. 182/00. De las 36 muestras "positivas", 23 pertenecen a origen subterráneo y 13 son de origen sin identificar, S/I, tal como se detalla en la Tabla 12, En la misma se indica además el año en el que se detectó ese valor máximo.

Tabla 12: Concentraciones de arsénico en agua de origen subterránea y de origen sin identificar, mayores o iguales al límite permitido por la Res. 182/00. Fuente EPAS, período 1986 a 2004.

Localidad	Departamento	Resultados en ppm (mg/L)	Año de muestreo	Origen de la muestra
Piedra del Aguila	Collón Curá	0,05	2001	Subterránea
Centenario	Confluencia	0,05	1991	Subterránea
Neuquén	Confluencia	0,05	1995	Subterránea
Neuquén	Confluencia	0,05	1996	Subterránea
Neuquén	Confluencia	0,05	1998	Subterránea
Villa Unión	Picún Leufú	0,06	1998	Subterránea
Sierra Chata	Añelo	0,06	1995	Subterránea
Vista Alegre Sur	Confluencia	0,06	1996	Subterránea
Centenario	Confluencia	0,06	1996	Subterránea
Aguada Aquebeque	Picún Leufú	0,06	1997	Subterránea
Aguada San Roque	Añelo	0,06	1991	Subterránea
El Sauce	Picún Leufú	0,067	1997	Subterránea
Arroyito	Confluencia	0,65	1990	Subterránea
Sauzal Bonito	Confluencia	0,07	2002	Subterránea
Centenario	Confluencia	0,07	1993	Subterránea
Centenario	Confluencia	0,09	1993	Subterránea
Vista Alegre Sur	Confluencia	0,09	1998	Subterránea
Arroyito	Confluencia	0,10	1990	Subterránea
Arroyito	Confluencia	0,11	1990	Subterránea
Centenario	Confluencia	0,13	1991	Subterránea
Neuquén	Confluencia	0,14	2001	Subterránea
Piedra del Aguila	Collón Curá	1,3	1990	Subterránea

Localidad	Departamento	Resultados en ppm (mg/L)	Año de muestreo	Origen de la muestra
Aguada San Roque	Añelo	0,23	1998	Subterránea
Neuquén	Confluencia	0,05	2001	S/I
Vista Alegre Sur	Confluencia	0,06	1996	S/I
Chacayco Sur	Catan Lil	0,10	2001	S/I
Arroyito	Confluencia	0,10	1993	S/I
Arroyito	Confluencia	0,12	1990	S/I
Arroyito	Confluencia	0,12	1990	S/I
Arroyito	Confluencia	0,12	1990	S/I
Arroyito	Confluencia	0,12	1990	S/I
Neuquén	Confluencia	0,14	1990	S/I
Neuquén	Confluencia	0,60	1990	S/I
Piedra del Águila	Collón Curá	0,90	1990	S/I
Piedra del Águila	Collón Curá	1,6	1990	S/I
Plaza Huincul	Confluencia	3,00	1992	S/I

De las 36 muestras positivas de arsénico en agua subterránea y de origen sin identificar, 4 muestras fueron registradas en el departamento de Collón Cura, 3 en Añelo, 3 en Picún Leufú, 1 en Catan Lil y 25 en Confluencia (Figura 14).

