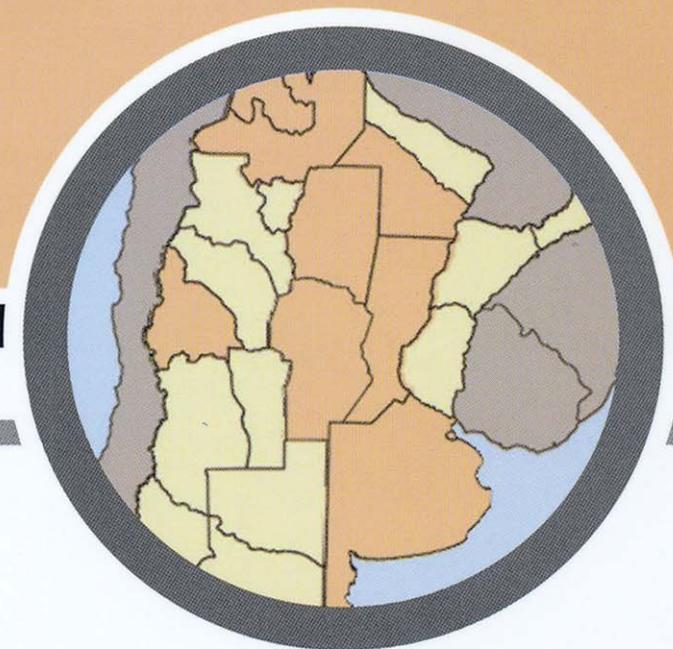


# EPIDEMIOLOGÍA DEL HIDROARSENICISMO CRÓNICO REGIONAL ENDÉMICO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

ESTUDIO COLABORATIVO MULTICÉNTRICO



MINISTERIO de  
**SALUD**  
de la NACIÓN



Asociación Toxicológica Argentina



Secretaría  
de Ambiente  
y Desarrollo  
Sustentable

## **CONAPRIS**

Comisión Nacional de Programas  
de Investigación Sanitaria.

Ministerio de Salud de la Nación  
*conapris@msal.gov.ar*

## **UnIDA**

Unidad de Investigación  
y Desarrollo Ambiental. Secretaría  
de Ambiente y Desarrollo  
Sustentable de la Nación

*unida@ambiente.gov.ar*

## **ATA**

Asociación Toxicológica Argentina  
*www.ataonline.org.ar/contacto/  
contacto.htm*

**EPIDEMIOLOGÍA DEL HIDROARSENICISMO CRÓNICO  
REGIONAL ENDÉMICO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA**



---

**ESTUDIO COLABORATIVO MULTICÉNTRICO**

# ÍNDICE

---

Prólogo	00
Instituciones de apoyo, Equipo responsable del estudio y Colaboradores	00
Agradecimientos	00
Resumen ejecutivo	00
Introducción	00
Antecedentes del hidroarsenicismo en la República Argentina	00
Planteo del problema	00
Objetivos de la investigación	00
Material y métodos	00
Resultados de la búsqueda bibliográfica	00
Resultados de los estudios realizados en las localidades de Santiago del Estero y Santa Fe	00
• Localidades de la provincia de Santiago del Estero	00
• Localidades de la provincia de Santa Fe	00
Resultados de las experiencias realizadas con prototipos	00
Conclusiones del estudio realizado sobre HACRE en la República Argentina	00
Recomendaciones	00
Epílogo	00
<b>ANEXO</b>	
Mapas de riesgo potencial por provincia y tabla resumen	00
Bibliografía	00

## ÍNDICE ANEXOS EN CD

---

ANEXO 1	
Detalles metodológicos	00
ANEXO 2	
Instrumentos de recolección de datos	00
ANEXO 3A	
Mapas de riesgo potencial por provincia, tabla resumen, cálculo de riesgo individual y poblacional	00
ANEXO 3B	
Mapa de riesgo potencial de la República Argentina	00
ANEXO 3C	
Perfiles provinciales de población en riesgo potencial	00
ANEXO 4	
Resultados del estudio: Provincia de Santiago del Estero (mapa y tablas)	00
ANEXO 5	
Resultados del estudio: Provincia de Santa Fe (mapa y tablas)	00
ANEXO 6	
Resultados de las pruebas de abatimiento (mapa y tablas)	00
ANEXO 7	
Métodos de abatimiento de arsénico en el agua de consumo	00

---

EN EL CD QUE ACOMPAÑA A LA PRESENTE PUBLICACIÓN, SE ENCUENTRAN LOS INFORMES INDIVIDUALES QUE TAMBIÉN PODRÁN SER CONSULTADOS EN LA PÁGINA WEB DE UNIDA: [www.ambiente.gov.ar/unida](http://www.ambiente.gov.ar/unida)

---

## PRÓLOGO

---

Desde el año 2004, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable a través de la Unidad de Investigación y Desarrollo Ambiental (UnIDA) comenzó a trabajar en el marco de las becas "Ramón Carrillo – Arturo Oñativía" que otorga la Comisión Nacional de Programas de Investigación Sanitaria del Ministerio de Salud de la Nación, priorizando temas y proyectos de investigación, seleccionando instituciones (ONGs y universidades), autoridades locales y becarios con quienes ejecutar los proyectos, de acuerdo con pautas definidas conjuntamente y utilizando un criterio federal que permita abarcar la mayor cobertura geográfica posible dentro de cada estudio multicéntrico.

Cabe destacar que a través de UnIDA, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable canaliza la primera experiencia de Investigación mediante becarios externos.

La Comisión Nacional de Programas de Investigación Sanitaria –CONAPRIS–, dependiente de la Subsecretaría de Relaciones Sanitarias e Investigación en Salud del Ministerio de Salud de la Nación, promueve el otorgamiento de Becas de Investigación para profesionales, cuyo objetivo es integrar y estimular las actividades de investigación y propiciar la formación de jóvenes investigadores.

En virtud de los objetivos y funciones de la Unidad de Investigación y Desarrollo Ambiental<sup>1</sup>, entre los cuales se encuentra la promoción de líneas de investigación de acuerdo con necesidades ambientales identificadas, se ha trabajado en el desarrollo de proyectos identificados como prioritarios preliminarmente, convocando a profesionales especializados para su ejecución, y delegando la coordinación de los mismos a la Organización No Gubernamental que resulte seleccionada, bajo la supervisión de la Unidad de Investigación y Desarrollo Ambiental para todos los proyectos.

---

<sup>1</sup> [www.ambiente.gov.ar/unida](http://www.ambiente.gov.ar/unida)

---

Los primeros proyectos de Investigación seleccionados e implementados en el período marzo 2005 - marzo 2006 se ocupan de los siguientes temas:

- La problemática de los agroquímicos y sus envases, su incidencia en la salud de los trabajadores, la población expuesta y el ambiente. Aprobado por Resolución MSyA N° 1221/04.
- Diagnóstico sobre el uso y manejo de plaguicidas de uso domésticos. Aprobado por Resolución MSyA N° 393/05.
- Epidemiología del Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico en la República Argentina. Aprobado por Resolución MSyA N° 393/0.

Como resultado de las investigaciones llevadas a cabo, se han obtenido resultados para todas las regiones del país, de manera simultánea, por lo que la información, además de proveer un acabado y actual diagnóstico de situación, permite la visión comparativa de las diferentes realidades coexistentes, y facilita a través del análisis, la formación de una base de informes para la toma de decisiones y el diseño e implementación de políticas y acciones concretas. Asimismo, han sido notificadas de la realización de los proyectos las administraciones provinciales de medio ambiente, en las cuales éstos tuvieron lugar.

La presente publicación tiene por objeto ofrecer la información obtenida como resultado de una de las investigaciones mencionadas: "Epidemiología del Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE) en la República Argentina", cuyos objetivos consistieron en conocer la influencia de los factores de riesgo para el desarrollo del HACRE, identificar las áreas de riesgo y experimentar con métodos alternativos de abatimiento de arsénico a través de prototipos a pequeña escala de plantas de tratamiento de agua.

Es nuestro propósito que el aporte de este estudio contribuya a la toma de decisiones que permitan el mejoramiento del abastecimiento público de agua, la implementación de métodos alternativos de abatimiento y el desarrollo de los correspondientes programas de educación para la salud y campañas de prevención que brinden información a la población con el fin de concientizar sobre los riesgos de la exposición a aguas con contenido de arsénico y posibilitar una adecuada atención de las comunidades expuestas.

**Dra. Silvia Nonna**

*Coordinadora*

Unidad de Investigación y Desarrollo Ambiental  
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación  
Buenos Aires, julio de 2006

---

## INSTITUCIONES DE APOYO

COORDINACIÓN DEL PROYECTO: Asociación Toxicológica Argentina.

SUPERVISIÓN DEL PROYECTO: Unidad de Investigación y Desarrollo Ambiental de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

## EQUIPO RESPONSABLE DEL ESTUDIO

---

BEARIO	DIRECTOR	LUGAR DE TRABAJO
Mónica Benítez	Cecilia Giménez	Cátedra Química Analítica General. Universidad Nacional del Nordeste, Chaco.
Marcelo Biaggini	Roberto Biaggini	Asociación Toxicológica Argentina. Salta.
Ximena Cáceres	Roberto Cáceres	Instituto de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan.
Gabriela González	Raúl G. Badini	CEPROCOR, Córdoba.
Raúl Grigolato	Elisa Kaczan	Cátedra de Toxicología y Bioquímica Legal. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
Adriana Hick	Marta Carballo	CIGETOX (Citogenética y Genética Toxicológica). Dto. de Bioquímica Clínica. Cátedra de Análisis Clínicos I. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional de Buenos Aires.
Silvia Molina	Daniel Gómez	Laboratorio de Química II, Biología I y Biología II. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan.
Mónica Olivera	Edda Villaamil	Laboratorio de Toxicología y Química Legal. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional de Buenos Aires.
Claudia Swiecky	Susana García	Asociación Toxicológica Argentina, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
Javier Tschambler	Graciela Bovi	Laboratorio InQA (Investigación Química Aplicada) Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy.

---

---

**COORDINADORA OPERATIVA:**

Dra. Claudia Swiecky

**COORDINADORES GENERALES**

Prof. Dra. Susana I. García

Prof. Dra. Edda Cristina Villaamil Lepori

**COLABORADORES**

Gladys Paredes. Programa HACRE. Ministerio de Salud. Santiago del Estero.

Silvia Farías. Comisión Nacional de Energía Atómica. Buenos Aires.

Rebeca Ponce. Laboratorio InQA. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy.

Inés Moreno. Dirección de Promoción y Protección de la Salud. Ministerio de Salud de la Nación.

---

#### **AGRADECIMIENTOS**

- Equipo de Salud del Hospital de Monte Quemado, Santiago del Estero.
- Equipo de Salud de APS (Atención Primaria de la Salud) de Monte Quemado, Santiago del Estero.
- Ministerio de Salud, Santiago del Estero.
- Ministerio de Salud, Santa Fe.
- Autoridades comunales de Providencia. Santa Fe.
- Dinoraz Vélez Pacios. Instituto de Agroquímicos y Tecnología Alimentaria. Consejo Superior de Investigación. Valencia, España.
- Ernesto De Titto. Unidad Coordinadora de Salud y Ambiente. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.
- Mirta Ryczel. Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones. Dirección de Promoción y Protección de la Salud. Ministerio de Salud de la Nación.
- Gerardo Sandalí. Dirección de Salud Ambiental, Chubut.
- Graciela Abriata. PRESEC (Programa de Residencia en Epidemiología de Campo). Ministerio de Salud de la Nación.
- Leandro Fernández. UnIDA. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.
- Griselda Galindo. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Jorge Álvarez y Silvia Rivero. Programa de Minimización de Riesgos por Exposición a Arsénico en Agua de Consumo del Departamento de Salud Ambiental de la Dirección de Promoción y Protección de la Salud. Ministerio de Salud de la Nación.
- Ricardo Benitez. Departamento de Salud Ambiental de la Dirección de Promoción y Protección de la Salud. Ministerio de Salud de la Nación.
- Grupo San Juan - Mendoza. Programa de Equipos Comunitarios para Pueblos Originarios. Ministerio de Salud de la Nación.
- Comité de Ética del Hospital Nacional Prof. A. Posadas.

**Y muy especialmente a los habitantes de las localidades de Santiago del Estero y Santa Fe donde se efectuaron los trabajos de campo.**

## RESUMEN EJECUTIVO

---

La contaminación de agua provocada por arsénico (As) es un serio problema de salud pública de importancia a nivel mundial debido al poder carcinógeno y neurotóxico del elemento. El arsénico no sólo está presente en las aguas subterráneas sino también en las aguas superficiales, y su origen varía de acuerdo con la zona que se considere.

Se define como **Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE)** a la enfermedad producida por el consumo de arsénico a través del agua y los alimentos. Esta enfermedad se caracteriza por presentar lesiones en la piel y alteraciones sistémicas cancerosas y no cancerosas, luego de un período variable de exposición a concentraciones mayores de 10 ppb en agua de consumo diario. Estudios recientes han demostrado que la población infantil expuesta durante el período prenatal y posnatal puede tener menor desempeño neurológico que los niños no expuestos.

A excepción de algunos pocos casos (minas y fundiciones), el origen del arsénico es natural y está relacionado con el volcanismo y la actividad hidrotermal asociada de la cordillera de los Andes. La dispersión secundaria a través de aguas superficiales ha sido el mecanismo dominante que ha llevado al arsénico hasta la costa atlántica.

La exposición se ha limitado generalmente al agua de pozo, y como medidas mitigadoras se han construido acueductos desde ríos con bajo contenido de arsénico y se han instalado algunas plantas de tratamiento para reemplazar o tratar el agua no apta para consumo.

El propósito del presente estudio colaborativo fue identificar poblaciones con riesgo de enfermar por exposición a arsénico en agua de bebida a través de una metodología de evaluación de exposición y de daños a la salud que considerara los múltiples factores de riesgo (dietarios, genéticos) y las diferentes manifestaciones clínicas y subclínicas (mutagénicas, cutáneas, neuroconductuales), así como identificar tecnologías de abatimiento eficientes y adecuadas a las necesidades de dichas poblaciones.

El estudio tuvo tres componentes:

- 1) un estudio descriptivo transversal para identificar demográficamente y geográficamente los departamentos provinciales con mayor riesgo potencial de enfermar o morir por los efectos del arsénico en aguas de consumo en base a la revisión de la bibliografía disponible.

---

Se obtuvieron datos de concentraciones de arsénico en aguas superficiales y subterráneas sobre 15 provincias del país e información sobre morbilidad relacionada a la exposición crónica al arsénico. Se definió como población en riesgo potencial a aquella comunidad residente en departamentos que podrían consumir agua con concentración histórica de arsénico por encima de 50 ppb. Se calculó el riesgo individual y poblacional para los efectos cancerígenos y no cancerígenos del arsénico en localidades seleccionadas según la metodología de la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de los Estados Unidos (ATSDR) y OMS.

2) un estudio descriptivo transversal en dos poblaciones expuestas a diferentes concentraciones de arsénico en agua de consumo. Este estudio se realizó en varias localidades rurales dispersas del Departamento de Copo de la Provincia de Santiago del Estero y en la localidad de Providencia de la Provincia de Santa Fe. El estudio incluyó: a) Evaluación clínica, toxicológica y epidemiológica mediante examen físico y encuesta epidemiológica; b) Evaluación analítica ambiental y biológica: análisis de agua y alimentos, determinación de biomarcadores de exposición y efecto, y ensayos de genotoxicidad.

3) Simultáneamente, se realizó un estudio experimental en la provincia de San Juan: utilizando un procedimiento de corrosión electroquímica de hierro metálico, se diseñaron prototipos de pequeña y mediana escala para abatimiento del As en agua.

4) Finalmente, con los datos relevados en diferentes provincias se confeccionó un mapa de riesgo de todo el país.

En el año 2001, la población argentina expuesta se estimaba en aproximadamente un millón de personas (3% de la población del país). Se estima hoy que la población que habita en áreas con aguas arsenicales presentadas en este trabajo es alrededor de 2.500.000 habitantes, casi el 7% de la población del país. Las áreas arsenicales identificadas suman alrededor de 435.000 Km<sup>2</sup> de superficie.

El 43% de los departamentos afectados (N=24) tienen más del 30% de su población con necesidades básicas insatisfechas. Interesa recalcar también que el 45% de los departamentos con concentraciones de As en agua mayores a 50 ppb tienen un porcentaje de población analfabeta mayor al 5%.

La investigación realizada en Santiago del Estero encontró que, dentro de la población estudiada, un alto porcentaje de personas está seriamente expuesta al As por el agua de bebida y los alimentos cocinados, hecho evidenciado por las concentraciones de As en el agua, los alimentos, y la excreción elevada de As en orina.

En cuanto a las manifestaciones clínicas, la prevalencia de HACRE fue del 14%, siendo llamativo el hecho de haber observado estas manifestaciones en menores de 15 años.

A diferencia de estudios realizados en otros países, no se encontraron por examen físico, signos o síntomas vasculares periféricos relacionados a la exposición crónica al arsénico, apoyando la hipótesis de que las manifestaciones del arsenicismo en nuestro país tienen características propias y distintivas.

---

Los resultados de pruebas de genotoxicidad mostraron que los individuos estudiados de Santiago del Estero, donde las concentraciones de As en agua son mayores, presentan efecto citotóxico (Índice Mitótico); incremento en la inestabilidad cromosómica (Intercambio de Cromátides Hermanas); modificaciones en el Índice de Replicación (Cinética de Proliferación Celular); e incremento en la frecuencia de Micronúcleos evidenciando el efecto aneunógenidad y/o clastogenicidad del As.

Por su parte, la situación para la población estudiada de Santa Fe no evidencia diferencias significativas en los biomarcadores analizados. Esta puede ser la consecuencia de que los habitantes de esta localidad han sido advertidos desde hace varios años acerca de la contaminación de la capa freática y, según datos reportados para este estudio, evitan en lo posible, beber agua de pozo, resultando en una exposición menor.

Las plantas de abatimiento de As en agua probadas en El Encón (San Juan) durante el tiempo de la investigación aseguran la remoción del 90% del elemento, por lo que deberían considerarse como una alternativa costo eficiente para resolver el problema en comunidades rurales y en particular, dispersas. Sin embargo, la tecnología apropiada será la que la comunidad entienda, acepte y esté dispuesta a mantener en el tiempo.

**Como recomendaciones del estudio surgen las siguientes:**

**a)** conformar una base de datos única con los resultados de los monitoreos que se realizan actualmente sobre el estado físico-químico de las aguas de todo el país a los fines del análisis tanto local como central y colabore en la toma de decisiones y las evaluaciones financieras pertinentes.

**b)** para que los datos resulten confiables y comparables, se debería armonizar la metodología de recolección, procesamiento y análisis de muestras ambientales.

**c)** aumentar la capacitación del equipo de salud que opera en áreas de riesgo de HACRE a los fines de la prevención, la detección precoz y el tratamiento oportuno.

**d)** brindar asistencia sanitaria integral en el menor tiempo posible, a la población infantil estudiada en Santiago del Estero que presenta valores de arsénico urinario superiores al nivel de intervención sanitaria que recomienda la OMS (50 µg/g de creatinina en orina).

**e)** considerar la realización de estudios a gran escala para conocer en detalle las manifestaciones sistémicas del HACRE en nuestro país, así como los factores de mayor riesgo o aquellos que podrían ser protectores (patrones de biotransformación y excreción) con el fin de realizar acciones intersectoriales que protejan la salud de los individuos expuestos.

**f)** promover evaluaciones de costo efectividad de las técnicas de abatimiento disponibles y evaluaciones económico-sanitarias para la implementación de programas de abastecimiento de agua segura en las localidades donde la población se encuentra expuesta a riesgo de HACRE.

Palabras clave: hidroarsenicismo, HACRE, salud, epidemiología, agua, cáncer.

---

**EPIDEMIOLOGÍA DEL HIDROARSENICISMO CRÓNICO  
REGIONAL ENDÉMICO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA**



## INTRODUCCIÓN

---

*"Frente a las enfermedades que genera la miseria, frente a la tristeza, la angustia y el infortunio social de los pueblos, los microbios, como causas de enfermedad, son unas pobres causas".*

*Ramón Carrillo (1906-1956)*

Al hablar del agua nos enfrentamos a una paradoja. Es el elemento más abundante de la Tierra y, a su vez, escasea en muchos lugares. Da la vida y, en ocasiones, la quita. Une y separa. No le concedemos valor, y su falta paralizaría nuestra vida. A pesar de todo, cualquier cosa que tiene que ver con el agua ejerce una atracción irresistible. Los ríos, los lagos, las fuentes y los manantiales han tenido y tienen un papel esencial en la vida del planeta.

El agua dulce potable supone solamente el 0,008% del agua terrestre y está distribuida de forma muy irregular en la superficie del planeta, lo que hace que en ocasiones su uso plante complejos problemas.

Los distintos pueblos y civilizaciones han dedicado múltiples esfuerzos a proveerse de agua en cantidad y calidad suficiente para su vida cotidiana y para sus economías. El agua potable domiciliar es una conquista reciente en muchos lugares. Hoy día nos parece un servicio irrenunciable pero, desgraciadamente, no lo es en muchos lugares del planeta. En las áreas urbanas del tercer mundo 170 millones de personas carecen de agua limpia para satisfacer sus mínimas necesidades: beber, cocinar o lavarse. En las áreas rurales de estos países, el panorama es más sombrío ya que alcanza a casi 885 millones.

La población con situaciones deficitarias en servicios de agua potable y saneamiento se considera como "población en riesgo sanitario" o expuesta a contraer enfermedades relacionadas con el agua; situación que se ve agravada por el hecho de que alguna de ellas se localizan en áreas de alta incidencia de estas enfermedades.

Algunas investigaciones han estimado que el 80% de todas las enfermedades y el 33% de las muertes en los países en desarrollo están relacionados con la inadecuada calidad del agua,

y cuatro de cada cinco enfermedades endémicas en los países en vías de desarrollo se deben al agua sucia o a la falta de instalaciones sanitarias. La Organización Mundial de la Salud (OMS) informó que las enfermedades ligadas al modo de vida y al ambiente son responsables de las tres cuartas partes de los 49 millones de defunciones que se producen en el planeta cada año. Además, 2.500 millones de personas sufren enfermedades asociadas a la contaminación del agua y a la falta de higiene, señalando una estrecha correlación entre la insuficiencia y calidad del recurso y la ocurrencia de enfermedades de origen hídrico.

Pero el recurso agua no solo es necesario para la salud pública en los núcleos de población, sino también para la producción económica en los sectores agrario, industrial y de servicios, y para cubrir una función medioambiental de mantenimiento de equilibrios ecológicos vinculados al medio acuático y a los valores paisajísticos, de manera que la "oferta" y la "demanda" de los recursos deben ser "ajustadas", en términos de sustentabilidad.

Con las denominaciones de *agua potable de suministro público* y *agua potable de uso domiciliario* se entiende "la que es apta para la alimentación y uso doméstico, la que no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radioactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud" (Código Alimentario Argentino-CAA - Art. 982).

La composición química del agua viene determinada por la cantidad y tipo de sustancias que contiene; ésta puede ser modificada por factores externos –acción antropogénica básicamente o natural– y es entonces cuando cabe hablar de contaminación. El concepto de calidad del agua no depende de su composición (sea natural o que derive de factores externos), sino también del uso para el que se destina.

La magnitud de cualquier problema de contaminación depende de varios factores, como el tamaño de la zona afectada, la cantidad de contaminante implicada, la solubilidad, la toxicidad y densidad de contaminante, la composición mineral, y las características hidrológicas del terreno en el cual se mueve el contaminante.

La contaminación de agua provocada por arsénico (As) es un serio problema de salud pública de importancia a nivel mundial debido al poder carcinógeno y neurotóxico del elemento. El arsénico no solo está presente en las aguas subterráneas sino también en las aguas superficiales, y su origen varía de acuerdo con la zona que se considere.

Se han reportado áreas endémicas con altos contenidos de As inorgánico en aguas de bebida en Taiwán (Chen, 1985), México (Cebrián, 1994), Argentina (Astolfi, 1981; Sastre, 1992a; Sastre, 1992b), Chile (Sancha, 1992), y más recientemente India (Chowdhury, 1997) donde fueron observados muchos signos y síntomas de hidroarsenicismo.

Se define como **Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE)** a la enfermedad producida por el consumo de arsénico en aguas de bebida. Esta enfermedad se caracteriza por presentar lesiones en la piel y alteraciones sistémicas cancerosas y no cancerosas, luego de un período variable de exposición a concentraciones mayores de 10 ppb en agua de consumo diario (bebida y preparación de alimentos).

Los efectos tóxicos del arsénico afectan a personas de todas las edades, principalmente a aquellas que viven en la pobreza y con desnutrición. De esta manera, se han identificado como grupos susceptibles:

- **Niños:** son especialmente susceptibles debido a que la dosis de arsénico será, en promedio, mayor que la de los adultos expuestos a concentraciones similares, ya que su ingesta de líquidos y alimentos es relativamente alta en comparación con su peso corporal.
- **Mujeres embarazadas y en lactancia:** especialmente vulnerables debido a los posibles efectos adversos del arsénico sobre la reproducción y el desarrollo.
- **Individuos con estado nutricional deficitario:** pueden tener una capacidad disminuida para metabolizar el arsénico.
- **Individuos con enfermedades preexistentes (sobre todo renales y hepáticas):** que podrían ser más susceptibles a los efectos del arsénico, debido a que estos órganos son responsables de la destoxicación del arsénico en el organismo y son blanco de los efectos deletéreos del elemento.

El consumo de arsénico en dosis bajas y de manera crónica produciría no solo efectos en la salud sino que también se convertiría en un problema social que puede afectar a comunidades enteras.

Las características organolépticas de las aguas arsenicales no son generalmente desagradables, y los efectos tóxicos pueden observarse tardíamente. El comienzo de los síntomas puede ocurrir entre los 5 y 10 años de exposición, y las lesiones malignizarse décadas después.

Estudios recientes han demostrado que la población infantil expuesta a arsénico en agua de bebida durante el período prenatal y posnatal puede tener menor desempeño neurológico que los niños no expuestos.

Se estima que en América Latina, por lo menos cuatro millones de personas beben en forma permanente agua con niveles de arsénico que ponen en riesgo su salud. Las concentraciones de arsénico en el agua, sobre todo en el agua subterránea, presentan niveles que llegan en algunos casos hasta 1 ppm.

En el Cono Sur alrededor de uno o dos millones de personas están potencialmente expuestas a la ingestión de agua con más de 10 ppb de arsénico. El área afectada se extiende en un continuo noroeste-sureste desde la costa pacífica hasta la costa atlántica. En nuestro país el límite meridional corresponde a los cursos de los ríos Desaguadero y Colorado. El límite septentrional provisoriamente se ha fijado en el borde norte del Altiplano y en los cursos de los ríos Bermejo y Paraná (Galindo, 2005). Esta vasta zona puede subdividirse en:

- Zona cordillerana, que incluye el altiplano, la Puna y áreas limítrofes
- Zona pericordillerana
- Zona pampeana

A excepción de algunos pocos casos (minas y fundiciones), el origen del arsénico es natural y está relacionado con el volcanismo y la actividad hidrotermal asociada de la cordillera de los Andes entre 14º y 28º S. La dispersión secundaria a través de aguas superficiales ha sido el mecanismo dominante que ha llevado el arsénico hasta la costa atlántica.

Los efectos en la salud ocasionados por el arsénico están bien documentados en Sudamérica desde principios del siglo XX. Entre los casos más emblemáticos y con mayor repercusión mundial de afectación por arsénico en agua se destacan el de Belle Ville en Córdoba y el de Antofagasta en Chile. El gran número de casos de HACRE en la ciudad de Belle Ville determinó que esta patología se conociera como "enfermedad de Belle Ville" hasta 1913, año en que Goyenechea y Pusso relacionaron las patologías observadas con el consumo de agua con arsénico (1917). Esta patología fue descripta en detalle por Ayerza y la denominó "arsenicismo regional endémico" (1917). Los numerosos trabajos que se llevaron a cabo con posterioridad pusieron de manifiesto que la extensión geográfica del área afectada en Argentina es mucho más grande de lo que inicialmente se pensaba.

En 2001, la población argentina expuesta se estimaba en aproximadamente un millón de personas (3% de la población del país): 325.000 personas en Tucumán; 200.000 en Santa Fe, 117.300 en La Pampa, 100.000 en Santiago del Estero, 5.000 en Salta y 4.300 en Chaco (Ministerio de Salud de la Nación). Existen unos pocos estudios epidemiológicos publicados hasta la fecha, entre los cuales se pueden citar los que se realizaron en el este de la provincia de Córdoba (Hopenhayn, 1998), en la localidad salteña de San Antonio de Los Cobres (Concha, 1998) y en el chaco semiárido del sureste de la provincia de Salta (Sastre, 1997).

Las vías de exposición se han limitado generalmente al consumo de agua de pozo, y como medidas mitigadoras, se han construido acueductos desde ríos con bajo contenido de arsénico y se han instalado algunas plantas de tratamiento, para reemplazar o tratar el agua no apta para consumo.

El propósito del presente estudio es armonizar una metodología de evaluación de exposición y de daños a la salud que considere los múltiples factores de riesgo (dietarios, genéticos) y las diferentes manifestaciones clínicas y subclínicas (mutagénicas, cutáneas, neuroconductuales), así como establecer un mapa de riesgo que determine áreas prioritarias de acción. La devolución de los resultados obtenidos a las poblaciones y a sus tomadores de decisión contribuirá al empoderamiento de dichas comunidades.

## **ANTECEDENTES DE HIDROARSENICISMO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA**

La República Argentina presenta una gran diversidad ambiental en sus 2.812.588 km<sup>2</sup> de superficie continental. Los recursos hídricos superficiales cuentan con un caudal medio de 26.000 m<sup>3</sup>/s (820.000 millones de m<sup>3</sup>/año) con una calidad globalmente buena; sin embargo, esta media distorsiona la real distribución espacial y temporal de los recursos hídricos, ya que el 85% del total de éstos corresponden a la Cuenca del Plata (30 % del territorio y 22.000 m<sup>3</sup>/s), en tanto que las cuencas de áreas áridas y semiáridas disponen de menos del 1% del total de los recursos hídricos superficiales (11% del territorio y 223 m<sup>3</sup>/s).

Las aguas subterráneas han tenido un papel estratégico en el desarrollo socioeconómico de las regiones áridas y semiáridas como fuente de abastecimiento a la población, la industria y el riego. Las áreas urbanas, así como las rurales, se abastecen total o parcialmente con agua subterránea. No obstante, se presentan limitaciones para determinados usos debido a su calidad y vulnerabilidad a la contaminación, ya sea natural o provocada por actividades humanas. Entre algunas de ellas, se pueden mencionar los altos contenidos de flúor y arsénico, la contaminación por nitratos, y la salinización por sobreexplotación energética, agropecuaria, forestal y pesquera.

En Argentina, las normas de calidad de agua para suministro público y de uso domiciliario relacionadas con sus características físicas, químicas y microbiológicas están establecidas en el Capítulo XII del Código Alimentario Argentino. Los límites que se adoptan para los diferentes parámetros normalmente siguen los valores guías recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otras fuentes internacionales. En el caso de las concentraciones permitidas de arsénico en agua de bebida el Código mantiene el límite de 50 ppb mientras que la OMS ya recomienda un máximo de 10 ppb.

Conforme con los datos del Sistema Permanente de Información de Saneamiento (SPIDES) de 1991, de los 4.138.569 de habitantes rurales, solamente 2.358.771 poseen agua potable.

Según cifras de 1991, 1.779.858 habitantes rurales no poseen servicio alguno de agua potable. La mayoría de estos habitantes se encuentran como población dispersa, en localidades de menos de 500 personas, y el resto se encuentran en localidades de 500 a 200 habitantes

### **REGIONES CON CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO EN AGUA**

Las elevadas concentraciones de arsénico en el agua se presentan en una amplia región del norte y centro de Argentina. En esta zona, salvo en casos puntuales (explotación minera, fundiciones), no hay actividades antropogénicas que puedan generar las anomalías de arsénico observadas. Este arsénico es de origen natural, es decir, está relacionado con algunos de los diversos procesos geológicos que han afectado y afectan esta región.

La distribución de agua con alto contenido de arsénico se sucede en un continuo noroeste-sudeste desde la cordillera hasta la costa atlántica. Las aguas superficiales con concentraciones elevadas de arsénico son relativamente poco frecuentes, restringiéndose a las cuencas de La Puna y zonas limítrofes (provincias de Jujuy, Salta y Catamarca). En cambio, las aguas subterráneas afectadas demuestran una gran variabilidad y están distribuidas en amplias áreas de las provincias del norte y centro de nuestro país.

Se han realizado investigaciones sobre la presencia del arsénico en aguas subterráneas en Argentina cubriendo alrededor de los 5000 km<sup>2</sup>, con una densidad de muestreo de 1 por 50 km<sup>2</sup>. Las concentraciones de arsénico comúnmente alcanzan 4 órdenes de magnitud; su distribución y las asociaciones hidroquímicas no han sido evaluadas en relación a las estructuras geológicas y a los patrones de flujo de las aguas subterráneas en una escala más detallada.

Galindo *et al* proponen la división de la región afectada por aguas arsenicales en tres zonas, de acuerdo con las características geográficas, geológicas y climáticas:

**1 • La zona cordillerana, incluyendo el Altiplano, la Puna y áreas limítrofes.**

Las aguas arsenicales se presentan en forma de halos de dispersión bien definidos focalizados en mineralizaciones y manifestaciones termales. Las áreas afectadas son numerosas y están bien localizadas aunque diseminadas regionalmente. La dispersión a través de aguas superficiales juega un papel muy importante, presentando concentraciones de arsénico muy variables a lo largo del tiempo.

Dos ejemplos de aguas superficiales con concentraciones de arsénico mayores a 50 ppb son la cuenca de la Laguna Pozuelos en la provincia de Jujuy y la del Río Grande de San Juan.

En La Puna salteña, se presentan elevadas concentraciones de arsénico en aguas termales de las Termas de Pompeya y de Antuco; y en aguas superficiales (ríos Tocomar y San Antonio de Los Cobres).

Esta situación se prolonga hacia el sur, en las provincias de Catamarca y La Rioja (Laguna de Mulas Muertas y Laguna Brava) y hasta el norte de la provincia de San Juan (ríos Blanco, Las Taguas, Despoblados y del Valle del Cura).

En lo que respecta al arsénico en aguas subterráneas, la llanura Chaco-Pampeana tiene características muy homogéneas y suficientemente específicas para distinguirla con claridad de la zona cordillerana.

**2 • La zona pericordillerana**

En esta zona transicional, el agua arsenical se localiza en zonas de desagüe de las áreas cordilleranas y puneñas. Existen zonas no afectadas donde las concentraciones de arsénico pueden ser extremadamente bajas (Rosario de Lerma < 1 ppb).

Dos ejemplos que se pueden mencionar son la Llanura Oriental Tucumana y el salar de Pipanaco en Catamarca.

El sur de la llanura tucumana forma parte de la cuenca hidrográfica del río Salí. En su porción meridional existe un campo geotérmico de baja temperatura donde hay un gran número de pozos surgentes en un área de alrededor 3200 km<sup>2</sup>. En muchos casos, las concentraciones de arsénico superan el umbral de 50 ppb. El contenido de arsénico de las aguas subterráneas no es explicado por la recarga actual de los acuíferos, procedentes del río Salí y de los ríos que drenan las Sierras del Aconquija y Sierras del Sudoeste. Las aguas superficiales muestran concentraciones de arsénico que no superan los 10 ppb. En la llanura tucumana, pero al norte del río Salí, las concentraciones de arsénico superan los 100 ppb en el área de los Pereyra (Cruz Alta).

En el salar de Pipanaco en Catamarca también se observan concentraciones que llegan a superar los 200 ppb, como en el caso del área de Pomán. Esta cuenca también presenta manifestaciones termales (termas de Santa Teresita).

### **3 • La zona pampeana**

Limitada al noreste y al este por los ríos Bermejo y Paraná, y al oeste y al sur por los ríos Desaguadero y Colorado, se caracteriza por una disminución de las concentraciones de arsénico desde las áreas occidentales (este de Salta y oeste de Chaco, Santiago del Estero y Córdoba, sudeste de San Luis, y norte y centro de La Pampa) hacia las orientales, en el sentido del flujo del agua hacia la costa atlántica.

En la llanura semiárida del chaco salteño (entre los ríos Juramento y Bermejo) y en la provincia de Chaco, las aguas con elevadas concentraciones de arsénico son subterráneas.

En diversas zonas de la llanura chaqueña semiárida de Santiago del Estero, también se ha puesto de manifiesto la presencia de arsénico que supera los 100 ppb. En ciertos casos, se ha observado como la concentración de arsénico aumenta en profundidad, por ejemplo, en pozos ubicados en el abanico aluvial del Río Salado. En el sudoeste de la ciudad de Santiago del Estero, se han analizado aguas que portaban más de 2000 ppb de arsénico. Esta zona corresponde a un antiguo cono de deyección del río Dulce. Aquí las variaciones temporales de la concentración de arsénico pueden ser importantes como respuesta a la dilución por precipitación o entrada en los acuíferos de aguas superficiales.

En la ciudad de Belle Ville, Córdoba, se describió por primera vez el problema del HACRE en Argentina. Desde entonces, Córdoba es la provincia más estudiada, y se ha confirmado la gran extensión del área afectada con concentraciones elevadas de arsénico en agua.

En el norte de la provincia de La Pampa también se han confirmado concentraciones que superan los 5000 ppb.

Las áreas orientales de la zona pampeana se extienden por la mitad occidental de Santa Fe y Buenos Aires. Las concentraciones de arsénico suelen ser inferiores a 200 ppb en aguas subterráneas, aunque en amplias regiones superan el umbral de 50 ppb. El área con concentraciones mayores a 50 ppb corresponde a la mitad oeste de Santa Fe. La población afectada en esta zona supone un 21% (185.000 habitantes) del total provincial. La mitad este, que es la próxima al río Paraná, presenta valores más bajos.

En Provincia de Buenos Aires, también se han localizado aguas subterráneas que presentan concentraciones mayores de 50 ppb, aunque no suelen superar los 100 ppb. Por ejemplo, en la Pampa Ondulada, se han encontrado concentraciones que alcanzan los 82 ppb. En la cuenca del río Salado, las concentraciones de arsénico en aguas subterráneas pueden llegar a ser del orden de varios centenares de ppb.

## PLANTEO DEL PROBLEMA

---

El flujo de información es un prerequisite para un adecuado entendimiento de cualquier problema. La falta de información a menudo limita la toma de decisiones apropiadas y razonables.

A pesar de las investigaciones realizadas hasta la fecha en nuestro país, no existe aún una base de datos única con información detallada (áreas y población expuesta, localización y propiedad de los pozos, año de construcción, etc.) de la extensión y magnitud del problema de las aguas arsenicales, tanto a nivel nacional como local.

Esta falta de información ha demorado las medidas dirigidas a solucionar el problema en las áreas afectadas.

### OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

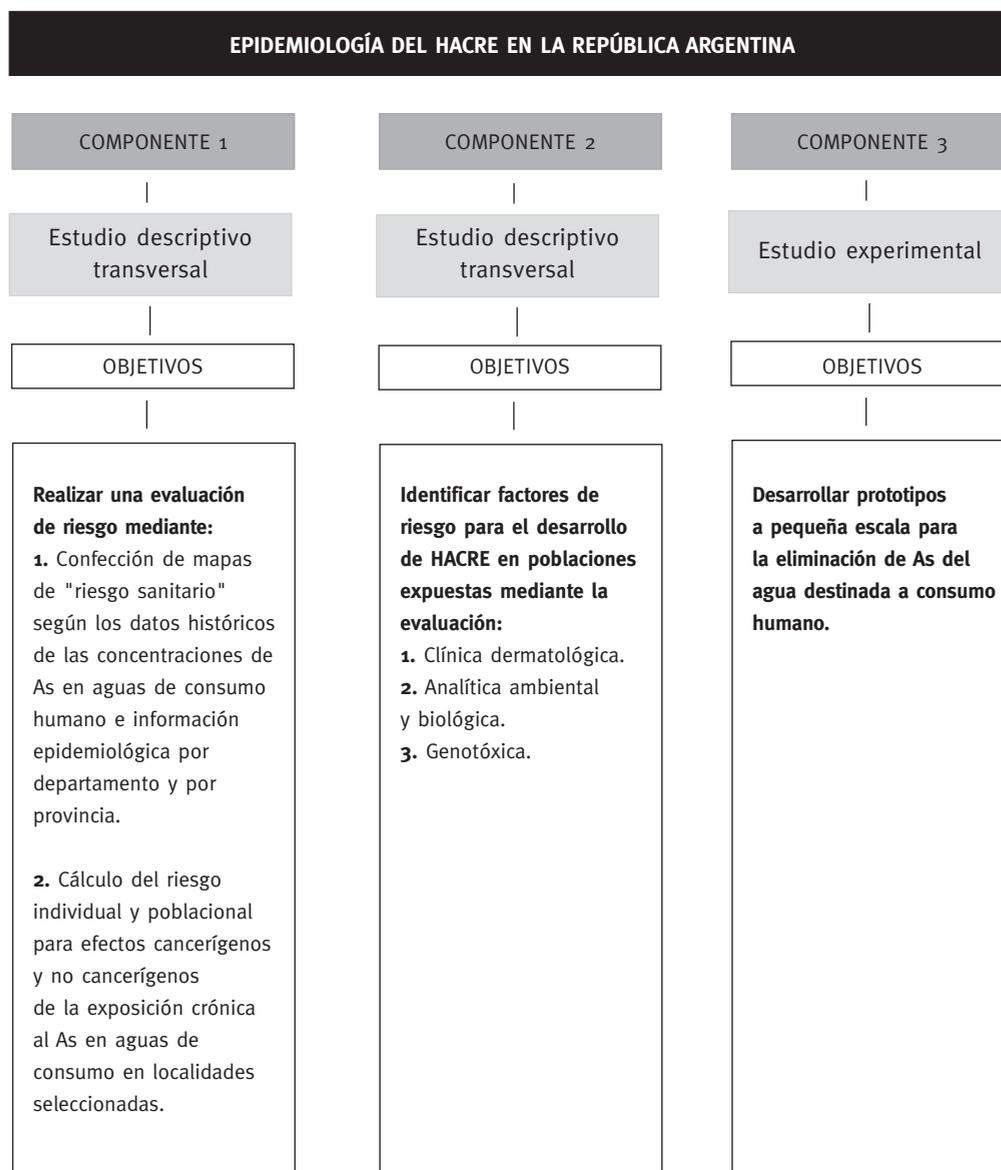
#### GENERAL

Mejorar el conocimiento de los factores de riesgo para el desarrollo de Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico e identificar áreas prioritarias para el mejoramiento del abastecimiento público de agua, la implementación de métodos domésticos de abatimiento de arsénico y medidas educativas para reducir la exposición.