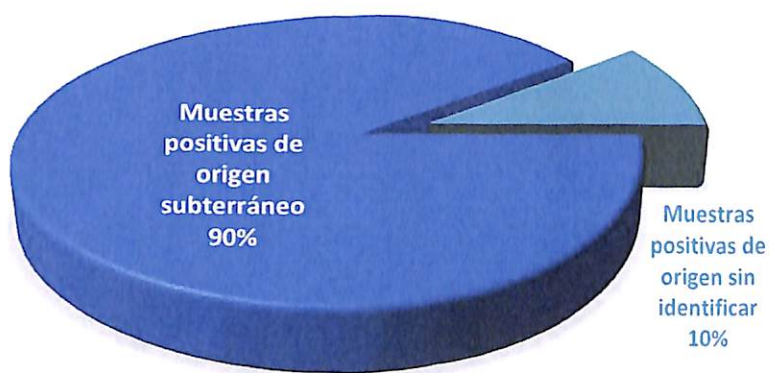
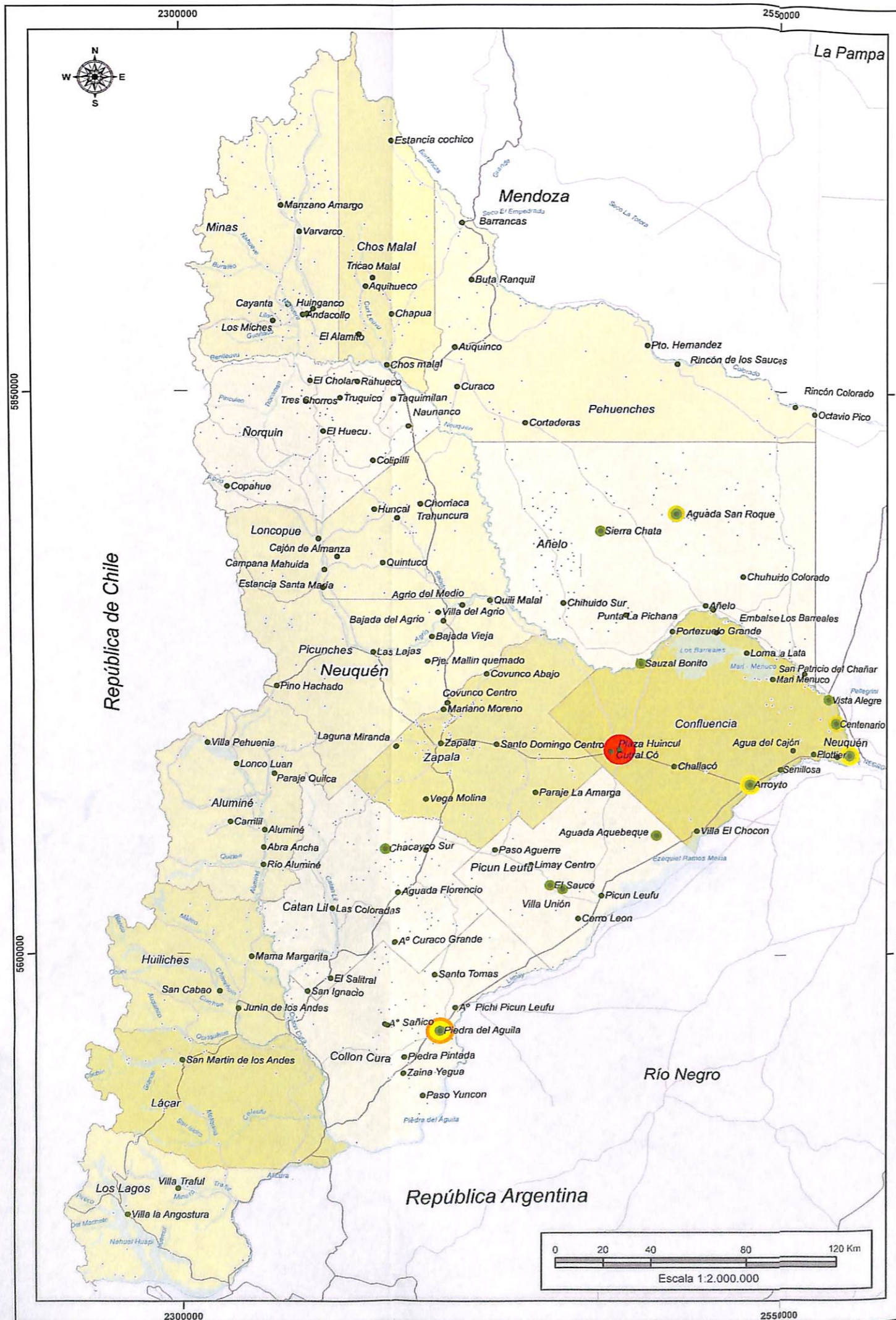


Figura 14: Distribución del arsénico según el origen de la fuente, Res 182/00.
Fuente EPAS, período 1986 a 2004.

La distribución de estos máximos históricos (1986-2004) registrados por el EPAS se presenta en la Figura 15.