#### ESPECÍFICOS

- Identificar las zonas con provisión de agua de bebida con valores mayores a 50 ppb de arsénico.
- Calcular la exposición al arsénico a través de la dieta total (agua y alimentos).
- Confeccionar un mapa de riesgo estableciendo zonas de atención prioritaria según:
  1. Los niveles de arsénico en agua de consumo humano.
    - Concentración de arsénico total.
  2. El impacto sobre la salud de la población expuesta a través de:
    - Biomarcadores de efecto mutagénico.
    - Presencia de signos dermatológicos de la enfermedad.
    - Cálculo de la exposición al arsénico a través de la dieta total (agua y alimento).
- Implementar técnicas y mecanismos de bajo costo para el abatimiento de arsénico en aguas de consumo.
- Realizar actividades de educación para la salud tendientes a informar a la población sobre la problemática y las alternativas para su solución.

### OBJETIVOS DEL ESTUDIO POR COMPONENTE



## MATERIAL Y MÉTODOS<sup>2</sup>

---

A continuación se presenta un resumen de la metodología utilizada en cada uno de los componentes mencionados anteriormente. Para mayor información, ver el anexo 1 en el CD que acompaña a la publicación.

### COMPONENTE 1

#### ESTUDIO DESCRIPTIVO TRANSVERSAL PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO POTENCIAL A NIVEL DEPARTAMENTAL

Esta etapa pudo identificar demográfica y geográficamente los departamentos provinciales con mayor **riesgo potencial** de enfermar o morir por los efectos del arsénico en aguas de consumo en base a la revisión de la bibliografía disponible.

- **Población.** Todos los antecedentes disponibles sobre:
  - Concentraciones de arsénico en aguas superficiales y subterráneas sobre 15 provincias del país.
  - Información sobre morbilidad relacionada a la exposición crónica al arsénico.
  - Datos demográficos y sociales.
- **Fuente de datos:**
  - Búsqueda bibliográfica (artículos científicos, informes de situación, etc).
  - Información de instituciones que controlan la calidad del agua a nivel provincial.
  - Otras fuentes provinciales y municipales.
  - Censo de Población y Vivienda. INDEC 2001.

---

<sup>2</sup> EL PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN CUENTA CON LA APROBACIÓN DEL COMITÉ DE BIOÉTICA "DR. VICENTE DEL GIÚDICE" DEL HOSPITAL NACIONAL PROF. ALEJANDRO POSADAS.

- **Variables:**

- Fecha de la toma de muestra de agua, origen (superficial o subterránea), departamento, provincia, concentración de arsénico (ppb), técnica de análisis.
- Número de casos de HACRE por provincia u otra información de morbimortalidad relacionada.
- Población provincial, población por departamento, porcentaje de población con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) por departamento, porcentaje de población con provisión de agua de red por departamento.

Se definió como **población en riesgo potencial** a aquella comunidad residente en departamentos que podrían consumir agua con concentración histórica de arsénico por encima de 50 ppb.

Para el análisis de los datos se confeccionó una base de datos por provincia. Se utilizó la **mediana histórica** por departamento de las concentraciones de arsénico en aguas para la confección de los mapas. Se utilizó el software SIGEPI para la creación de mapas temáticos.

Se seleccionó el indicador NBI por ser el que refleja pobreza estructural y riesgo sanitario. El porcentaje de población con provisión de agua de red fue escogido para señalar la brecha a cubrir por las acciones de control y prevención.

Para la evaluación de riesgo, se realizó la estratificación de las concentraciones de arsénico en tres niveles: menor o igual que 50 ppb (bajo riesgo), entre 51 y 100 ppb (mediano riesgo) y concentraciones mayores a 101 ppb (alto riesgo). Por su parte, los mapas referidos a los porcentajes de población NBI se realizaron con una estratificación en 4 niveles de riesgo: menor que 10% (bajo riesgo), entre 10,1 y 20% (riesgo moderado), entre 20,1 y 30% (riesgo alto) y mayor a 30,1% (riesgo muy alto).

Con el fin de completar el análisis de riesgo para las zonas afectadas por aguas arsenicales, se realizó el cálculo del riesgo individual y poblacional para los efectos cancerígenos y no cancerígenos del arsénico en localidades seleccionadas según la metodología de ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de los Estados Unidos) y OMS.

COMPONENTE 2

**ESTUDIO DESCRIPTIVO TRANSVERSAL EN POBLACIONES EXPUESTAS A DIFERENTES  
CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO EN AGUA DE CONSUMO**

Este estudio incluyó:

- **Evaluación clínica, toxicológica y epidemiológica** de poblaciones expuestas a distintas concentraciones de arsénico en agua de consumo humano mediante examen físico y encuesta epidemiológica.
- **Evaluación analítica ambiental y biológica:** análisis de agua y alimentos, determinación de biomarcadores de exposición y efecto, y ensayos de genotoxicidad.

El estudio se llevó a cabo en localidades de dos provincias (Santiago del Estero y Santa Fe) con antecedentes de exposición a elevadas y diferentes concentraciones de arsénico en aguas subterráneas:

**Santiago del Estero:** La Firmeza, Malvinas, Venado Solo, San Bernardo, Las Termas, Santos Lugares, Luján, Urutaú y Monte Quemado (localidades rurales dispersas del departamento Copo).

**Santa Fe:** Providencia (localidad rural agrupada del departamento Las Colonias).

- **Muestreo polietápico.** El marco muestral se sustenta en los datos del INDEC basados en el Censo de Población y Viviendas, 2001.  
**1era. etapa:** Muestreo dirigido.  
**2da. etapa:** Muestreo probabilístico.
- **Muestreo probabilístico.** La unidad de observación fue las **manzanas** que componen cada una de las localidades. (El número de manzanas seleccionadas se definió con una probabilidad proporcional al número de viviendas existentes en cada comuna). Para las poblaciones rurales dispersas, se seleccionaron cuadrículas que hacen el equivalente a las manzanas y de ahí se procedió a una selección aleatoria de las mismas.
- **Muestreo aleatorio simple de conglomerados compactos.** Se definió la **vivienda** como unidad secundaria de muestreo.
- **Muestreo por cuotas:** para la selección de los individuos de las viviendas que fueron invitados a participar del estudio.

**Criterios de exclusión** de los individuos para responder la encuesta:

- Menores de 18 años
- Discapacitados mentales
- Discapacitados auditivos
- Personal de servicio (doméstico o similar)
- Personas que están de paso en el domicilio y son de otro lugar.
- Personas que rehúsen contestar la encuesta.

### **SANTIAGO DEL ESTERO:**

En las viviendas seleccionadas, se realizó una encuesta para relevar información epidemiológica (ver ANEXO 2 en CD) a los jefes de hogar que dieron su consentimiento y se recogieron muestras de agua de la fuente de la que se aprovisionan para beber y cocinar.

A los individuos seleccionados que dieron su consentimiento, se les extrajo muestras de sangre, orina y mucosa bucal para las determinaciones analíticas y se les realizó la evaluación clínica dermatológica a cargo de un médico dermatólogo.

Para la **evaluación neuroconductual** se seleccionaron (muestreo dirigido) las escuelas de las localidades de Urutaú, Monte Quemado, Luján y La Firmeza. Las pruebas se realizaron a la totalidad de los niños entre siete y doce años y estuvieron a cargo de psicólogas y psicopedagogas.

La metodología para la realización de encuestas y examen médico dermatológico, recolección, conservación, transporte y procesamiento de muestras biológicas y ambientales fue consensuada por los investigadores siguiendo las normativas existentes y reconocidas a nivel internacional y nacional.

Para poder realizar el cálculo aproximado de la exposición al arsénico a través de la dieta total (agua y alimentos) y en base a las posibilidades locales, se recogieron alimentos preparados de las dietas de tres familias de estas localidades y de un comedor escuela. Simultáneamente se realizó la recolección aleatoria de muestras de alimentos crudos (verduras y hortalizas de huertas en la localidad de Urutaú) y procesados a fin de realizar un relevamiento de concentraciones de arsénico en los mismos. Esta recolección fue coordinada por una especialista en alimentos.

- **Recolección de datos**

Las encuestas fueron realizadas por equipos conformados por personal de la Universidad Nacional de Jujuy y personal de salud de las localidades (agentes sanitarios). Durante la recolección de muestras de agua, los equipos utilizaron los protocolos de recolección de muestras ambientales que se pueden consultar en el ANEXO 2 del CD. Los resultados de la evaluación médica dermatológica se volcaron en fichas individuales (ver ANEXO 2 en CD).

- **Evaluación dermatológica**

Se realizaron 2 viajes a la localidad de Monte Quemado. La población estudiada fue de 218 personas. Se evaluaron pacientes ambulatorios citados por los agentes sanitarios en el Hospital Provincial de Monte Quemado, el Puesto Médico de Urutaú y en escuelas del lugar. Los individuos evaluados fueron inscriptos en el archivo del nosocomio registrándose: motivo de consulta, antecedentes de la enfermedad actual, antecedentes patológicos personales, estudios previos realizados, terapéutica y evolución. Se registraron como sanos o dudosos aquellos que no cumplían con la definición de caso.

#### **DEFINICIÓN DE CASO PROBABLE DE HACRE**

##### **Individuos de cualquier edad y sexo con:**

- *Historia de al menos 6 meses de exposición a niveles de arsénico mayores a 50 ppb en agua de consumo diario (bebidas y preparación de alimentos), y*
- *Manifestaciones cutáneas características de HACRE (al menos una):*
  - *Hiperqueratosis (difusa o nodular de palmas y/o plantas).*
  - *Melanodermia (hipo o hiperpigmentación, difusa o puntiforme de piel y/o mucosas).*
  - *Cáncer de piel (Enfermedad de Bowen / Carcinoma espinocelular / Carcinoma basocelular, múltiples y en zonas no expuestas).*

En todos los casos se descartó la exposición al As por otras vías (inhalatoria). Los casos fueron clasificados en: pacientes con patologías no cancerígenas y pacientes con patologías cancerígenas. A los primeros se les indicó tratamiento tópico (queratolíticos). A los segundos se los incluyó en el registro de pacientes oncológicos para su posterior iconografía, biopsia, intervención quirúrgica con criocirugía y seguimiento.

#### **SANTA FE**

En las viviendas seleccionadas se realizó una encuesta para relevar información epidemiológica (ver ANEXO 2 en Cd) a los jefes de hogar que dieron su consentimiento; y se recogieron muestras de agua pozos de las mismas.

A los individuos seleccionados que dieron su consentimiento se les extrajo muestras de sangre, orina y mucosa bucal para las determinaciones analíticas y se les realizó una evaluación clínica dermatológica a cargo de un médico dermatólogo.

La metodología para la realización de encuestas y examen médico dermatológico, recolección, conservación, transporte y procesamiento de muestras biológicas y ambientales fue consensuada por los investigadores siguiendo las normativas existentes y reconocidas a nivel internacional y nacional.

- **Recolección de datos**

Las encuestas fueron realizadas por equipos conformados por personal de la Universidad Nacional del Litoral. Se utilizaron los formularios de encuesta que se adjuntan (ver ANEXO 2 en Cd).

Durante la recolección de muestras de agua, los equipos utilizaron los protocolos de recolección de muestras ambientales que se adjuntan (ver ANEXO 2 en Cd).

- **Evaluación dermatológica:** Se realizó anamnesis y examen físico a 31 individuos de los 84 invitados a participar de la investigación; 20 de sexo femenino y 11 masculino. Todos eran mayores de 15 años; con tiempo de residencia en la localidad mayor a 5 años y concentración de As urinario conocida. Se evaluaron pacientes ambulatorios con la misma metodología seguida en Santiago del Estero.

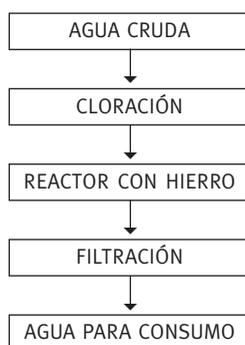
- **Muestras de Orina:** De acuerdo a los valores hallados en las muestras de agua de consumo de cada hogar y a la estratificación de los mismos en rangos de 0 a 25 ppb, 26 a 50 ppb, 51 a 75 ppb y mayor a 76 ppb, se solicitó a los participantes (mayores de 15 años de edad y con residencia no menor a un año en la localidad), una muestra de orina.
- **Muestras de Sangre:** Se recolectaron 10 ml de sangre heparinizada por punción venosa en condiciones de esterilidad, empleándose para el ensayo Cometa una alícuota de 1 ml. El remanente fue empleado por el Laboratorio del CIGETOX de la UBA.

COMPONENTE 3

### ESTUDIO EXPERIMENTAL

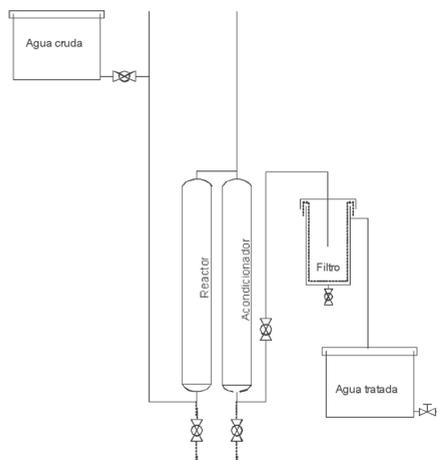
Utilizando un procedimiento de corrosión electroquímica de hierro metálico, se diseñaron prototipos de pequeña y mediana escala para abatimiento del arsénico en agua de consumo humano. La investigación se realizó en la localidad de El Encón, departamento 25 de mayo, San Juan.

### DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO

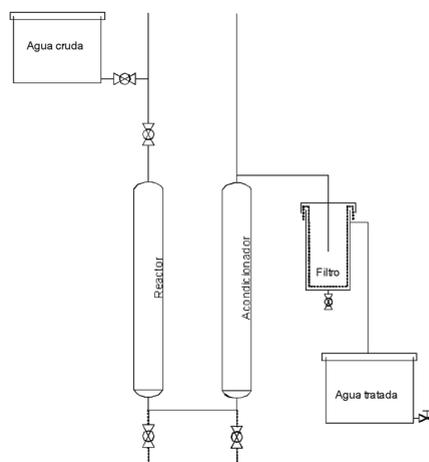


Los ensayos se efectuaron en reactores cuyos volúmenes variaron para diferentes escalas de 80 a 4000 cm<sup>3</sup>. El material de relleno de los reactores en los diferentes ensayos varió desde lana de hierro (virulana), para las escalas menores, a viruta de hierro y trozos de hierro, para las escalas mayores.

Alimentación inferior del reactor



Alimentación superior del reactor



Se realizaron ensayos continuos en una planta de tratamiento con alimentación inferior. El reactor posee un volumen de 680 cm<sup>3</sup> y se lo llenó con 380gr de viruta de hierro.

Para los ensayos se utilizaron aguas subterráneas de El Encón, Departamento 25 de Mayo, Provincia de San Juan, que poseen un contenido máximo de arsénico de 280 ppb (datos de la UNSJ, 2005).

Se efectuaron 27 ensayos (diseño 3<sup>3</sup>) variando pH, velocidad espacial e hipoclorito agregado. Para cada variable se toman tres niveles: alto, medio y bajo. Los valores seleccionados son los siguientes:

- pH: 8,0 – 7,4 – 7,0
- velocidad espacial: 5,882 l / hora – 4,412 l / hora – 2,941 l / hora, que corresponden para este volumen de reactor a caudales de 4 dm<sup>3</sup> / h – 3 dm<sup>3</sup> / h – 2 dm<sup>3</sup> / h, respectivamente;
- hipoclorito agregado: 0,269 mMol Cl / dm<sup>3</sup> – 0,179 mMol Cl / dm<sup>3</sup> – 0,089 mMol Cl / dm<sup>3</sup>, que son equivalentes a 9,52 ppm Cl – 6,35 ppm Cl – 3,17 ppm Cl, respectivamente. Los niveles de hipoclorito agregado se efectuaron para corroborar posibles mecanismos de reacción global.

## RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

### COMPONENTE 1

Los resultados de la búsqueda bibliográfica realizada a lo largo de la investigación han sido publicados en la página web del Ministerio de Salud de la Nación. Disponible en [www.msal.gov.ar/programasnacionales](http://www.msal.gov.ar/programasnacionales) (Programa de Prevención y Control de las Intoxicaciones, Dirección de Promoción y Prevención de la Salud). Acceso libre y gratuito.

Con el fin de poder intercambiar experiencias, opiniones y bibliografía, se creó un foro para los becarios y todos los interesados en el tema. Puede solicitarse el alta en la lista de distribución enviando un mail (asunto: suscribe) a la siguiente dirección: [hacre@msal.gov.ar](mailto:hacre@msal.gov.ar).

Con la colaboración y supervisión de los expertos, se logró confeccionar una planilla de cálculo para ser usada como base de datos para reunir la información sobre calidad físico-química de las muestras de agua que se analicen en el marco de la investigación de las aguas arsenicales. Una de las ventajas de la planilla es considerar todas las variables a tener en cuenta en la recolección e interpretación de las muestras de aguas de áreas arsenicales. Esta base de datos se ha repartido entre los integrantes de la lista de distribución electrónica.

En el marco de las acciones dirigidas a la capacitación del equipo de salud sobre la problemática de las aguas arsenicales, se realizó la actualización del material bibliográfico sobre el HACRE destinado a médicos del primer nivel de atención.

### MAPAS DE RIESGO

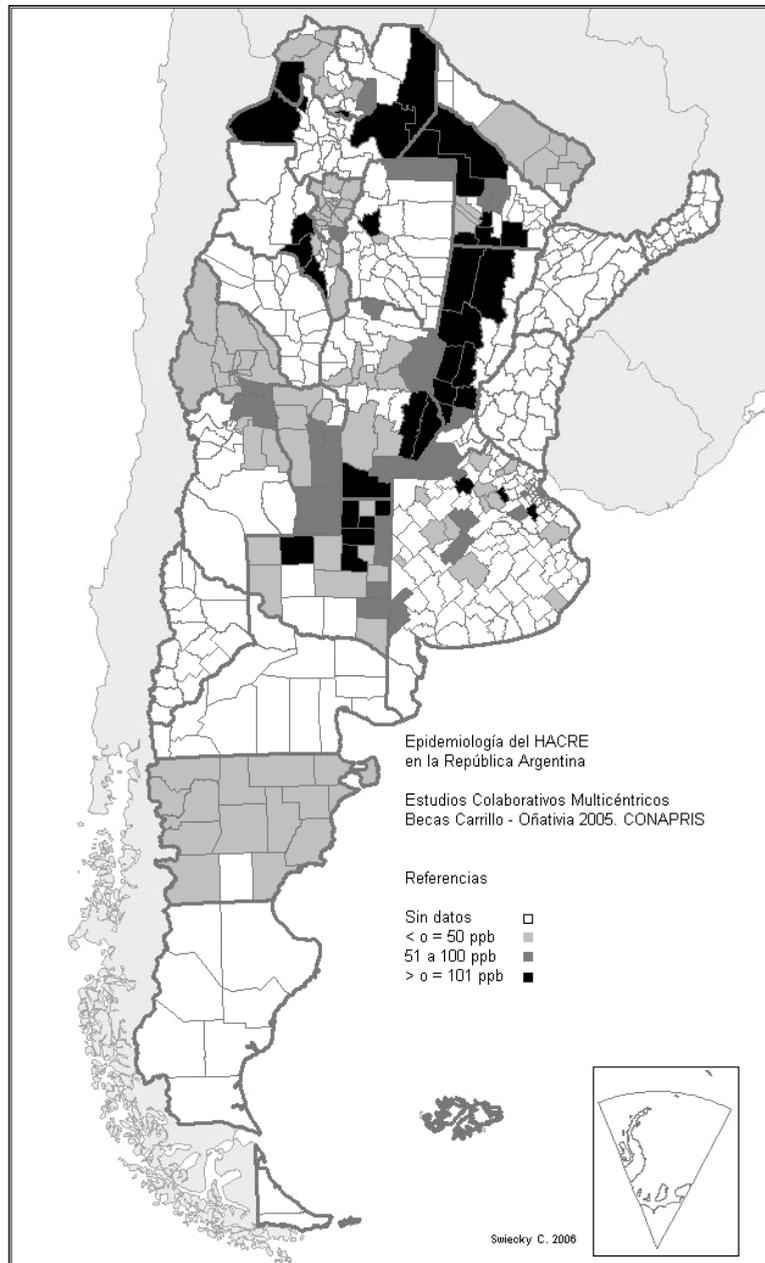
El problema de las aguas arsenicales en nuestro país es complejo en función de que el arsénico se presenta en forma cuantitativamente muy heterogénea y su distribución varía en forma vertical y horizontal en las distintas zonas.

En algunas regiones la mayor incertidumbre de la evolución química se manifiesta en sentido vertical, pues se presenta una estratificación hidroquímica muy pronunciada.