REFERENCIAS

Concentración en ppm=mg/L (cantidad de muestras)

- < a 0,05 (1.130)
- 0,050 - 0,100 (21)
- 0,101 - 0,500 (8)
- 0,501 - 1,000 (3)
- 1,001 - 2,000 (2)
- 2,001 - 3,000 (1)

- Parajes
- Ruta Nacional
- Ruta Provincial
- Ríos
- Lago/Embalse
- Provincias Argentinas

Densidad Poblacional (hab/km²)

- 0,4 - 0,9
- 1,0 - 2,0
- 2,1 - 3,3
- 3,4 - 6,9
- 7,0 - 42,8

NOTAS

Resolución Provincial 182/00 (Anexo 1):
La concentración máxima de arsénico permitida en agua potable es de 0,05 ppm.

Los sitios de muestreo con concentraciones mayores a 0,05 ppm no son utilizados para abastecimiento de agua potable por el EPAS.

Información disponible: 1165 datos de concentraciones de arsénico en el período 1986-2004 perteneciente a la base de datos del laboratorio del EPAS.

FUENTES

- Shapefile de rutas, lagos y/o embalses, ríos, arroyos, delimitación geográfica de departamentos provinciales y países. Instituto Geográfico Nacional República Argentina.
- Shapefile de localidades de la provincia de Neuquén. Subsecretaría del COPADE, provincia de Neuquén.
- Datos del muestreo de arsénico en agua. Ente Provincial de Agua y Saneamiento. EPAS. Período 1986-2004. (Acuerdo ESSA-EPAS, 2005).
- Datos de la población, cantidad de habitantes por departamento. INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001. Nota: La población total incluye a las personas viviendo en situación de calle.
- Shapefile de arsénico en agua. Elaboración propia.

Proyección POSGAR 94 Faja 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE



FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE Y LA SALUD

Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental

Tesis

"Distribución del Arsénico en el agua de la Provincia de Neuquén"

Autor: Vanesa Giselle Velazquez
Dirección de Tesis: Dra. Cecilia Dufilho

MAXIMOS HISTORICOS DE ARSENICO EN AGUA

Autor: Vanesa Giselle Velazquez
Figura 15
Fecha: Abril 2016
Versión 1.0



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis realizado se determina que todos los departamentos de la Provincia de Neuquén han sido relevados durante el periodo 1986 - 2004. En los departamentos Aluminé, Los Lagos, Lácar, Huiliches, Zapala, Picunches, Loncopué, Ñorquín, Pehuenches, Chos Malal y Minas la concentración de arsénico hallada en cualquiera de los orígenes identificados es menor a 0,05 ppm, encontrándose dentro de los límites permitidos según la Resolución 182/00 de la provincia de Neuquén.

Según los resultados del muestreo realizado, se infiere que el arsénico en el agua de la provincia de Neuquén es de origen natural dado que, el contenido de arsénico en el agua subterránea se debería al flujo del agua a través de las rocas sedimentarias (especialmente las compuestas por cenizas volcánicas) que contienen arsénico, el cual es disuelto y transportado por el agua. Para especificar la dinámica del transporte en el medio poroso y las interacciones físico químicas que suceden a lo largo del flujo es necesario llevar a cabo un modelo de transporte adecuado y un análisis geoquímico del subsuelo de las regiones involucradas.

Se ha definido que la presencia de arsénico en el agua subterránea de la provincia de Neuquén se distribuye en una faja aproximadamente norte-sur ubicada en la región este de la provincia, en el área circundante a la confluencia de los ríos Limay y Neuquén. Esto puede ocurrir debido al mayor tiempo de residencia del agua en los acuíferos localizados en el Grupo Neuquén. En la región oeste de la provincia el contenido de arsénico en el agua subterránea es menor a 0,05 mg/L posiblemente debido al menor tiempo de residencia del agua en los acuíferos, mayores precipitaciones y la vinculación con los recursos hídricos superficiales de buena calidad.

Todos los cursos de agua superficiales muestreados en la provincia de Neuquén se encuentran dentro de los límites permitidos de arsénico según la Resolución 182/00 de la provincia de Neuquén. Pero, en los sistemas lóticos los procesos ocurren en un corto período de tiempo, por lo que es más difícil la detección de fenómenos puntuales como crecidas o aluviones que podrían aportar altas concentraciones de arsénico. Por lo tanto, no se pueden descartar eventos con aporte de arsénico sobre todo en las áreas de escorrentía superficial asociadas a rocas volcánicas.