Cabe aclarar que en varias localidades ya se han implementado opciones de tratamiento para reducir las concentraciones de As, pero considerando que el período de latencia para el HACRE es de 5 años como mínimo, se considera que algunas poblaciones podrían todavía manifestar efectos clínicos.

Se recabó información sobre la problemática de 15 provincias. De ellas, se seleccionaron aquellos datos que cumplían con los criterios ya enunciados y se consolidó la información con respecto a: Formosa, Mendoza, Catamarca, Chaco, Chubut, Buenos Aires, La Pampa, San Luis, San Juan, Córdoba, Jujuy, Salta, Tucumán, Santiago del Estero y Santa Fe. (Ver mapas y tabla resumen en ANEXO de esta publicación y en ANEXOS 3 en CD)

**MEDIANA HISTÓRICA DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO  
ARGENTINA. 2006**



### ÁREAS ARSENALES

Para la confección de los mapas de riesgo potencial por exposición al As, se calculó la mediana de las concentraciones de As por departamento de los datos disponibles durante el tiempo de la investigación. Para el caso donde se disponía de menos de 3 determinaciones, se utilizó la media aritmética.

Las fuentes de datos fue variada, tomándose en cuenta desde artículos científicos hasta resultados obtenidos de las campañas de muestreo realizadas por los becarios durante el estudio (Ej.: Chaco, Formosa, San Juan, Mendoza). Al no tratarse de un mapa hidroquímico, se decidió incluir todas las mediciones realizadas disponibles sin discriminar fecha de análisis o metodología de análisis (Vasak Sedivek, HGAAS), con el objetivo de obtener un perfil que sirva de base para investigaciones y acciones futuras.

La información disponible no ofrecía detalles sobre el número de habitantes realmente expuestos a cada fuente donde se realizó la determinación de calidad físico química del agua; como así tampoco se tuvo acceso al tipo de población, rural o urbana, de manera precisa o al uso que hace cada comunidad del agua.

Se logró entonces una visión epidemiológica de riesgo al incluir el análisis de las provincias según el porcentaje de población con NBI (Censo de Población y Vivienda de 2001) general y por departamento. Para facilitar el análisis de cada provincia en la búsqueda de soluciones oportunas, se incluye también un perfil socio-económico-demográfico-epidemiológico de cada provincia y tablas con el porcentaje de población con provisión de agua de red en los departamentos identificados como de riesgo (As mayor a 50 ppb). Ver ANEXO 3c en CD.

A manera de ejemplo, se realizaron los cálculos del riesgo individual y poblacional en localidades seleccionadas (Providencia y Camarones) para los efectos cancerígenos y no cancerígenos del As. Los resultados se presentan a continuación.

### CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO CANCERÍGENO DEL ARSÉNICO

Providencia, Las Colonias, Santa Fe. 2005.

FACTOR DE POTENCIAL CANCERÍGENO	1.5 POR CADA (MG/KG/DÍA)
UNIDAD DE RIESGO	0.00005 POR CADA (µG/L)
CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA DE BEBIDA	0.104 MG/L
TASA DE INGESTIÓN DIARIA DE AGUA EN ADULTOS	2 L/DÍA
TASA DE ABSORCIÓN DIGESTIVA	90 %
PESO PROMEDIO DEL ADULTO	70 KG
POBLACIÓN TOTAL DE PROVIDENCIA	917

NOTA. EXPOSICIÓN SÓLO POR VÍA DIGESTIVA

**CÁLCULO DEL RIESGO CANCERÍGENO INDIVIDUAL:**

SEGÚN FPC:	FPC X DOSIS MEDIDA	$= 1.5 \times ( 0,104 \text{ MG/L} \times 2 \text{ L} / 70 \text{ KG} )$ $= 1.5 \times 14,56$ $= 0.0044$
SEGÚN UR:	UR X CONCENTRACIÓN MEDIDA	$= 0,00005 \times 0,104$ $= 0,0000052$

**CÁLCULO DEL RIESGO POBLACIONAL:**

INCIDENCIA DE CÁNCER =  $0.0044 \times 917 = 4$  CASOS

*La interpretación es que en el supuesto de que todos los miembros de esta población de 917 habitantes permanezcan teóricamente expuestos a una concentración permanente promedio de arsénico en el agua de bebida del orden de 104 ppb durante toda su vida, aparecería un total de 4 casos de cáncer atribuibles a este nivel de exposición.*

**CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO NO CANCERÍGENO DEL ARSÉNICO**

**Camarones, Dpto. Florentino Ameghino, Chubut.**

*En la localidad de Camarones, Dpto. Florentino Ameghino, Chubut; la concentración promedio de arsénico en el agua potable del sistema público de distribución en 2004 fue de 50 ppb . Se estima que los niños consumen en promedio un litro de agua diario. Y que un infante pesa alrededor de 10 kg.*

Dosis =  $0.05 \text{ mg} / \text{l} \times 1 \text{ L} / \text{día} \times 0.90 / 10 \text{ kg}$   
**Dosis = 0.0045 mg/kg/día**

**DOSIS – EFECTO PARA LA EXPOSICIÓN INFANTIL AL ARSÉNICO**

CLASIFICACIÓN DE DOSIS	(MG/ KG/ DÍA)	EFECTO
DOSIS DE REFERENCIA (EPA)	0.0003	LESIONES DÉRMICAS
LOAEL	0.0026	EFECTOS NEUROLÓGICOS
CAMARONES (F. AMEGHINO, CHUBUT)	0.0045	???

*Se puede esperar que la población infantil de la localidad, expuesta continuamente a niveles aun aceptables por organismos nacionales e internacionales, desarrolle efectos neurológicos de distinta magnitud.*

Se estima hoy que la población que habita en áreas con aguas arsenicales presentadas en este trabajo es alrededor de 2.500.000 habitantes, casi el 7% de la población del país. Las áreas arsenicales identificadas suman alrededor de 435.000 Km<sup>2</sup> de superficie. Existen departamentos donde la población cubierta por la red de agua no supera el 1% (Fray J. S. M. De Oro, Santa Fe) y otros en los que el porcentaje de cobertura es del 90%.

El 43% de los departamentos afectados (N=24) tienen más del 30% de su población con necesidades básicas insatisfechas. Es interesante resaltar también que el 45% de los departamentos con concentraciones de As en agua mayores a 50 ppb tienen un porcentaje de población analfabeta mayor al 5%. Esta variable es sumamente importante a la hora de la programación de acciones educativas que alerten a la población sobre la problemática y las formas aceptadas para reducir la exposición hasta que surja una solución definitiva. Ver ANEXO de esta publicación y anexo 3a y c en CD.

**RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS  
EN LAS LOCALIDADES DE SANTIAGO DEL ESTERO  
Y DE SANTA FE**

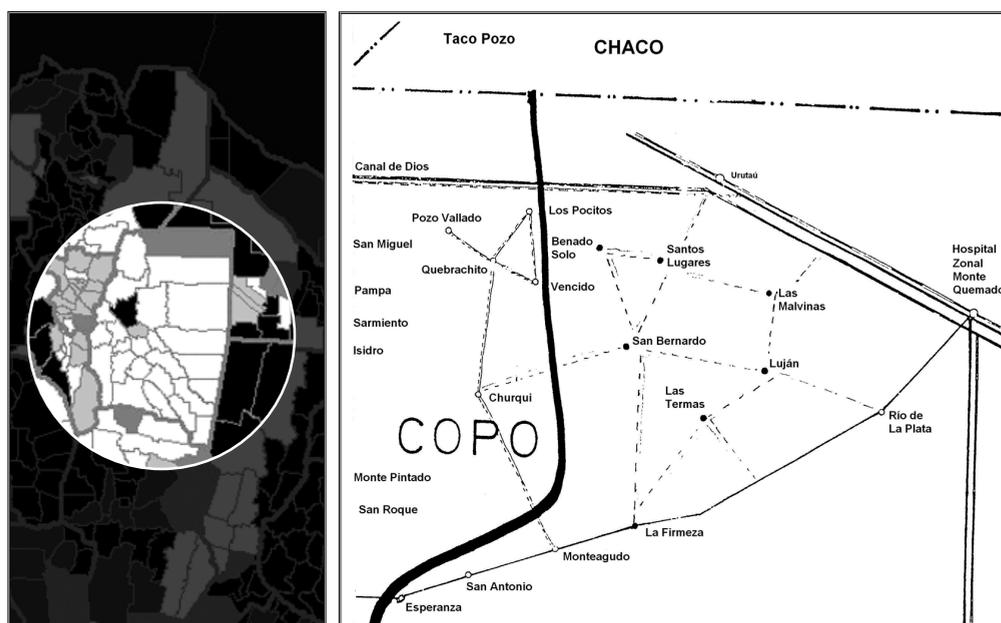


COMPONENTE 2

**LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO**

Localidades de estudio. Departamento Copo. Santiago del Estero.

Agosto-septiembre de 2005.



**Descripción del lugar de estudio**

La investigación se llevó a cabo durante agosto y septiembre de 2005 en las localidades de Monte Quemado, La Firmeza, Urutaú, Venado Solo, San Bernardo, Santos Lugares, Malvinas, Las Termas y Luján, pertenecientes al Departamento Copo de Santiago del Estero.

El departamento Copo está ubicado al norte de la provincia. Posee una superficie de 12.604 km<sup>2</sup> y una densidad poblacional de 2,1 habitantes por km<sup>2</sup>, con un 58% de población rural. La cabecera departamental es la localidad de Monte Quemado con 11.387 habitantes (Lat: 25° 48° S; Lon: 62° 49° O). Se accede por la ruta N° 5 hasta Tintina, luego hacia el norte hasta Campo Gallo, y finalmente se llega a Monte Quemado, ubicado sobre la Ruta Nacional N° 16. Los caminos son de tierra, intransitables en épocas de lluvia, lo que dificulta el ingreso y salida de la población, como así también el abastecimiento de mercaderías y la actividad económica.

El clima es semiárido cálido. El régimen de lluvias es estacional (1.394mm). Las temperaturas ascienden a 48° C en verano (media 16° C en julio; y 29° C en enero). Los suelos de la zona presentan limos y loess, muy susceptibles a las voladuras y erosión hídrica, sobre todo en los sectores donde se ha eliminado la cobertura vegetal.

Copo no cuenta con cañón de riego, lo cual dificulta la actividad agrícola. Los cultivos más comunes son maíz, garbanzos, poroto, sorgo y soja. También se realiza la cría de bovinos, lanares, porcinos y caprinos. Cuenta asimismo con una importante producción forestal de quebracho colorado y blanco.

Las familias tienen una estrategia de vida basada en subsidios estatales, jubilaciones, migraciones estacionales, y sólo un 30% trabaja en relación de dependencia. Los hombres, mujeres y niños se dedican al desmonte y pela de troncos de quebracho, con un ingreso diario promedio de 8 pesos. El porcentaje de población con NBI es de 43,5%. El 10% de los mayores de 10 años son analfabetos.

Monte Quemado cuenta con un hospital zonal (16 camas), médicos clínicos, pediatras, odontólogos, cirujanos, obstetras y enfermeros. El primer nivel de atención está representado por las Postas Sanitarias que son atendidas por enfermeros y agentes sanitarios. Los agentes sanitarios realizan actividades de prevención y promoción de la salud como inmunizaciones, control prenatal, control del niño sano y entrega de medicamentos (Plan Remediar).

Según datos proporcionados por Estadísticas y Censo de la Provincia, el 64,2% de la población rural consume agua de pozo, mientras que el 35,8% toma agua de red. Un 85,5% de la población del departamento no tiene acceso a la luz eléctrica.

Copo se caracteriza por una marcada escasez de agua superficial, por lo que la población consume agua de pozos que se encuentran a una profundidad de entre 30 y 40 metros (napa freática). La extracción de agua de los pozos artesianos se realiza utilizando baldes de cuero denominados "noque". Por lo general están cavados y estibados con quebracho colorado, y la boca de los pozos no tiene brocal.

Además de estos pozos, existen perforaciones entubadas con cañerías de 6-8 pulgadas de diámetro en localidades como Santos Lugares, Urutaú y Monte Quemado (Dirección de Minería).

Un relevamiento de campo efectuado por la Universidad Nacional de Santiago del Estero en el departamento detectó la presencia de arsénico disuelto en las aguas subterráneas que supera los 100 ppb.

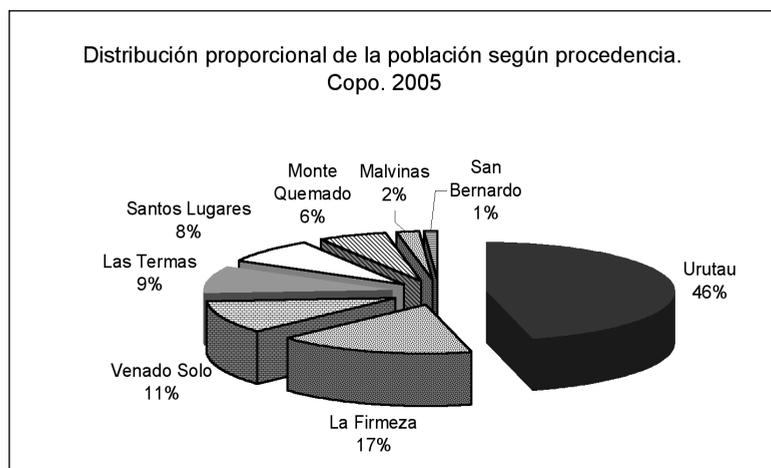
Se han detectado algunos acuíferos que contienen porcentajes menores de arsénico, los cuales son explotados por las instituciones provinciales mediante perforaciones (300-350 metros).

Monte Quemado cuenta con una moderna planta de tratamiento de agua inaugurada en 1995. Es una Planta Modular Convencional que utiliza floculación, filtros rápidos y desinfección automática de cloro. El agua cruda procede de una represa alimentada por el Canal de Dios, única agua superficial en todo el departamento. El agua es tratada y almacenada en un tanque elevado de 500.000 litros desde donde se distribuye a la población urbana mediante red. La planta es controlada por las autoridades municipales.

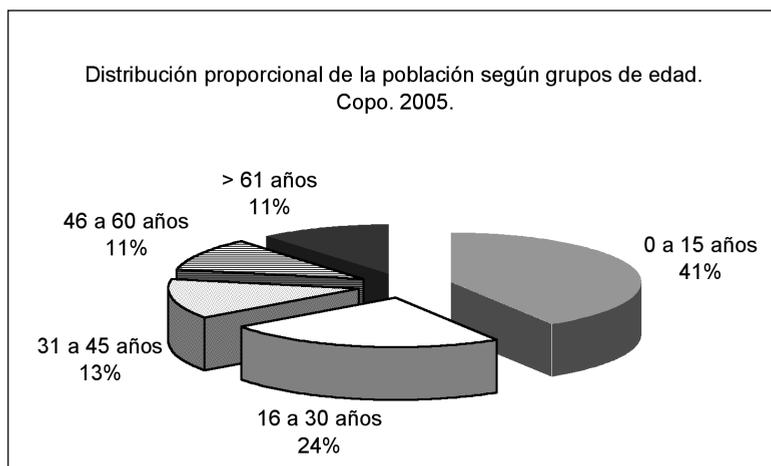
Las formas más utilizadas para la captación de agua de lluvia son las represas y aljibes comunitarios.

### RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS

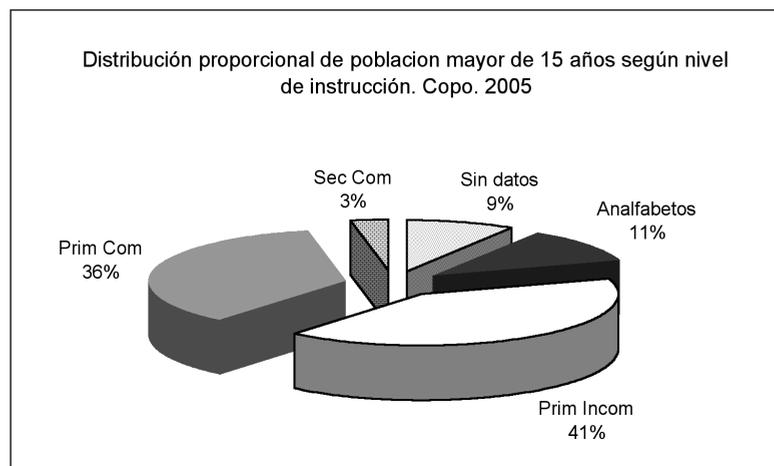
Se completaron encuestas de 52 familias (247 individuos) de las localidades: Monte Quemado, La Firmeza, Venado Solo, Santos Lugares, Luján, Urutau, Malvinas, Las Termas y San Bernardo.



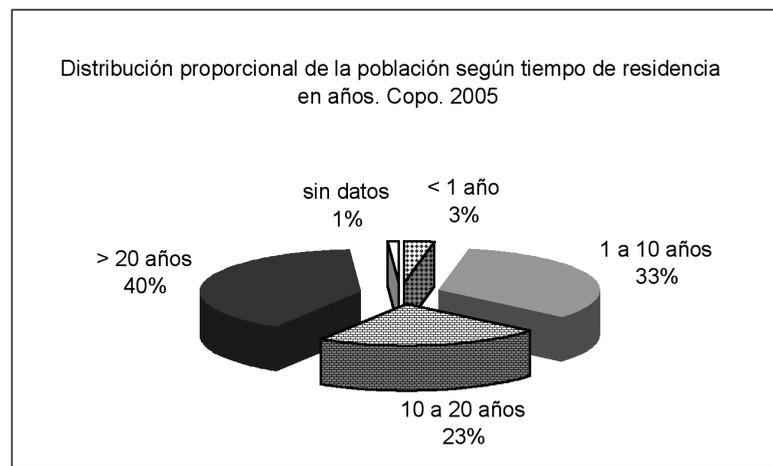
El 49% correspondió al sexo masculino. La edad mediana de la población fue de 21 años (rango 2 meses a 96 años). El 41 % eran menores de 15 años y de éstos, el 7% era menor de 1 año de edad.



De los mayores de 15 años (N=145), el porcentaje de individuos en condiciones de analfabetismo representó el 11%, y el 41% no había completado los estudios primarios.



El 75% de la población ha vivido en la misma localidad toda su vida. Esto incluye a las madres de los menores de 15 años.



### RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA

Se procesaron 64 muestras de agua provenientes de las localidades de estudio, de las cuales 3 pertenecían a escuelas (Urutaú, La Firmeza y Luján), 1 al Hospital de Monte Quemado, 1 al canal del mismo lugar y 1 a un pozo comunitario de Luján. El resto de las muestras provenían de las fuentes de las que se abastecen las poblaciones para consumo diario (perforación, aljibe, contenedor, red pública). Los resultados de las muestras de agua recogidas durante los trabajos de campo se resumen en la tabla siguiente. (Ver también tabla 1 del ANEXO 4 en CD ). La mediana de pH para las muestras de agua fue de 7,92 (N= 44) con un rango de 6,98 a 10,02.

Las muestras fueron procesadas y analizadas en el Laboratorio de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

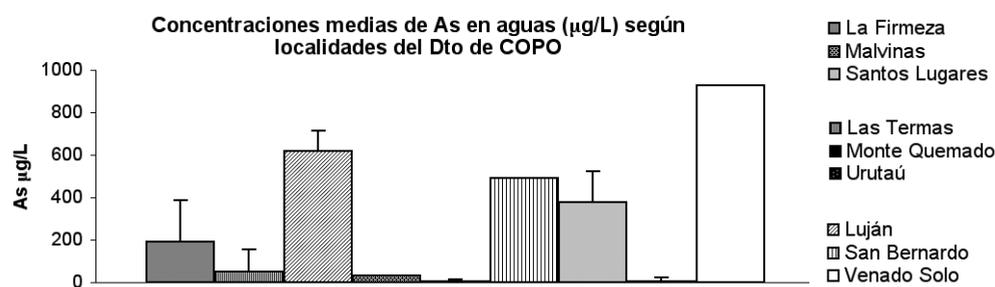
LOCALIDAD	Nº MUESTRAS	MEDIANA AS (PPB)	RANGO (PPB)
URUTAÚ	24	10	10 - 83,8
LA FIRMEZA	15	40,1	10 - 651
LAS TERMAS	7	10	10 - 278
MONTE QUEMADO	7	25,3	10 - 710
SANTOS LUGARES	5	401	133 - 519
LUJÁN	3	643	515 - 697
SAN BERNARDO	1	490	-
MALVINAS	1	32,5	-
VENADO SOLO	1	926	-

La fuente de agua de la que se aprovisionan estas comunidades para consumo diario es variable. Así en localidades como Las Termas, existen 2 aljibes de los que se abastecen las 10 familias encuestadas. En cambio, en Urutaú y Monte Quemado, la población tiene acceso a agua de red. Las familias de Venado Solo, Luján, Malvinas y Santos Lugares se abastecen de perforaciones de profundidad variable: el 70% de las muestras de Santos Lugares provienen de pozos de más de 20 metros de profundidad; mientras que el pozo de Malvinas tiene una profundidad de menos de 20 metros. La forma de extracción del agua más frecuente (50% de los casos) es con balde.

Calculando las concentraciones medias en las muestras de agua de las diferentes localidades estudiadas se obtuvo el gráfico representado en la figura.

#### CONCENTRACIONES MEDIAS Y SUS DESVIACIONES ESTÁNDAR EN LAS MUESTRAS DE AGUAS ESTUDIADAS.

Agosto-septiembre de 2005.



### RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE ORINA

Se procesaron 66 muestras (Laboratorio de la Cátedra de Toxicología y Química Legal de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA) de la primera orina de la mañana: 47% de varones y 53% de mujeres. Del total de la población estudiada, un 38 % eran menores de 15 años. Los datos obtenidos en las muestras de orina mostraron una alta heterogeneidad de niveles de exposición al metaloide (11 a 3918 µg/g creatinina), dependiendo del contenido de As de la fuente de agua (desde no detectable hasta 926 ppb). Los datos individuales de la población estudiada figuran en la tabla 2 del ANEXO 4 del CD. Se encontró un alto porcentaje de individuos (81%) con valores mayores que el valor referencial (hasta 30 µg/g creatinina) para la población no expuesta al As (Navoni, J. A. y col., 2004). La descripción de los valores medios, medianas, máximos y mínimos de As total en las orinas estudiadas se señalan en la siguiente tabla.

#### CONCENTRACIONES DE ASU (µG/L) MEDIAS Y MEDIANAS, MÁXIMAS Y MÍNIMAS DE LAS POBLACIONES SEGÚN LOCALIDAD

LOCALIDAD	N	MEDIA (UG/G CREAT)	MEDIANA (UG/G CREAT)	MÍNIMO UG/G CREAT)	MÁXIMO µG/G CREAT)
URUTAÚ	25	68	36	11	355
LA FIRMEZA	8	272	238	68	511
V. SOLO	17	2183	2281	1069	3918
M. QUEMADO	6	43	44	29	61
S. LUGARES	10	1119	1053	482	2200

En la población de Santos Lugares y Venado Solo, se encuentran los valores más altos de As total urinarios. En Urutaú, hay 3 muestras de orina (las muestras 18-U,19-U y 20-U de la tabla 2 del ANEXO 4 del CD) que superan los valores referenciales a pesar de corresponder a una zona en la cual la concentración de As en el agua no superaba los valores establecidos por el Código Alimentario Argentino (50 ppb). Mediante la encuesta realizada previo a la toma de la muestra pudo establecerse que estas 3 personas migran los fines de semana a Venado Solo, localidad con alta concentración de As en el agua, lo cual explicaría los altos niveles de As urinario hallados.

### RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE ALIMENTOS

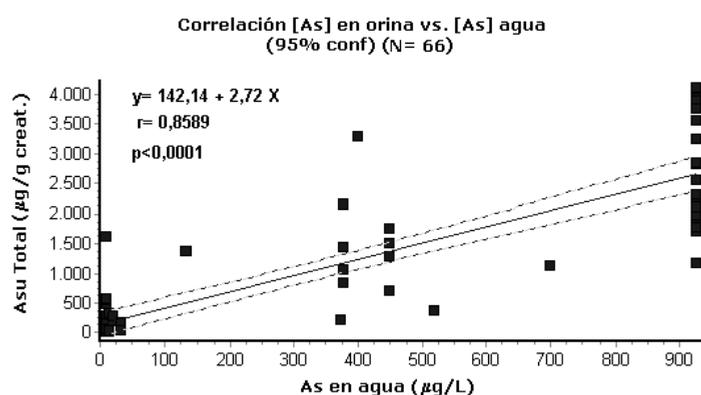
Se analizaron 18 alimentos preparados del total de muestras remitidas. Los resultados y el detalle del tipo de alimento analizado se señalan en la tabla 4 del ANEXO 4 del CD. Los niveles de As total en los alimentos analizados estuvieron comprendidos entre 0,01 y 1,37 ug/g de alimento húmedo preparado. De acuerdo con los resultados obtenidos se observa claramente que los alimentos tienen un bajo contenido de As cuando son preparados con agua de red, como ocurre en la escuela de Urutaú. En cambio, en las localidades de Santos Lugares y La Firmeza, los valores obtenidos indican claramente como los niveles elevados de As

en el agua que utilizan para la cocción de sus alimentos modifican notablemente los contenidos arsenicales de los alimentos. Estos resultados ponen en evidencia la necesidad de realizar un estudio más exhaustivo en dietas totales.

### CORRELACIÓN ENTRE AS-AGUA Y AS-URINARIO

Se observó que las muestras de agua presentaban un patrón similar al obtenido en orina, variando los valores de As desde no detectable hasta valores excesivamente superiores al nivel de Arsénico propuesto por la OMS de 10 ppb. Se comprobó una correlación significativamente positiva ( $p < 0,0001$ ) entre los resultados obtenidos en orina y agua con un  $r = 0,8589$ .

#### CURVA DE CORRELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE AS EN ORINA Y SU RESPECTIVA FUENTE DE AGUA. Copo. Agosto-septiembre de 2005



### EVALUACIÓN ESTIMATIVA DE RIESGO PARA LOS ALIMENTOS

Se compararon dos dietas totales semanales provenientes de dos poblaciones diferentes. La dieta 1 corresponde a una población con altos contenidos de As en los alimentos y en el agua (Santos Lugares y La Firmeza), y la dieta 2, a zonas con bajas concentraciones de As ( $< 10 \mu\text{g/L}$ ) y bajos niveles de As en los alimentos cocinados (Urutaú). Se consideró:

- **Adultos de 70 Kg de peso**, con una ingesta diaria de 500g de alimento (ó 250g para carnes cocidas solas) y 1 litro de agua. De acuerdo con los datos de las encuestas, la ingesta diaria de agua por parte de estos pobladores es sumamente baja.
- **Niños de 25 Kg de peso corporal**, con una ingesta diaria de 300g de alimento (ó 150g para carnes cocidas solas) y 1 litro de agua.

Teniendo en cuenta los resultados de As en los alimentos y en el agua, se calculó la ingesta semanal estimada (ISE) de As y se efectuó la evaluación del riesgo correspondiente (Muñoz Ociel y col., 2005), aceptando como valor guía una Ingesta Semanal Temporaria Provisoria (ISTP) que recomienda la FAO/OMS ( $15 \mu\text{g}$  de As semanal por Kg de peso corporal).

Se efectuó el siguiente cálculo:

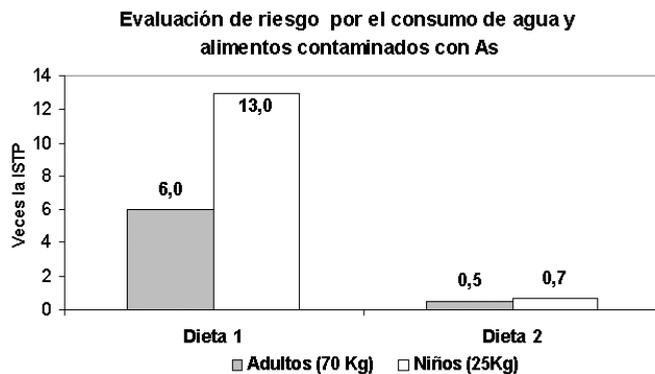
$$\text{ISE (mg/Kgpc/sem)} = \frac{[\sum \text{CAsDD7días}(\mu\text{g}) + \text{cantidad de As}(\mu\text{g}) \text{ en 1 L de agua x 7 días}]}{\text{peso corporal (Kg)}}$$

CAsDD7días = Cantidad de As en la dieta diaria durante 7 días

$$\% \text{ ISTP} = \frac{\text{ISE} \times 100}{\text{ISTP}}$$

**VECES DE LA ISTP POR LA INGESTA DE AS PROVENIENTES DE LAS DIETAS 1 Y 2 EN POBLACIÓN ADULTA Y NIÑOS.**

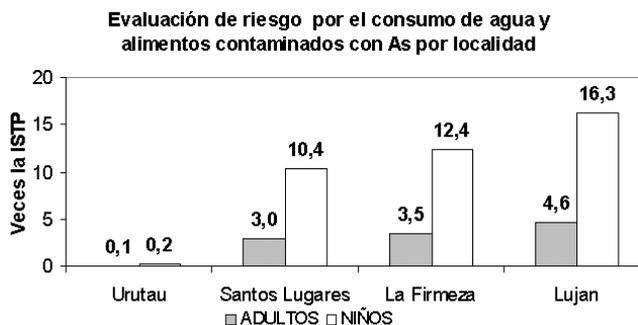
Copo. Agosto-septiembre de 2005.



Se observa que en el caso de niños, de 25 Kg de peso corporal, que ingieren la dieta 1 superan 13 veces el ISTP recomendada por la FAO/OMS (WHO, 2004).

**VECES DE LA ISTP POR INGESTA DE AS PROVENIENTE DE DIETA CON ELEVADOS NIVELES DE AS EN ADULTOS Y NIÑOS DE ACUERDO CON LAS DIFERENTES LOCALIDADES.**

Copo. Agosto-septiembre de 2005.



Según se observa en el gráfico, las localidades que mayor As aportan a la población a través de la dieta fueron Santos Lugares, La Firmeza y Luján, siendo este aporte mayor en la población infantil.

### RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DERMATOLÓGICA

En los dos viajes fueron examinadas 218 personas en total, 111 adultos y 107 niños; 31 poseían manifestaciones dermatológicas claras de HACRE, 6 fueron dudosos. De los afectados, 27 eran adultos y 4 niños, todos presentaban queratodermias palmo plantares, 15 tenían leucomelanodermias (11 adultos, 4 niños), 4 adultos presentaban cánceres cutáneos.

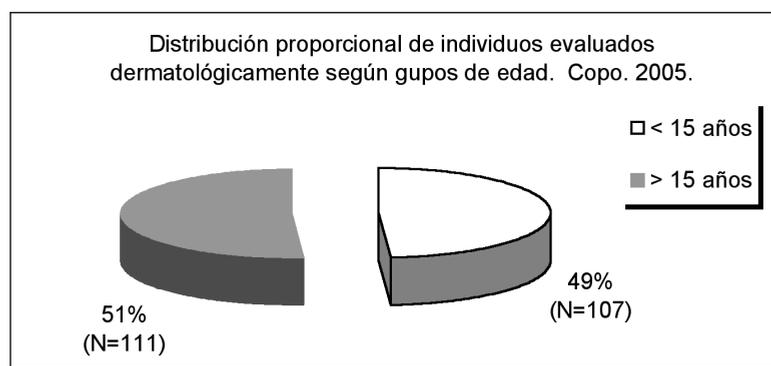
En la Escuela de Monte Quemado, se examinó a 6 maestros y 42 niños. Ninguno presentaba signos o síntomas de la enfermedad.

En la Escuela de Urutaú, se examinaron 40 niños y los maestros; estos últimos no presentaban signos patológicos. Tres niños presentaban solamente queratodermia palmoplantar y leucomelanodermia desde el año 2002.

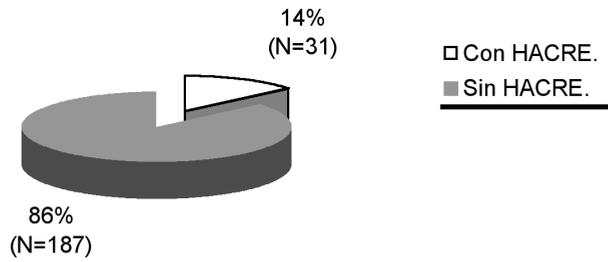
En la escuela de La Firmeza, se examinaron 8 alumnos que no presentaron signos o síntomas.

Los pacientes con cáncer de piel fueron tratados con criocirugía (nitrógeno líquido). Todas las lesiones cancerosas fueron biopsiadas previamente y luego remitidas para estudio histopatológico. Las lesiones fueron tratadas con 3 ciclos de congelación/descongelación, con un tiempo de congelación de 60 segundos y con un avance del halo de congelación de margen de seguridad sobre piel sana de 5 a 10 mm. El equipo utilizado fue Frigitronix, aguja termoreguladora para medir intensidad del frío, unida por un cable conductor a un pirómetro digital graduado en grados centígrados, obteniéndose temperaturas en la parte profunda de los tumores en general de  $-25^{\circ}\text{C}$  y una termocúpula para intensificar, profundizar y evitar la lateralización excesiva del frente de congelación. Se realizó la terapéutica con el método directo en Spray. Se utilizó como anestesia lidocaína de forma infiltrativa.

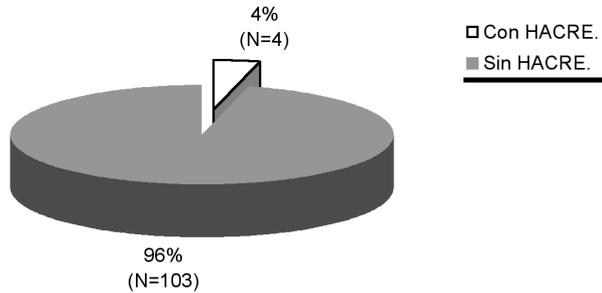
En total fueron tratadas 29 lesiones por cáncer de piel que pertenecían a 4 pacientes con diagnóstico de HACRE. El equipo de trabajo estuvo conformado por instrumentista, auxiliar (iconografía y recolección de datos), médico y personal del Hospital de Monte Quemado.



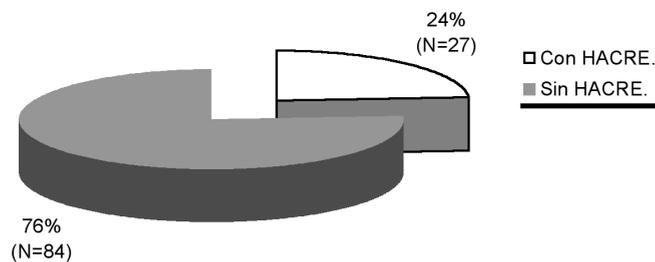
Distribución proporcional de individuos evaluados según presencia de HACRE. Copo. 2005.

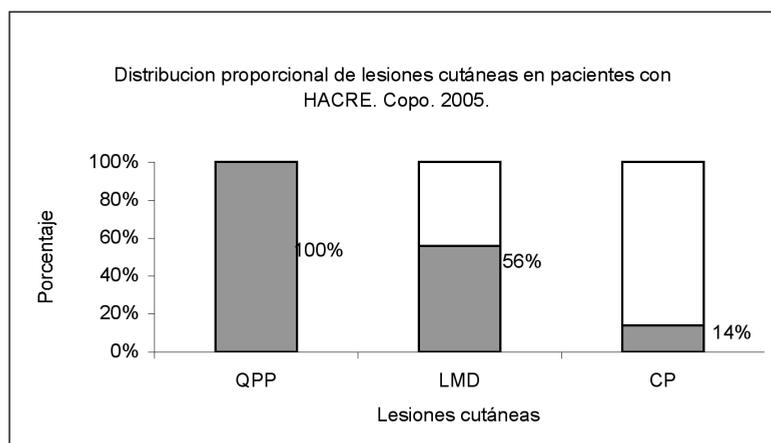


Distribución proporcional de menores de 15 años según presencia de HACRE. Copo. 2005.



Distribución proporcional de mayores de 15 años según presencia de HACRE. Copo. 2005.





Nota: QPP, queratosis palmo plantar; LMD, leuco melanodermia; CP, cáncer de piel.

### PRUEBAS DE GENOTOXICIDAD

El grupo de estudio estuvo conformado por 10 individuos de las localidades de La Firmeza y Santos Lugares, las que tenían antecedentes de concentraciones de As en el agua de los pozos superior a 50 ppb. Como grupo control, se realizó un muestreo de 20 individuos de condiciones socio-económicas, culturales y alimentarias semejantes a las del grupo a analizar, habitantes de la localidad de Urutaú, con agua de red en sus domicilios y antecedentes de concentraciones de As menores a 10 ppb.

Se analizaron variaciones en el índice mitótico, intercambio de cromátides hermanas, índice de replicación, micronúcleos en mucosa oral y daño al material genético por el test del cometa.

Las características del muestreo, toma de la muestra, su almacenamiento y transporte, imposibilitaron la realización de todos los ensayos en la totalidad de los individuos muestreados.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada biomarcador, relacionado con el nivel de arsénico en el agua de bebida, el sexo, la edad y la localidad.

RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS EN LAS LOCALIDADES DE SANTIAGO DEL ESTERO

RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS PROVENIENTES DE LA PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO:

IND.	SEXO	EDAD (AÑOS)	LOCALIDAD	AS EN AGUA (PPB)	IM	ICH	IR	MICRO NÚCLEO	ÍNDICE DE DAÑO
1	F	35	M.QUEMADO	<10 PPB	S/D	S/D	S/D	9,00	114
2	M	40	M.QUEMADO	<10 PPB	S/D	S/D	S/D	17,00	126
3	F	28	M.QUEMADO	<10 PPB	S/D	S/D	S/D	18,00	106
4	F	44	URUTAÚ	<10 PPB	S/D	S/D	S/D	S/D	214
5	F	53	URUTAÚ	<10 PPB	S/D	S/D	S/D	17,00	106
6	F	34	URUTAÚ	<10 PPB	S/D	S/D	S/D	S/D	132
7	M	63	URUTAÚ	<10 PPB	S/D	S/D	S/D	15,00	110
8	F	64	M.QUEMADO	<10 PPB	S/D	S/D	S/D	12,00	120
10	M	43	URUTAÚ	<10 PPB	4,15	S/D	2,075	15,00	126
11	F	26	URUTAÚ	<10 PPB	3,45	S/D	1,885	9,50	124
12	M	32	URUTAÚ	<10 PPB	S/D	S/D	S/D	26,50	104
13	M	73	URUTAÚ	<10 PPB	S/D	S/D	S/D	12,00	194
14	F	52	URUTAÚ	<10 PPB	6,90	7,650	2,155	12,00	176
15	M	57	URUTAÚ	<10 PPB	S/D	S/D	S/D	13,50	184
18	M	58	URUTAÚ	<10 PPB	4,80	7,235	1,965	11,50	216
19	F	40	URUTAÚ	<10 PPB	4,40	9,150	2,380	10,50	166
20	M	66	URUTAÚ	<10 PPB	6,55	7,325	2,395	4,00	162
21	F	70	URUTAÚ	<10 PPB	S/D	S/D	S/D	6,00	S/D
22	M	41	URUTAÚ	<10 PPB	4,85	8,855	2,040	7,00	114
23	M	44	URUTAÚ	<10 PPB	S/D	S/D	S/D	14,00	S/D
30	M	25	LA FIRMEZA	530 PPB	2,05	7,710	2,080	14,50	148
31	M	68	LA FIRMEZA	530 PPB	S/D	S/D	S/D	20,50	118
32	F	34	STS. LUGARES	378 PPB	S/D	S/D	S/D	19,50	160
33	F	12	STS. LUGARES	378 PPB	S/D	S/D	S/D	24,00	234
34	F	22	STS. LUGARES	450 PPB	3,95	8,675	2,375	20,00	114
35	F	47	STS. LUGARES	450 PPB	2,65	8,170	2,210	S/D	100
36	M	52	STS. LUGARES	450 PPB	3,20	10,440	2,180	25,00	126
37	F	52	STS. LUGARES	620 PPB	S/D	S/D	S/D	23,00	214
38	M	57	STS. LUGARES	620 PPB	3,20	8,145	2,120	26,00	122
39	M	48	STS. LUGARES	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	228

S/D: Sin dato

Para la evaluación estadística realizada, se consideró el nivel de As en el agua de bebida. Se subdividió la población evaluada en dos grupos: aquellos en los que el nivel de As es inferior a los 50 ppb (Tabla 6 del ANEXO 4 del CD) y aquellos en los que el nivel de As supera este límite (Tabla 7 del ANEXO 4 del CD).

Cuando se realizó la comparación de las poblaciones con baja y alta exposición al arsénico, para todos los biomarcadores evaluados, se observó una disminución en el índice mitótico, estadísticamente significativa entre ambos grupos ( $p=0,01$ ), así como un incremento altamente significativo ( $p<0,001$ ) en la frecuencia de micronúcleos de mucosa oral.

En la Tabla 8 del ANEXO 4 del CD se presentan los resultados obtenidos al realizar las comparaciones teniendo en cuenta el sexo de los individuos en ambos grupos (alta y baja exposición al As).

Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas ( $P<0,044$ ) para la disminución del índice mitótico para el sexo masculino en el grupo de alta exposición al arsénico. Por otra parte, se evidencia un incremento altamente significativo ( $P<0,001$ ) en la frecuencia de micronúcleos de mucosa oral para el sexo femenino. En ambos casos, las comparaciones fueron realizadas entre los grupos de baja y alta exposición al arsénico.

Seguidamente fue realizada la comparación entre los valores obtenidos para el presente trabajo, tanto para baja como para alta concentración de As con valores estándar obtenidos en trabajos previos de este laboratorio y en la literatura sobre los distintos biomarcadores analizados (Tabla 9 del ANEXO 4 del CD).