El máximo histórico de concentración de arsénico en agua subterránea y de origen sin identificar es 3,00 ppm. Este valor corresponde a la clasificación “origen sin identificar” (determinado en Plaza Huincul tomada en el año 1992). Por lo que se recomienda realizar un nuevo muestreo en aquellas localidades con presencia de arsénico en agua con concentraciones mayores a la permitida por la Res. 182/00 con dicha clasificación.

Si bien el departamento Confluencia es el que presenta mayor cantidad de muestras positivas de arsénico en agua según la Resolución Provincial 182/00, se debe tener en cuenta que es el departamento mayormente analizado, fundamentalmente por la densidad de población que posee. A lo largo de los 18 años se tomaron 533 muestras de agua de las cuales 26 han dado resultados positivos. Otro punto a destacar es que en dicho departamento gran porcentaje de la población cuenta con agua potable de red lo que disminuye notablemente el riesgo de exposición dado que en el agua de red las concentraciones han sido siempre inferiores a 0,05 ppm.

Sin embargo, dentro del departamento de Confluencia es posible hallar personas que se abastecen con agua subterránea, tanto en ámbito área rural como en el urbano, en los denominados “asentamientos poblacionales informal o tomas”; ellos son los más vulnerables a la exposición de arsénico hasta que sean abastecidos por la red de agua potable brindada por el EPAS.

Se considera importante brindar información a la población de Neuquén sobre el estado del agua tanto natural como potabilizada para evitar usos incorrectos de ésta, preservar la salud humana y garantizar la calidad del agua de bebida. Una contribución a esto, se realizará a través de la publicación de los resultados de esta tesis en la página web de la Universidad Nacional del Comahue.

Dada la prórroga hasta el año 2017 del Código Alimentario Argentino, Capítulo XII, para cambiar la concentración máxima tolerable en agua de bebida en todas las provincias argentinas de 0,05 ppm a 0,01 ppm; se propone, actualizar la Resolución 182/00, realizar un nuevo muestreo en el agua de la red potable, con el fin de asegurar que el agua de bebida entregada a la población adhiere al CAA y de las fuentes de abastecimiento, para saber si es necesario realizar algún tratamiento de potabilización adicional.



BIBLIOGRAFÍA

- Atondo, A. I. V., del Castillo Alarcón, J. M., Álvarez, A. G., Villalba, A. M. P., Ortiz, G. N., Urquidy, S. V. y Esquer, A. S. (2012) Contaminación del agua y suelo en el ecosistema río Agua Prieta, Sonora, México. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, Volumen XV, Número 1.
- Auge, M., Viale, G. E. y Sierra, L. (2013). Arsénico en el agua subterránea de la Provincia de Buenos Aires. In VIII Congreso Argentino de Hidrogeología La Plata. T II (pp. 58–63).
- Barrachina, A. A. C., Beneyto, F. M. y Carbonell, F. B. (1995). Arsénico en el sistema suelo-planta: significado ambiental. Universidad de Alicante. Gráficas Vidal Leuka, S. L. (pp. 6-17, 103-107).
- Bhattacharya, P., Chatterjee, D. y Jacks, G. (1997). La aparición de arsénico en acuíferos aluviales de Delta Plains, este de la India: Opciones para el agua potable de suministro. *Revista Internacional de Desarrollo de los Recursos de Agua* (pp. 13(1), 79-92).
- Bundschuh, J., Pérez Carrera, A. y Litter, M. I. (2008). Distribución del arsénico en las regiones Ibérica e Iberoamericana. CYTED. ISBN (pp.13, 978-84).
- Bocanegra, O. C., Bocanegra, E. M. y Alvarez, A. A. (2002). Arsénico en aguas subterráneas: su impacto en la Salud. In XXXII IAH and VI ALHSUD Congreso "Aguas Subterráneas y Desarrollo Humano". Mar del Plata (pp. 21-27).
- Chang, R. (2007) *Química*. 9ª edición Mc Graw, H. I. L. L., México 2007 (pp.1-2).
- Código Alimentario Argentino, (2007). Capítulo XII, Bebidas Hídricas, Agua, y Agua Gasificada, Art. 982 Agua Potable". Resol. Conjunta, 68, 2007.
- Fernández-Turiel, J. L., Galindo, G., Parada, M. Á., Gimeno, D., García-Vallés, M. y Saavedra Alonso, J. (2005). Estado actual del conocimiento sobre el arsénico en el agua de Argentina y Chile: origen, movilidad y tratamiento. II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea IV Congreso Hidrogeológico Argentino Río Cuarto.
- INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) (2009). Modelo de intervención para el abatimiento de arsénico en aguas de consumo. Informe Mayo.