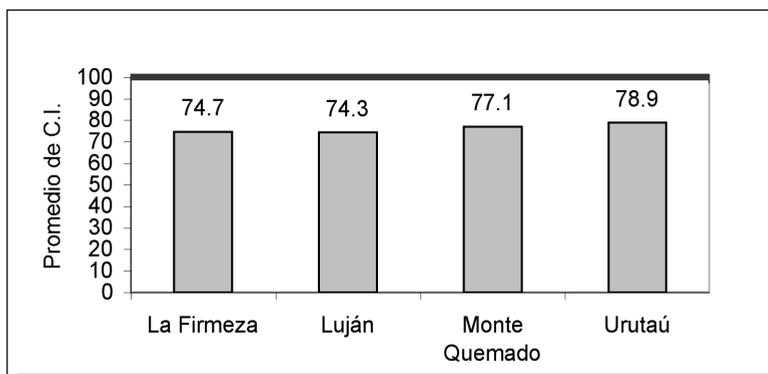
- a • **Índice Mitótico:** se observa una diferencia significativa con respecto al grupo con alta exposición a As, donde la disminución del número de células en división es mayor.
- b • **Intercambio de Cromátides Hermanas:** en este caso la diferencia es altamente significativa tanto para el grupo que presenta una baja exposición al As como para el grupo con alta exposición, poniendo en evidencia el incremento en la inestabilidad cromosómica.
- c • **Índice de replicación:** la cinética de Proliferación Celular muestra un comportamiento modificado con respecto a los valores estándar, relacionado con un mayor número de células en tercera división, hecho que podría deberse al número de horas de los cultivos (96 hs).
- d • **Test del Micronúcleo:** el incremento en la frecuencia de este biomarcador es extremadamente significativo cuando se lo compara con ambos grupos de estudio.
- e • **Test del Cometa:** no se observan diferencias significativas con respecto a los valores históricos del laboratorio.

### PRUEBAS NEUROCONDUCTUALES

La población total de las escuelas estudiadas (La Firmeza, Monte Quemado, Urutaú y Luján) asciende a 142 niños (73 varones y 69 mujeres) con un rango de edad de 5 a 14 años (Media 9 años).

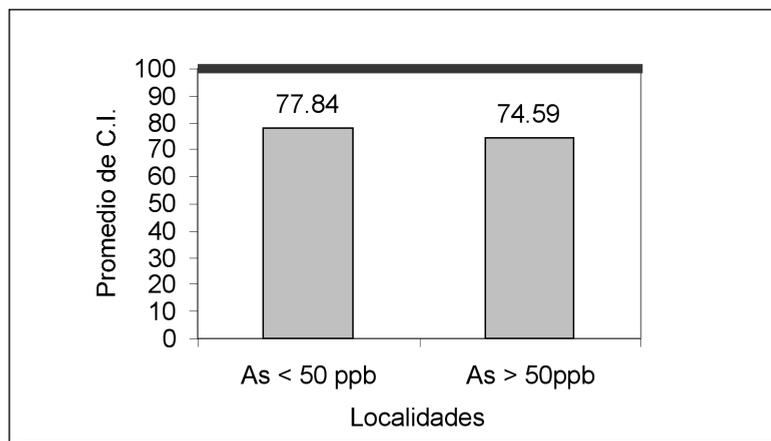
Se realizó un examen de agudeza visual (cartillas de Snellen) a 59 niños, encontrándose alteraciones en el 12% (N=7). También se realizó una evaluación de la agudeza auditiva (lista de palabras) a 58 niños, encontrándose un 10% de niños con alteraciones auditivas (N=6). Las pruebas neuroconductuales se practicaron, previo consentimiento informado de los padres, a 78 niños de estas escuelas (35 varones, 43 mujeres). En general, se puede observar que el C.I. verbal de la población estudiada se encuentra desplazado a la izquierda. Es decir, presentan un menor C.I. que el esperado. Al realizar la comparación de promedio obtenido por este grupo con aquel esperado para la población, mediante una prueba z, comprobamos, con una probabilidad de errar en el 5% de los casos, que sí existían diferencias significativas. El C.I. promedio obtenido por este grupo de individuos (77) es significativamente menor que aquel esperado para la población (100).

El ANOVA realizado (V.D. = C.I. verbal; V.I. = localidad, con cuatro niveles Monte Quemado, Urutaú, La Firmeza y Luján) reflejó que no existen diferencias entre las cuatro localidades [F(3, 75; 0.05) = 0.92; p = 0.44]. Es decir, que el C.I. verbal de los niños de las cuatro localidades es similar, con una probabilidad de acertar en el 95% de los casos.



Al comparar la media de cada una de las localidades con la esperada para una población de estas características, mediante pruebas t, observamos que: el C.I. verbal de los individuos de La Firmeza (74.7), Luján (74.3), Monte Quemado (77.1) y Urutaú presentan C.I. verbales que están por debajo de los esperados para poblaciones de estas características.

Para conocer si el C.I. verbal que presentaban las localidades con bajas concentraciones de As en sus aguas (Monte Quemado y Urutaú) era mayor que el de aquellas localidades con concentraciones de As mayores que 50 ppb (La Firmeza y Luján), se realizó una prueba t Student para muestras independientes. Los resultados reflejaron [t (77; 0.05) = 1.53, p = 0.13] que no existían diferencias, con una probabilidad de acertar en el 95% de los casos.



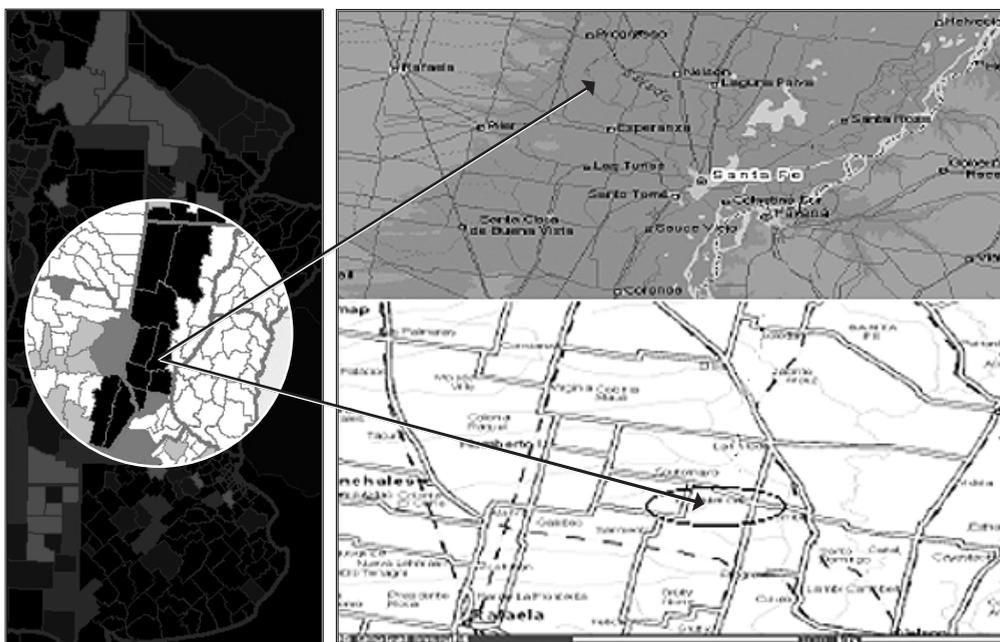
El ANOVA realizado para diferencias de memoria a largo plazo (MLP) (V.D=MLP; V.I=localidad, con cuatro niveles Monte Quemado, Urutaú, La Firmeza y Luján) reflejó que no existen diferencias entre las cuatro localidades [ $F(3, 79; 0.05) = 1.97; p = 0.13$ ]. Es decir, que la Memoria a Largo Plazo de los chicos de las cuatro localidades es similar, con una probabilidad de acertar en el 95% de los casos.

El ANOVA realizado para distrabilidad (V.D. = Distrabilidad; V.I. = localidad, con cuatro niveles Monte Quemado, Urutaú, La Firmeza y Luján) reflejó que no existen diferencias entre las cuatro localidades [ $F(3, 75; 0.05) = 0.57; p = 0.64$ ]. Es decir, que la Distrabilidad de los chicos de las cuatro localidades es similar, con una probabilidad de acertar en el 95% de los casos.

Al comparar la distrabilidad en localidades con bajas concentraciones de As (< 50 ppb) como Monte Quemado y Urutaú, con localidades con As > 50 ppb (La Firmeza y Luján), la prueba t Student para muestras independientes no reflejó diferencias significativas [ $t(77; 0.05) = -0.11, p = 0.92$ ].

## LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE SANTA FE

Localidad de Providencia. Departamento Las Colonias. Santa Fe.



### Descripción del lugar de estudio

La localidad de Providencia (30° 59' Lat S, 61° 00' Long E, Departamento Las Colonias) está ubicada en el centro-oeste de la provincia de Santa Fe, aproximadamente a 100 km al noroeste de la capital provincial, sobre la ruta Provincial Nº 62.

La comuna cubre una superficie de 224 km<sup>2</sup> con una población de 917 habitantes, de los que aproximadamente el 70% vive en el área urbana, aunque muchos de ellos están vinculados a actividades agropecuarias. Densidad poblacional: 4,09 hab/km<sup>2</sup> (2004).

Esta población fue fundada en 1882 y en 1899 adquirió el estatus de Comuna. Cuenta con tres escuelas (primaria y secundaria) y un Servicio de Atención Médica Comunitario con una ambulancia. No dispone de redes de agua y cloacas; el abastecimiento de agua se realiza mediante la explotación de pozos particulares, y el saneamiento mediante pozos negros.

El área de estudio se emplaza en la cuenca inferior del Río Salado, más precisamente en la subcuenca del Arroyo Cululú. El clima de la zona es templado con un período lluvioso en los meses de primavera y verano. La precipitación anual media es del orden de los 1000 mm.

La zona en estudio pertenece a la llanura Chaco-Pampeana, en la cual los reservorios de agua dulce se corresponden con geoformas que favorecen la infiltración y almacenamiento de aguas meteóricas (Tujchneider *et al.*, 2000), Se trata de un sistema hidrológico de llanura donde los movimientos verticales de agua son predominantes a las transferencias horizontales. Localmente el área presenta un relieve plano con cotas de terreno de 50 m (según IGM) (DPOH-SPAR, 2000).

En cuanto a los antecedentes de concentraciones de As en agua de pozo, se observó que eran superiores a 100 ppb en análisis históricos y en algunos recientes (por ejemplo: 273 ppb en análisis N° 255 Q 98, de 07-10-98, SPAR y 637 ppb, análisis N° 159 Q-01, con fecha 18-05-01, SPAR). El origen del As es natural y es destacable su variabilidad espacial en los acuíferos freáticos y semiconfinados, por el depósito regional no homogéneo de la capa de cenizas volcánicas.

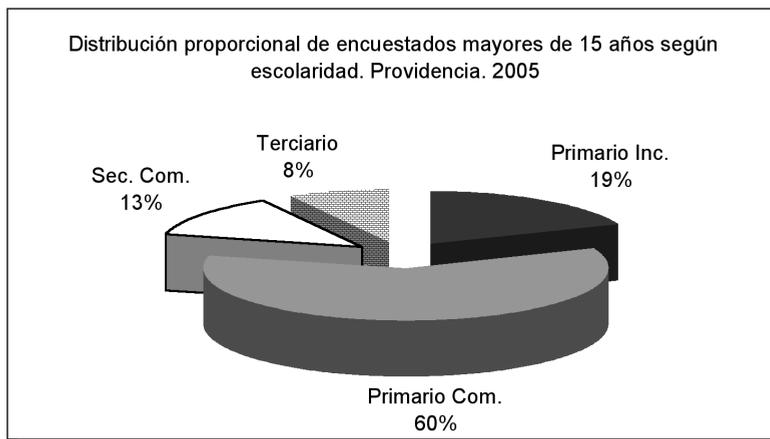
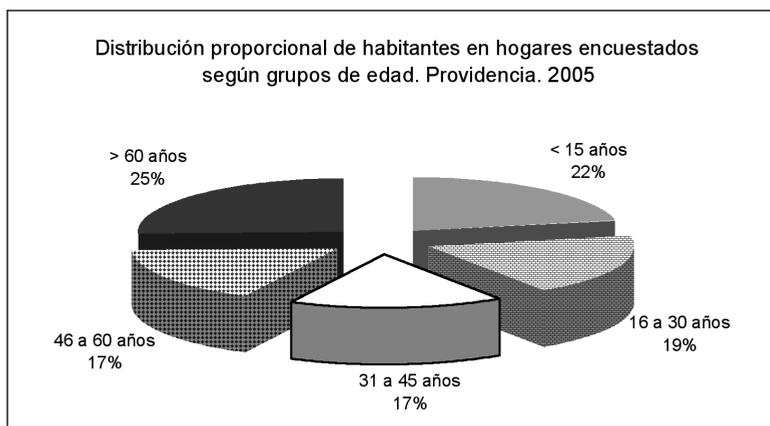
La comunidad tiene conocimiento de la existencia de As en las aguas subterráneas, por lo que algunos habitantes se proveen de agua envasada para utilizar como bebida y en la preparación de alimentos.

Se realizaron once visitas de trabajo a la comuna de Providencia, en las cuales se obtuvieron los resultados que a continuación se sintetizan.

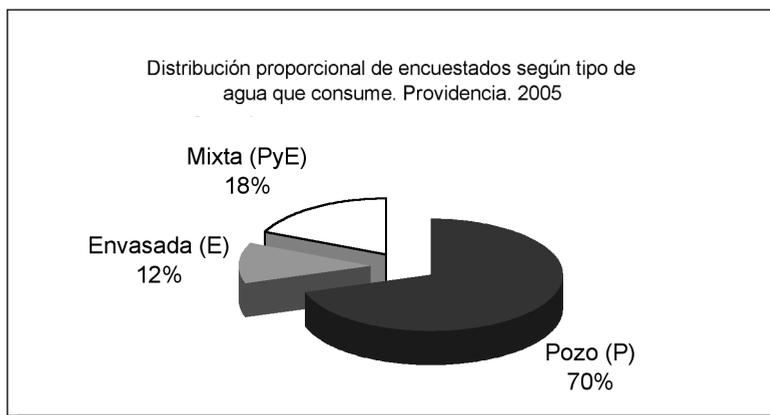
La respuesta de las autoridades de la Comuna fue altamente satisfactoria. Se apreció un gran conocimiento de los problemas de salud derivados de la calidad del agua y de la necesidad de realizar el tratamiento de la misma mediante el equipamiento de un sistema de Ósmosis Inversa que actualmente está en consideración.

### **RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS**

Se completaron las encuestas de 79 hogares con 241 personas en ellos, de los cuales el 22% correspondían a menores de 15 años (N=52). La distribución de los encuestados según sexo fue: 52 % mujeres y 48 % hombres. La mediana de edad para estos individuos fue de 40 años (rango 1 a 88 años). En cuanto al tiempo de residencia, la mediana de años fue de 33 con un rango de 2,5 a 85 años. El 19% de los mayores de 15 años no había completado los estudios primarios.



El 70 % consume agua de pozo solamente. Mientras que el 18% consume agua envasada y agua de pozo.



### RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA

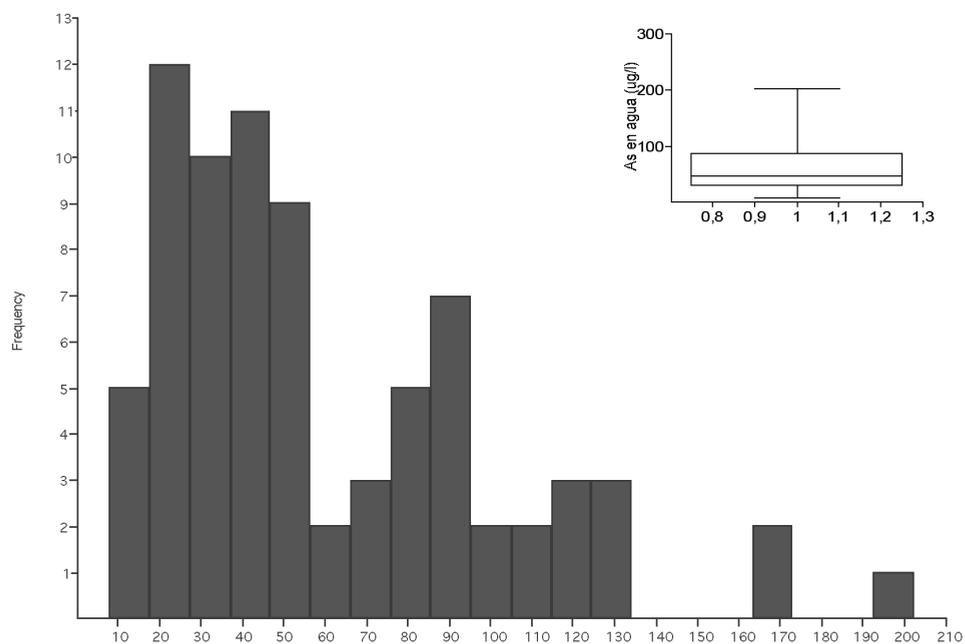
Se obtuvieron 79 muestras de agua de origen subterráneo de cada vivienda encuestada. Se analizaron además 3 muestras de agua comercializadas en la región como "aguas tratadas con técnicas de abatimiento de As". En todos los casos se midió inmediatamente el pH, la temperatura, y se registraron las características físicas.

Un gran porcentaje de los locatarios o dueños de casa no conocen con exactitud la profundidad de las perforaciones y expresan tener tomas de agua de entre 8 y 12 metros de profundidad.

Los resultados del análisis estadístico muestran que:

- La concentración mediana de As en las tres muestras de agua envasada que consumen en la localidad fue de 18,6 ppb (Mínimo 6,4 ppb; Máximo 24,2 ppb).
- La concentración mediana de As en las muestras de agua para los 79 hogares fue de 47,7 ppb con un rango de 7,7 a 201,9 ppb.
- En los hogares con menores de 15 años, la concentración mediana de As fue de 42,5 ppb (rango 7,7 a 115,89 ppb).

#### HISTOGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA CONCENTRACIÓN DE AS EN LAS MUESTRAS DE AGUA Providencia 2005



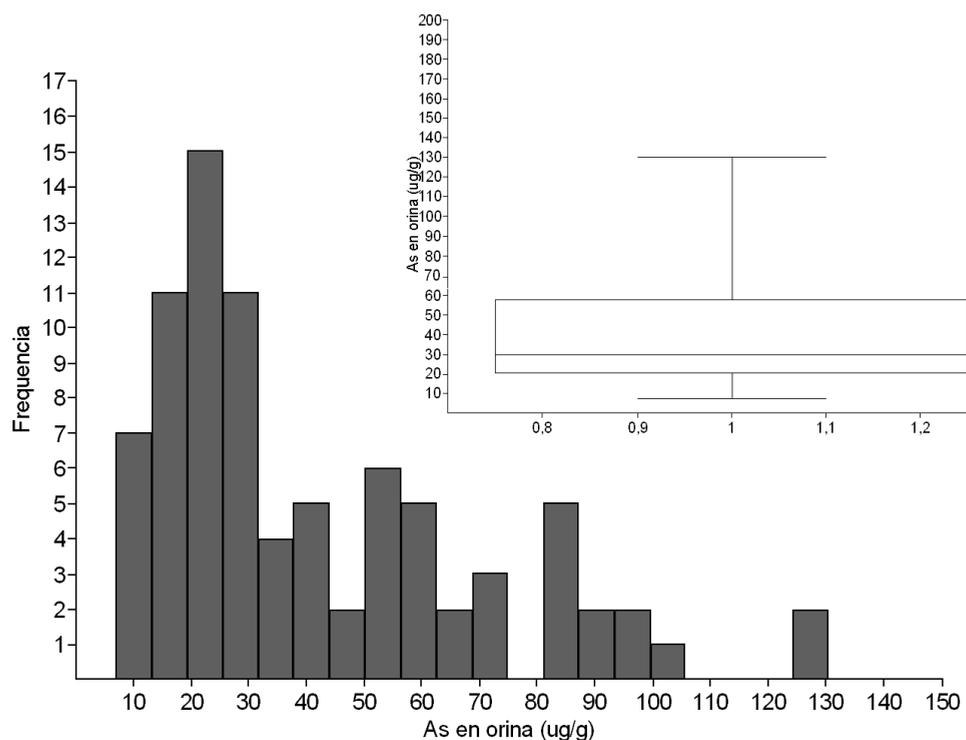
La mediana de las muestras se encuentra muy próxima a la concentración máxima para aguas de bebida establecida por el Código Alimentario Argentino de 50 ppb. El 43% de las muestras superó los 50 ppb, mientras que el 98% superó los 10 ppb. Solo el 14,8% de las muestras analizadas excedió los 100 ppb.

### RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE ORINA

Se analizaron 84 muestras de orina. El valor mínimo fue inferior al límite de detección de la técnica (0,3 µg/ L). El valor máximo fue 130,25 µg As/ g creatinina (muestra R6-33). La concentración mediana de As fue 29,61 µg As/ g creatinina. El 32,5% de las muestras se encuentran por debajo de los 50 µg As/ g creatinina, y solo 2 muestras superan los 100 µg As/ g creatinina.

#### HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN DE AS EN LAS MUESTRAS DE ORINA

Providencia 2005



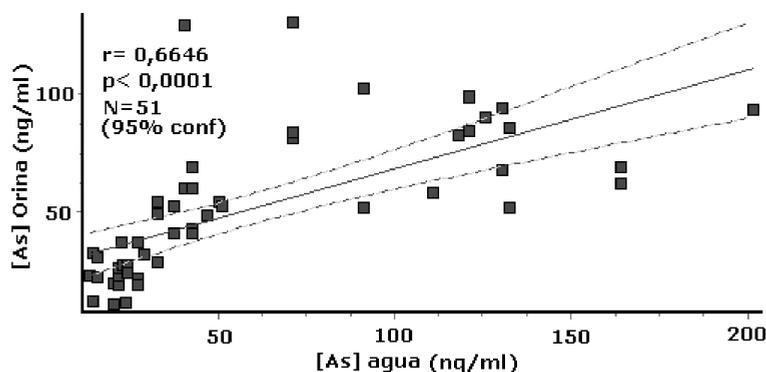
Del análisis conjunto de los resultados de muestras de agua y orina, se observó:

- Correlación entre las concentraciones de As del agua y de la orina (28,6%).
- 52,4% de las muestras de orina tiene concentraciones de As bajas con respecto a la concentración de As en el agua de la vivienda.
- El 19% de las muestras de orina tiene concentraciones de As altas con respecto a la concentración de As en el agua de la vivienda.

Las dos últimas situaciones podrían deberse a que los individuos consumen agua de una fuente distinta a la de la vivienda.

### CORRELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE AS EN AGUA Y ORINA

Providencia. 2005



### PRUEBAS DE GENOTOXICIDAD

#### ENSAYO DEL COMETA

De los invitados a participar, se obtuvieron 38 muestras de sangre de 23 personas de sexo femenino y 15 de sexo masculino que se procesaron por duplicado. La edad mediana de la muestra fue de 41 años (rango 18 a 70 años).

La concentración mediana de As en agua a la que estaban expuestos estos individuos fue de 42,6 ppb (rango 14,3 a 164,2 ppb). El 35% de los individuos estaban expuestos a concentraciones de As en agua de consumo mayor a 50 ppb.

La concentración mediana de As urinario fue de 41,46 ug/g de creatinina (rango 11,43 a 82,41 ug /g de creatinina). El 42% presentaba valores de As urinario mayores a 50 ug/g de creatinina.

Los niveles de daño se establecieron atendiendo al porcentaje de ADN que migró y además al tamaño del rastro de migración y el nucleóide mediante un ocular con escala.

Por cada muestra se realizaron dos portaobjetos, contabilizando en cada uno 50 células. La visualización de las células fue realizada por dos operadores sin conocimiento del origen de los portaobjetos, clasificando las células en cuatro categorías de daño. Para evaluar el nivel de daño del ADN de los tratamientos y compararlos con los controles positivos y negativos, se calculó el índice de daño:  $ID = n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4$ , siendo  $n_i$  la cantidad de células dañadas que se registraron para cada una de las categorías (Rodríguez Ferreiro, G. *et al*, 2002).

Se utilizaron donantes sanos, no expuestos a genotóxicos reconocidos en forma aguda o crónica, entre 20 y 60 años de edad, como controles negativos para esta técnica.

Mientras que como controles positivos, fueron utilizados los linfocitos de estos mismos donantes luego de exponerlos *in vitro* a peróxido de hidrógeno 50  $\mu$ molar, por una hora, a 37<sup>o</sup> C. Los valores hallados fueron: I.D. Control Negativo:  $141 \pm 20,81$  e I.D. Control Positivo:  $332 \pm 25,01$ . No se hallaron diferencias significativas al comparar con los niveles de daño que presenta la población control.

#### **ÍNDICE MITÓTICO, INTERCAMBIO DE CROMÁTIDES HERMANAS E ÍNDICE DE REPLICACIÓN**

Se analizaron muestras de 20 individuos, 10 de ellos con concentraciones de As superiores a 50 ppb en agua de consumo (Edad mediana: 44 años; Rango: 27 a 56 años); y 10 con niveles de arsénico inferiores a este valor (Edad mediana: 40,5 años; Rango: 18 a 53 años). Ver tabla 10 del ANEXO 5 en CD.

Para el análisis estadístico, se subdividió la población en dos grupos de acuerdo con el valor de As en el agua de su vivienda (Tablas 11 y 12 del ANEXO 5 en CD). Se utilizó el test de Mann-whitney no apareado de 2 colas entre las poblaciones de alta exposición y baja exposición al arsénico. No se observaron diferencias significativas para los biomarcadores analizados entre estas dos subpoblaciones (Tabla 12 del ANEXO 5 en CD).

Se analizó también la variación en el comportamiento de los biomarcadores para diferencias de sexo y edad entre los individuos, así como para la exposición habitual a herbicidas e insecticidas (Tablas 13, 14 y 15 del ANEXO 5 en CD).

Se observó una disminución estadísticamente significativa en el índice mitótico para el sexo femenino al comparar las subpoblaciones de alta y baja exposición (tabla 13 del ANEXO 5 del CD), así como un incremento estadísticamente significativo en la frecuencia de ICH en el grupo de mayores de 40 años (tabla 14 del ANEXO 5 en CD), coincidentemente con los datos reportados por la literatura (Burgdort, *et al*, 1977; Lerda *et al.*, 1994; Wegner R; *et al*, 2004). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los resultados de estas pruebas al compararlos con los de pruebas previas de laboratorio (ver tabla 16 del ANEXO 5 del CD).

Las pruebas de exposición a insecticidas y/o herbicidas no modificaron los dosímetros biológicos en las condiciones experimentales utilizadas en este estudio piloto (Tabla 15 del ANEXO 5 en CD), ya que en los resultados no se observaron diferencias significativas para los tres biomarcadores evaluados.

#### **RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DERMATOLÓGICA**

Se realizó anamnesis y examen físico a 31 individuos de los 84 invitados a participar de la investigación; 20 de sexo femenino y 11 masculino. Todos eran mayores de 15 años, con tiempo de residencia en la localidad mayor a 5 años y concentración de As urinario conocida. No se observaron signos específicos de HACRE en ninguno de ellos.

## **RESULTADOS DE LAS EXPERIENCIAS REALIZADAS CON PROTOTIPOS MONTADOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CON ARSÉNICO DESTINADAS AL CONSUMO HUMANO**

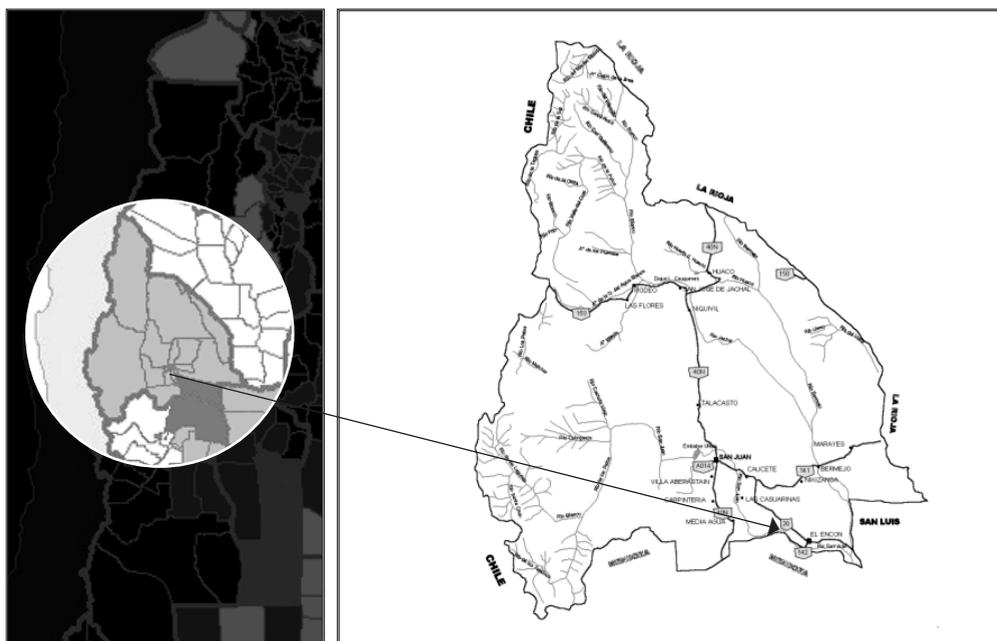


---

*Los prototipos fueron desarrollados por la Universidad de San Juan.*

COMPONENTE 3

**LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN**  
Localidad de El Encón. Departamento 25 de mayo. San Juan.



**PROTOTIPO MONTADO EN LA ESCUELA DR. JUAN CARLOS NAVARRO**

El primer prototipo fue diseñado, construido y montado por nuestro equipo en la Escuela Dr. Juan Carlos Navarro donde concurren, en dos turnos, unos 150 niños. En este establecimiento, el agua se utiliza para preparar la bebida, el desayuno y la merienda de los alumnos, por lo que diariamente se necesitan producir unos 60 litros.

La planta fue inaugurada el 10 de octubre de 2005. El prototipo tiene alimentación inferior, un volumen de reactor de aproximadamente  $2.000 \text{ cm}^3$  y una capacidad de producción de 6 litros / hora (velocidad espacial  $3 \text{ hora}^{-1}$ ). Para esta producción, el lavado del filtro debe hacerse cada 2 meses.

El equipo, desde el comienzo de la operación, tuvo una gran aceptación debido a la calidad del agua tratada (al eliminar los sulfatos del agua cruda mejora notablemente el gusto) y a la simplicidad del tratamiento. Esto motivó a los directivos de la escuela para gestionar su continuidad en el tiempo y el montaje de un prototipo mayor en el albergue.

Los resultados anteriores de ensayos en nuestros laboratorios han sido confirmados por los obtenidos en la planta que se montó en la Escuela Dr. Juan C. Navarro y que operó durante los últimos meses de 2005 utilizando como alimentación agua cruda de El Encón.

A comienzos de 2005, el municipio tendió un acueducto para llevar agua desde la Localidad de Camarico (distante 29 km de El Encón). El agua es de una calidad sensiblemente superior, ya que posee un contenido de arsénico de 65 ppb y valores de flúor de 0,4 ppm (en tanto que el agua de El Encón posee un contenido de 280 ppb de arsénico y 2,2 ppm de flúor).

La planta montada en la escuela que comenzó a operar con agua de El Encón actualmente utiliza agua de Camarico. Se han introducido modificaciones para mejorar el desempeño de esta planta. La más importante es la instalación de un tanque para asegurar un tiempo mínimo de 6 horas de tratamiento en la oxidación de las especies arsenicales.

El consumo de hierro durante la operación fue muy bajo por lo que no se ha realizado reposición alguna hasta fines de 2005. El seguimiento por más de un año nos permite asegurar que, aun cuando la planta es operada por personal no técnico, el porcentaje de arsénico eliminado del agua es superior al 90%.

### **PROTOTIPO MONTADO EN EL ALBERGUE DE LA ESCUELA DR. JUAN CARLOS NAVARRO**

Los directivos de la escuela interesaron a APAER (Asociación de Padrinos de Escuela Rurales) de Buenos Aires con el fin de construir una planta mayor para ser instalada en el albergue de la misma escuela Dr. Juan C. Navarro.

Colaboró también en la construcción, traslado y montaje de la estructura de la planta la Empresa Patagonia Drill Mining Services S.A. con sede en la provincia de Mendoza (madrina de la Escuela Albergue Dr. Juan C. Navarro). La empresa donó también la estructura, cañerías y otros materiales.

En concreto, este segundo prototipo fue diseñado, construido y montado por nuestro equipo en el Albergue de la Escuela Dr. Juan Carlos Navarro, distante unos 300 metros de la escuela. En este albergue residen unos 70 niños cuyas familias viven en puestos alejados de El Encón. Los niños permanecen desde la mañana del día lunes hasta el día viernes después de almuerzo. En total, en el albergue, comen unos 80 niños y 10 personas mayores (maestros, preceptores y personal de limpieza y cocina). La necesidad diaria de agua tratada es de unos 400 litros, por lo que la planta que se ha montado tiene una capacidad de producción de aproximadamente 60 litros/hora (el volumen del reactor de lecho fijo es de 18 litros).

El equipo, inaugurado el 05 de julio de 2005, se encuentra funcionando normalmente y es operado por personal del albergue.

El seguimiento que realizamos nos permite asegurar que el porcentaje de arsénico eliminado del agua es superior al 90%.

Los trabajos paralelos que efectuamos en nuestros laboratorios nos permitieron visualizar mejoras a introducir en las plantas que operan en campo.

Durante la operación del segundo prototipo hemos realizado modificaciones para optimizar sus prestaciones. Las más importantes han sido el cambio del sistema de inyección de hipoclorito y el aumento de volumen del filtro para permitir mayores períodos de operación.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

### CONCLUSIONES DEL ESTUDIO REALIZADO SOBRE HACRE EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

La información presentada en los mapas de riesgo es el resultado de la recopilación, selección, análisis e interpretación de los datos a los que se ha tenido acceso durante el tiempo de la investigación. La integración de esta información se presenta a nivel provincial y departamental.

Los mapas deben ser interpretados como de "riesgo potencial" de enfermar o morir por los efectos crónicos del arsénico a través del consumo de agua de bebida y alimentos. La confección de mapas de riesgo potencial versus mapas hidroquímicos, presenta, sin embargo, la ventaja de facilitar el análisis sanitario integral.

En muchos casos se subestima o sobreestima la realidad local de la distribución de aguas arsenicales debido a la selección de la mediana histórica en áreas con rangos amplios de concentraciones de As. A manera de ejemplo, se puede citar el caso de la provincia de Tucumán donde, según datos presentados en este informe, solo un departamento (Graneros) resulta como de riesgo. Sin embargo, investigaciones diversas han puesto de manifiesto la presencia de aguas arsenicales en otros departamentos como Cruz Alta, Leales, Simoca y Burruyacu. No se ha tenido acceso a datos de morbilidad en estos departamentos o la mediana histórica de las concentraciones de arsénico en aguas de consumo humano no refleja esta situación.

A excepción del caso de Santa Fe, donde se ha realizado un estudio epidemiológico para conocer la población afectada por aguas arsenicales (Ente Regulador de Servicios Sanitarios, ENRESS, 2000), las demás provincias poseen solo información fragmentada que dificulta el análisis riguroso de los datos disponibles.

Las estimaciones de población en riesgo potencial se basan en datos del Censo 2001, por lo que deberían ser actualizadas a nivel local en base a la dinámica poblacional y a la real población que se abastece de aguas arsenicales. En algunas provincias, como en el Este de Tucumán, se trata de comunidades rurales dispersas que utilizan agua de pozos artesianos. En otras, como en Lavalle, Mendoza, se trata de comunidades que se abastecen de aguas subterráneas a través de pozos excavados. Existe también el caso de aquellas comunidades que reciben agua de

red (superficial) con concentraciones superiores a 50 ppb, como es el caso de El Encón en San Juan o algunas localidades de Chaco; o las comunidades que explotan los recursos superficiales para cría de ganado y agricultura, como en Salta (departamento Andes).

Como se puede observar, la realidad es compleja y algunas zonas ya están trabajando para resolver el problema mediante el uso de diversos métodos de abatimiento de arsénico o la provisión a nivel comunal de agua segura (bidones).

Escapa a los objetivos de este trabajo la identificación a nivel local de la problemática de las aguas arsenicales y cómo la comunidad se organiza para resolverla. Sin embargo, mediante el análisis integrador de las áreas de riesgo potencial que se presentan, se observa que aún falta mucho por hacer en este tema cuando se consideran factores como el nivel de pobreza, la cobertura de la red de agua potable y el saneamiento básico.

Se estima hoy que la población que habita en áreas con aguas arsenicales presentadas en este trabajo es alrededor de 2.500.000 habitantes, casi el 7% de la población del país. Las áreas arsenicales identificadas suman alrededor de 435.000 Km<sup>2</sup> de superficie. Existen departamentos donde la población cubierta por la red de agua no supera el 1% (Fray J. S. M. De Oro, Santa Fe) y otros en los que el porcentaje de cobertura es del 90%.

El 43% de los departamentos afectados (N=24) tienen más del 30% de su población con necesidades básicas insatisfechas. Es interesante resaltar también que el 45% de los departamentos con concentraciones de As en agua mayores a 50 ppb tienen un porcentaje de población analfabeta mayor al 5%. Esta variable es sumamente importante a la hora de la programación de acciones educativas que alerten a la población sobre la problemática y las formas aceptadas para reducir la exposición hasta que surja una solución definitiva.

El origen del arsénico en las aguas de nuestro país es natural y se ha observado la coexistencia de otros elementos (flúor, vanadio, boro) que se correlacionan con las concentraciones del metaloide en algunas regiones (La Pampa, Córdoba, Tucumán, Chaco, San Juan). Este fenómeno debe ser estudiado en profundidad, ya que los efectos toxicológicos de elementos como el flúor, pueden potenciar los efectos adversos del As a largo plazo.

La literatura científica muestra la relación existente entre mortalidad por causas relacionadas al arsénico y la presencia del elemento en concentraciones mayores que 50 ppb en el agua. Sin embargo, se observa escasa información de morbimortalidad relacionada con los efectos crónicos del arsénico a nivel provincial y nacional. Esta situación marca una debilidad importante de los programas de vigilancia de patologías ambientales, que también necesitan mayor desarrollo en nuestro país.

La investigación realizada en Santiago del Estero (componente 2), encontró que dentro de la población estudiada, un alto porcentaje de personas está seriamente expuesta al As por el consumo de agua de bebida y de agua utilizada para elaborar alimentos cocinados, hecho evidenciado por las concentraciones de As en el agua, los alimentos y la excreción elevada de As en orina. Se observó que la población más afectada es la que se encuentra dispersa en las localidades de

Venado Solo y Santos Lugares. El aporte del As inorgánico por agua y alimentos en estas localidades, provoca una concentración urinaria de As en los niños varias veces mayor respecto de los niños de Monte Quemado que consumen agua con menores contenidos de As.

En cuanto a las manifestaciones clínicas, la proporción de pacientes con manifestaciones de HACRE fue del 14%, siendo llamativo el hecho de haber observado estas manifestaciones en menores de 15 años. Este hecho contrasta con lo observado en Providencia, Santa Fe, donde no se encontraron casos de la enfermedad. Sin embargo, el estudio epidemiológico realizado por el ENRESS en el año 2000 observó una prevalencia de HACRE en el 2% de la población adulta estudiada de esta provincia. Una posible explicación para estos resultados podría encontrarse en las diferencias nutricionales, sociales y económicas de las poblaciones estudiadas, y en las diferencias en las dosis y el tiempo. Sin embargo, el tamaño y representatividad de la muestra del presente estudio no permiten extraer conclusiones que puedan generalizarse. Se hace necesaria la realización de un estudio epidemiológico de mayor envergadura a nivel nacional y local.

A diferencia de estudios realizados en otros países, no se encontraron por examen físico, signos o síntomas vasculares periféricos relacionados con la exposición crónica al arsénico, apoyando la hipótesis de que las manifestaciones del arsenicismo en nuestro país tienen características propias y distintivas.

Las pruebas neuroconductuales realizadas en niños santiagueños muestran una disminución del CI para la población estudiada, pero la etiología múltiple de esta condición no permite, en el marco de esta investigación, extraer conclusiones definitivas.

En lo referido a las pruebas de genotoxicidad, se observó diferencias entre los grupos de Santiago del Estero y Santa Fe.

Los resultados mostraron que los individuos estudiados de Santiago del Estero, donde las concentraciones de As en agua son mayores, presentan efecto citotóxico (Índice Mitótico), incremento en la inestabilidad cromosómica (Intercambio de Cromátides Hermanas), modificaciones en el Índice de Replicación (Cinética de Proliferación Celular), e incremento en la frecuencia de micronúcleos, evidenciando el efecto de aneunogenicidad y/o clastogenicidad del As.

Por su parte, la situación de la población estudiada de Santa Fe no evidencia diferencias significativas en los biomarcadores analizados. Esto puede ser la consecuencia de que los habitantes de esta localidad han sido advertidos desde hace varios años acerca de la contaminación de la capa freática y, según datos reportados para este estudio, evitan en lo posible beber el agua de pozo, resultando todo esto en una exposición menor.

Al conocer los resultados de la investigación realizada en el Departamento Copo, el Programa de Prevención y Control de las Intoxicaciones de la Dirección de Promoción y Protección de la Salud del Ministerio de Salud de la Nación efectuó la notificación de los hallazgos a las autoridades de Santiago del Estero (Ministerio de Salud), con el fin de facilitar las acciones tendientes a disminuir la exposición de la población local a las aguas arsenicales.

## RECOMENDACIONES

Los resultados de los monitoreos que se realizan actualmente sobre el estado físico-químico de las aguas de todo el país deberían conformar una base de datos única que sirva para el análisis tanto local como central y colabore en la toma de decisiones y las evaluaciones financieras pertinentes.

Asimismo se hace necesario unificar la metodología de recolección, procesamiento y análisis de muestras ambientales para obtener resultados confiables y comparables.

La escasez de información sobre morbilidad y mortalidad por la exposición crónica al As, se debe, en parte, a la falta de capacitación del equipo de salud de áreas de riesgo sobre los efectos del arsénico, su diagnóstico precoz y tratamiento oportuno, y las pautas para disminuir la exposición. Por lo que se hace imperativo la ejecución y evaluación de programas de formación y capacitación sobre la temática, así como también la promoción de evaluaciones económico-sanitarias.

Considerando el nivel de intervención sanitaria que recomienda la OMS para As urinario (50 µg/g de creatinina en orina), se observa que el 65% de la población estudiada de Santiago del Estero, sobre todo de las localidades de Santos Lugares y Venado Solo, deben recibir asistencia sanitaria integral en el menor tiempo posible, ya que de éstos, el 68% corresponden a menores de 15 años.

Deberá considerarse la realización de estudios a gran escala para conocer en detalle las manifestaciones sistémicas del HACRE en nuestro país, así como los factores de mayor riesgo o aquellos que podrían ser protectores (patrones de biotransformación y excreción) con el fin de realizar acciones intersectoriales que protejan la salud de los individuos expuestos.