- Lillo, J. (2003). Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas. Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad Rey Juan Carlos. GEMM, Grupo de Estudios de Minería y Medioambiente 2008.
- Litter, M. I., Armienta, M. A. y Farías, S. S. (2009). Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos. IBEROARSEN, CYTED, Buenos Aires, Spanish.
- Litter, M. I. (2010). La problemática del arsénico en la Argentina: el HACRE. Rev. Soc. Argent. Endocrinol. Ginecol. Reprod. (SAEGRE) (pp. 17, 5-10).
- Normas de calidad para el Agua de bebida de suministro público. Resolución de la provincia de Neuquén 182/00.
- Palacios, S. V., Guglielmino, C. M., Vereá, M. A. y Pecotche, D. M. (2012). H.A.C.R.E. Hidroarsenicismo Crónico Regional y Endémico. Arch. Argent. Dermatol (pp. 62, 233-238).
- Pastor, J., Salgado, S. G., Hernández, A. J., Quijano, M. A. y Simón, M. B. (2008). Arsénico y otros metales pesados en plantas de comunidades de pastos del cerro de la plata (Bustarviejo, Madrid). In Pastos, clave en la gestión de los territorios: integrando disciplinas (pp. 91-97). Consejería de Agricultura y Pesca.
- Programa Nacional de Minimización de Riesgos por Exposición a arsénico en Agua de Consumo – Res. Ministerial 253/01. (2012).
- Ramos, V. A., Folguera, A. y García Morabito, E. (2011). Las provincias geológicas del Neuquén. Relatorio Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén (pp. 317-326).
- Resolución Provincial 182/00. (2000). Provincia de Neuquén, Ente Provincial de Agua y Saneamiento.
- Sevilla, J. L. y Mateus, X. A. Intoxicación por arsénico (2008). ECUATORIANA (pp. 38).
- Smedley, P. L. y Kinniburgh, D. G. (2002). Una revisión de la fuente, el comportamiento y distribución de arsénico en las aguas naturales. Geoquímica Aplicada (pp. 17 (5), 517-568).
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1989). 17th ed, APHA, AWWA, WPCF, US.
- Environmental Protection Agency, EPA (1988). Special Report on Ingested Inorganic Arsenic: Skin Cancer; Nutritional Essentiality. EPA 625/3-87/013. U.S.



- OMS, Organización Mundial de la Salud. (1993). Guías para la calidad del agua potable, Geneva, Vol.1, Recomendaciones.

PAGINAS WEB

- Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas, AIC (consultada el 10 de marzo de 2015). www.aic.gov.ar.
- Ente Provincial de Agua y Sanseamiento (consultada el 1 de marzo de 2015). www.epas.gov.ar.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI), (consultada el 22 de marzo de 2016). www.esri.com
- Gobierno de la provincia de Neuquén. (consultada el 26 de marzo de 2015). www.neuquen.gov.ar.
- Gobierno de la provincia de Neuquén. (consultada el 26 de marzo de 2015). www3.neuquen.gov.ar/copade/Inicio.aspx.
- Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina (consultada el 1 de julio de 2015). www.ign.gob.ar.
- Ministerio de ambiente y Desarrollo Sustentable. (consultada el 10 de marzo de 2015). www.ambiente.gov.ar
- Zonas de concentración de arsénico (As) en el agua. Programa Nacional Mapa Educativo. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación (9 de mayo de 2016). <http://www.mapaeducativo.edu.ar/mapas/socioterritorial/arsenico/#>