Las plantas de abatimiento de As en agua probadas en El Encón durante el tiempo de la investigación aseguran la remoción del 90% del elemento, por lo que deberían considerarse como una alternativa costo-eficiente para resolver el problema en comunidades rurales y, en particular, en aquellas que se encuentren dispersas.

Existen distintas técnicas y metodologías para la remoción del arsénico de las aguas. Sin embargo, la tecnología apropiada será la que la comunidad entienda, acepte y esté dispuesta a mantener en el tiempo.

## EPÍLOGO

---

El Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE) ha sido tema de preocupación permanente entre los profesionales e investigadores que nuclea la Asociación Toxicológica Argentina (ATA).

A casi 100 años del descubrimiento de la enfermedad por parte de los pioneros de su estudio en la Argentina, los resultados obtenidos en este Estudio Colaborativo que coordinó la ATA, siguen aportando información novedosa y enriquecedora sobre la epidemiología, los efectos crónicos de la ingesta de arsénico en el agua de bebida y técnicas novedosas de abatimiento.

Estamos seguros que los datos publicados en este informe son de relevancia para el país en tanto completan en cierto grado el relevamiento de zonas contaminadas por el arsénico (As) en el agua, documentan la exposición de la población a través del uso de biomarcadores, tales como los niveles de excreción de los compuestos arsenicales y su correlación con el contenido de As en las aguas, así como de los indicadores de daño genético. Por otro lado, se obtuvieron por primera vez en el país datos del aporte de As en los alimentos, aspecto que evaluamos como muy importante y no tenido en cuenta cuando se efectúan las estimaciones de riesgo ya que solo suele ser considerado el aporte del agua de bebida. Finalmente, se puso a punto una técnica de abatimiento que resultó eficiente y sostenible para la provisión de agua segura a algunas comunidades.

Todo esto fue posible a través de la participación de numerosos y prestigiosos investigadores y profesionales convocados por la Asociación Toxicológica Argentina, que supieron aunar esfuerzos y hoy continúan trabajando desde sus diferentes puestos para contribuir a la búsqueda de alternativas que permitan, en un futuro no muy lejano erradicar esta enfermedad prevenible. Todavía queda mucho por hacer respecto a este y a otros temas, especialmente a los contaminantes y su impacto sobre la salud humana en nuestro país.

Cabe agradecer la confianza depositada en la ATA por la Unidad de Investigación y Desarrollo Ambiental de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación para llevar adelante esta investigación sobre un tema que afecta casi al 10% de nuestra población y para la cual debemos encontrar una solución.

**Dra. Susana I. García**

**Dra. Edda C. Villaamil Lepori**

*Coordinadores de la Asociación Toxicológica Argentina*

## BIBLIOGRAFÍA

---

- AGUILAR, ERASMO Y COLS. *INTOXICACIÓN CRÓNICA POR ARSÉNICO EN EL ZAPOTE, NICARAGUA*, 1996. MEDICINA CUTÁNEA IBER.LAT.AM. 2000.
- ARROYO MENESES, A. *COMUNICACIÓN A LA REUNIÓN ANUAL DE DERMATOLOGÍA IBERO LATINO AMERICANA* (RADLA, 1980).
- ASTOLFI, BESUSCHIO Y COLS. *HIDROARSENICISMO CRÓNICO REGIONAL ENDÉMICO*. 1982
- ATNEO ANUAL DE LA CÁTEDRA DE DERMATOLOGÍA HOSPITAL NACIONAL PROF A. POSADAS: H.A.C.R.E INFANTIL, 2001.
- AZAMBUJA, R. D.; COTTA, J.G. Y PEREIRA, C. P. G. *ARSENICISMO CRÓNICO E POR AGUA POTABLE*. ARCH BRAS. DERMATOL., 56: 197, 1981.
- BALDWIN, H.E. *ANSWERS TO SELF – ASSESSMENT EXAMINATION OF THE AMERICAN ACADEMY OF DERMATOLOGY*. J Am Acad Dermatol, 2001.
- BALIÑA, L. M.; VALDEZ, R.P.; COSTA CORDOVA, H.; CHOUELA, E.N.; KEIN, M. C. Y AGÜERO, M.T. *EL ARSÉNICO Y SUS COMPLICACIONES*. REV. ARGENT. DERMATOL., 62:169, 1981.
- BARRAL, JM Y ZAGO, *PROGRAMA PARA EL MEJORAMIENTO INTEGRADO DE INSECTOS Y ÁCAROS EN EL ALGODÓN*. EERA. SÁENZ PEÑA -INTA- BOLETÍN NO 71: 11-12. 1983.
- BENITEZ, M.E. ; GIMÉNEZ, M.A. ; DUDIK, N. H. ; OSICKA, BENITEZ, CASTRO M. P. *VI DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ARSÉNICO EN AGUAS NATURALES SUBTERRÁNEAS EN PCIA. RR. SÁENZ PEÑA* REUNIÓN DE COMUNICACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS, ORGANIZADAS POR LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNNE CORRIENTES.
- BIAGINI, R.E, Y SALVADOR, M. *ARSENICISMO CRÓNICO EN LA PROVINCIA DE SALTA*. ARCH. ARGENT. DERMATOL., 33: 193, 1983.
- BIAGINI, R.E. Y COLS. *HIDROARSENICISMO CRÓNICO, COMENTARIOS DE CASOS DIAGNOSTICADOS EN EL PERÍODO DE 1972 -1993*. ARCH ARGENT. DERMATOL.1995.
- BIAGINI, R.E.. *HIDROARSENICISMO CRÓNICO Y CÁNCER DE PULMÓN*. ARCH. ARGENT. DERMATOL., 16: 172,1966.
- BIAGINI, R.E.: *HIDROARSENICISMO EN EL NIÑO*". (COMUNICACIÓN PREVIA). V CONGRESO IBERO-LATINO-AMERICANO DE DERMATOLOGÍA, PP 1145-1148, Bs As, 1963.
- BIAGINI, R.E. *HIDROARSENICISMO CRÓNICO*. SEMANA MÉD., 159: 76, 1981.
- BIELSA, L.O., ABRAMOVICH, B.L, VIGIL, R.F. *VARIACIONES GEOQUÍMICAS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE ORIGEN PLUVIAL Y MARINO EN LA PROVINCIA DE SANTA FE (DPTO. 9 DE JULIO Y SAN CRISTÓBAL)* REV. DE LA FAC. DE ING. QUÍMICA DE UNIV. NAC. LITORAL. SANTA FE, ARG.; V.42. 175-186. 1977
- C. JANE WYATT, VERÓNICA LÓPEZ QUIROGA, RITA TERESA OLIVAS ACOSTA, AND ROSA OLIVIA MÉNDEZ. *EXCRETIÓN OF ARSENIC (AS) IN URINE OF CHILDREN, 7–11 YEARS, EXPOSED TO ELEVATED LEVELS OF AS IN THE CITY WATER SUPPLY IN HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO*. ENVIRONMENTAL RESEARCH, SECTION A 78, 19-24. 1998
- CARRILLO, E; GUILLEN, C ; COGOLLOS, E; BRU, S., Y ALIAGA , A. *QUERATOACANTOMAS MÚLTIPLES Y ARSENICISM*. ACTAS DERMO-SIF., 72: 479, 1981.

- CASTRO, J.A. *EFFECTOS CARCINOGENÉTICOS, MUTAGÉNICOS, Y TERATOGENÉTICOS DEL ARSÉNICO. UN PROBLEMA TOXICOLÓGICO DE INTERÉS NACIONAL*. ACTA BIOQ. CL. IB. LATINOAMER., 16: 3,1982.
- CONCHA GABRIELA, NERMELL BARBRO, AND VAHTER MARIE. *METABOLISMO OF INORGANIC ARSENIC IN CHILDREN WITH CHRONIC HIGH ARSENIC EXPOSURE IN NORTHERN ARGENTINA*. ENVIRONMENTAL HEALTH PERSPECTIVES VOLUME 106., 355-359. 1998
- CONCHA QUEZADA, GABRIELA Y COLS. *LOW-LEVEL ARSENIC EXCRETION IN BREAST MILK OF NATIVE ANDEAN WOMEN EXPOSED TO HIGH LEVELS OF ARSENIC IN THE DRINKING WATER*. INT ARCH OCCUP ENVIRON HEALT. 1998
- CUENCA DEL PLATA. *ESTUDIO PARA SU PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO. REPÚBLICA ARGENTINA II – CUENCA INFERIOR DEL RÍO BERMEJO. PROGRAMACIÓN PARA SU DESARROLLO*. ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS, WASHINGTON D.C. 1977
- D'ELIA M., O. TUJCHNEIDER, M. PARIS, M. PEREZ Y R. ARAVENA. *TÉCNICAS ISOTÓPICAS EN LA CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE FLUJO SUBTERRÁNEOS EN ESPERANZA Y PARANÁ*. ARGENTINA. 2004
- DE LA BARREDA, F Y COLS. *ARSENICISMO CRÓNICO Y CÁNCER DE PIEL*. DERMATOLOGÍA, REVISTA MEXICANA.1996.
- DE LOS RÍOS, E Y COLS. *ACTUALIZACIÓN TERAPÉUTICA DEL H.A.C.R.E*. REV. TUCUMANA DE DERM. AÑO II Nº1. 1994.
- DE LOS RÍOS, E. Y COLS. *ESTADO ACTUAL DEL HIDROARSENICISMO CRÓNICO EN LA PROVINCIA DE TUCUMÁN*. FEDINOA, 1997.
- DPOH-SPAR. PROVIDENCIA, DPTO LAS COLONIAS, PROVINCIA DE SANTA FE. *ESTUDIO DE FUENTES*. ALTERNATIVA ESTE. INFORME TÉCNICO. 2000
- FARIÁS, SILVIA S. *NATURAL CONTAMINATION WITH ARSENIC AND OTHER TRACE ELEMENTS IN GROUND WATER OF ARGENTINE PAMPEAN PLAIN*. THE SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT 2003.
- FEINSILBER, D Y COLS. *ARSENICISMO CRÓNICO, ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL H.A.C.R.E. Y EL ARSENICISMO MEDICAMENTOSO*. REV. ARGENT. DERMATOL. 1995
- GABRIELA CONCHA, GERARDO VOGLER ,BARBRO NERMELL ,MARIE VAHTER. *INTRA-INDIVIDUAL VARIATION IN THE METABOLISM OF INORGANIC ARSENIC*. INT. ARCH. OCCUP. ENVIRON. HEALTH 75: 576–580.2002
- GIMÉNEZ M.C., BENÍTEZ M.E.; OSICKA R. M.; CASTRO M.P, *DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO TOTAL EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL DEPARTAMENTO COMANDANTE FERNÁNDEZ (CHACO, ARGENTINA)*, REV. INFORMACIÓN TECNOLÓGICA, 11 (2), 19-22. 2000.
- GOLLAN, J. , LACHAGA, D. *AGUAS DE LA PROVINCIA DE SANTA FE*. INST. EXPERIMENTAL DE INVESTIGACIÓN Y FOMENTO AGRÍCOLA-GANADERO (SANTA FE), PUB. Nº 12. 1939
- GONSEBATT, M. E.; VEGA, L. ; HERRERA, L. A.; MONTERO R. ; ROJAS, E. ; CEBRIAN, M. E.; OSTROSKY – WEGMAN , P. *INORGANIC ARSENIC EFFECT ON HUMAN LYMPHOCYTE STIMULATION AND PROLIFERATION*. MUTAT. RES. 283: 91 - 95.1992
- GONSEBATT, M. E.; VEGA, L. ; MONTERO R.; GARCÍA –VARGAS, G.; DEL RASO, L. M.; CEBRIAN, M. E.; OSTROSKY – WEGMAN , P. *LYMPHOCYTE REPLICATING ABILITY IN INDIVIDUALS EXPOSED TO ARSENIC VIA DRINKING WATER*. MUTAT. RES. 313: 293 – 299. 1994
- GONSEBATT, M. E.; VEGA, L.; SALAZAR. A. M.; MONTERO R. ; GUZMAN, P. ; BLAS, J. GARCÍA VARGAS, G, DEL RASO, L. M., ALBORES, A. ; CEBRIAN, M. E.; KELCH, N. ; OSTROSKY – WEGMAN , P. *CYTOGENETIC EFFECTS IN HUMAN EXPOSURE TO ARSENIC*. MUT. RES.286.1997
- GRINSPAN, D. *ENFERMEDADES DE LA BOCA*. EDIT. MUNDI, TOMO IV, Bs. As., 1982.
- HINWOOD L. ANDREA, SIM R. MALCOM, DE KLERK NICK, DRUMMER OLAF, GEROSTAMOULOS JIM, AND BASTONE B. ELISA . *ARE 24- HOUR URINE SAMPLES AND CRETININE ADJUSTMENT REQUIRED FOR ANÁLYSIS OF INORGANIC ARSENIC IN URINE IN POPULATION STUDIES?*. ENVIRONMENTAL RESEARCH SECTION A 88, 219-224. 2002
- JACK C. NG, JIANPING WANG, AMJAD SHRAIM, *A GLOBAL HEATH PROBLEM CAUSED BY ARSENIC FROM NATURAL SOURCES*. CHEMOSPHERE 52 1353-1359. 2003. [HTTP://WWW.ELSEVIER.VOM7LOCATE/CHEMOSPHERE](http://www.elsevier.vom7locate/chemosphere)
- KIEEFER, L.A., BEVILACQUA, A.R. *DESCRIPCIÓN HIDROQUÍMICA DEL DEPARTAMENTO SAN CRISTÓBAL*. DIRECCIÓN GRAL. DE SUELOS Y AGUAS, DPTO.DE AGUAS, DIV. HIDROQUÍMICA. PUB. DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DE LA PCIA. DE SANTA FE. 1977
- MARIE VAHTER. *MECHANISMS OF ARSENIC BIOTRANSFORMATION*. TOXICOLOGY 181–182 211–217.2002
-

## BIBLIOGRAFÍA

---

- MARTÍN R., B. FARÍAS, J. CORTÉS, J. THIR Y A. STORNILO. *IDENTIFICACIÓN DE UNA CAPA DE CENIZA VOLCÁNICA SOMERA Y SU IMPLICANCIA EN EL CONTENIDO DEL OLIGOELEMENTO ARSÉNICO EN EL ACUÍFERO LIBRE, DPTO ROBLES, SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA*. EN: 1ST JOINT WORLD CONGRESO ON GROUNDWATER. FORTALEZA, BRASIL. ANAIS. 2000
- MUÑOZ OCIEL, BASTIAS JOSÉ MIGUEL, ARAYA MACARENA, MORALES ANDREA, ORELLANA CLAUDIA, REBOLLEDO ROSA, VELEZ DINORAZ. *ESTIMATION OF THE DIETARY INTAKE OF CADMIUM, LEAD, MERCURY, AN ARSENIC BY THE POPULATION OF SANTIAGO (CHILE) USING A TOTAL DIET STUDY*. FOOD AND CHEMICAL TOXICOLOGY 43, 1647-1655. 2005
- MURPHY, E.A. Y AUCOTT M. *AN ASSESSMENT OF THE AMOUNT OF ARSENIACAL PESTICIDES USED HISTORICALLY IN A GEOGRAPHICAL AREA*. THE SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT 218 :89-101. 1998
- NAVONI, J. A.; EL KASSISSE, Y.; PIÑEIRO, A. E.; SOSA, G.; PANDOLFO, M.; KUPREWICZ, A.; LÓPEZ, C. M.; VILLAAMIL LEPORI, E. C.; ROSES, O. E. *VALORES DE REFERENCIA DE ARSÉNICO TOTAL URINARIO EN POBLACIONES NO EXPUESTAS PROFESIONALMENTE*. ACTA TOXICOL. ARGENT. 12 (SUPL.): 19 ISSN 0327-9286. 2004
- NICOLLI, H.B, O'CONNOR, T. E., SURIANO, J.M., KOUKHARSKY, M.L., GÓMEZ PERAL, M. A., BERTINI, L., COHEN, I. M., CORRADI, L., BALEANI, O.A., ABRIL, E.G. *GEOQUÍMICA DEL ARSÉNICO Y OTROS OLIGOELEMENTOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA LLANURA SUDORIENTAL DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA*. MISCELÁNEA N° 71, ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS. COM. NAC. DE INVESTIGACIONES ESPECIALES, CÓRDOBA, 111PAGS. 1985
- PALAZZO R. & D. SOSA. *RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN HIDROGEOLÓGICA*. CONVENIO INA-SPAR. INFORME TÉCNICO. 2002
- PALAZZO R. & G. CRUZ. *EL USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA COMO FUENTE DE PROVISIÓN EN LOS DISTINTOS SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PROVINCIA DE SANTA FE*. EN: CONGRESO NACIONAL DEL AGUA, SANTA FE. Pp 129-138. 1998
- PÉREZ, C D. *ARSÉNICO Y CÁNCER CUTÁNEO: DETERMINACIÓN ANALÍTICA EN SANGRE, ORINA, PELO Y UÑA*. ACTAS DERMATOSIFILGRÁFICAS, 1996.
- PROGRAMA AGUA POTABLE A PEQUEÑAS COMUNIDADES. PROVINCIA DE FORMOSA. CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES. 1997-1998.
- ROJAS, E., LOPEZ, M.C., VALVERDE, M. *SINGLE CELL GEL ELECTROPHORESIS ASSAY: METHODOLOGY AND APPLICATIONS REVIEW*. JOURNAL OF CHROMATOGRAPHY B, 722 225-254.1999
- SAENZ-MEDEL A. *THE ROL OF PLASMAS, AND OTHER ATOMIC SPECTROSCOPY TECHNIQUES, IN TODAY'S CLINICAL AND BIOLOGICAL ANALYSIS*. QCA.ANA. VOL. 10 N 4 : 281-301. 1991.
- SALDIVAR, R. *ARSENIC DOSE IN PATIENTS WITH CUTANEOUS CARCINOMATA AND HEPATIC HAEMANGIO-ENDOTHELIOMA. AFTER ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL EXPOSURE*. ARCH. TOXICOL. 1981.
- SANTOLAYA BIONDI, R Y COLS. *ARSÉNICO IMPACTO SOBRE EL HOMBRE Y SU ENTORNO, II REGIÓN DE CHILE (ANTOFAGASTA) (1992-1993)* PROGRAMA AMBIENTE. JULIO 1995.
- SCHOEN, A.; BECK, B.; SHARMA, R. DUBÉ, E. *ARSENIC TOXICITY AT LOW DOSES: EPIDEMIOLOGICAL AND MODE OF ACTION CONSIDERATIONS*. TOXICOLOGY AND APPLIED PHARMACOLOGY 198: 253 – 267. 2004
- SMITH ALAN H Y COLS. *MARKED INCREASE IN BLADDER AND LUNG CANCER MORTALITY IN A REGION OF NORTHERN CHILE DUE TO ARSENIC IN DRINKING WATER*. AMERICAN JOURNAL EPIDEMIOLOGY. 1998.
- SOSA, D.C, MANAVELLA, C.H, GENESIO, M. A., JORDA, J., MACIEL, J., PALAZZO, R., ZAPATA, C. *ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA LOCALIDAD DE CERES*. INFORME TÉCNICO. 1989
- TELLO, E. *LAS MANIFESTACIONES DEL HIDROARSENICISMO CRÓNICO REGIONAL ENDÉMICO ARGENTINO (HACREA)* ARCH. ARGENT DERMATOL. 1981
- TELLO, E:Y COLS. *HIDROARSENICISMO CRÓNICO REGIONAL ENDÉMICO*. 1951
- TELLO, E. *LOS CÁNCERES DE LOS ÓRGANOS COINCIDENTES CON EPITELIOMAS CUTÁNEOS EN EL HIDROARSENICISMO CRÓNICO REGIONAL ENDÉMICO ARGENTINO (HACREA)* SEMANA MÉD, 1980.
- TRELLES, R.A., LARGHI, A., PÁEZ, J.P. *EL PROBLEMA SANITARIO DE LAS AGUAS DESTINADAS A BEBIDA HUMANA, CON CONTENIDOS ELEVADOS DE ARSÉNICO, VANADIO Y FLÚOR*. SANEAMIENTO, 34; 31-80. 1970
-

- TUJCHNEIDER O.; M. PARIS; M. D'ELIA; M. PEREZ & M. FILI.. *MODELO DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN EL CENTRO-OESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA FE-ARGENTINA*. 2000. EN: I CONGRESO MUNDIAL INTEGRADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. FORTALEZA, BRASIL, AGOSTO DEL 2000. Pp. 138 Y 139 LIBRO DE RESÚMENES Y CD ROM.
- VAHTER MARIE Y COLS. *A UNIQUE METABOLISMO OF INORGANIC ARSENIC IN NATIVE ANDEAN WOMEN*. EUROPEAN JOURNAL OF PHARMACOLOGY. 1995
- WHO. *INTERNATIONAL PROGRAMS ON CHEMICAL SAFETY. GUIDELINES FOR DRINKING WATER QUALITY. HEALTH CRITERIA AND OTHER SUPPORTING INFORMATION*. 2ND EDITION. GENEVA: WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1996
- ZALDIVAR, R Y COLS. *INTOXICACIÓN ARSENICAL CRÓNICA. DATOS EPIDEMIOLÓGICOS, CLÍNICOS, PATOLÓGICOS, TOXICOLÓGICOS Y NUTRICIONALES*. REV. MED. CHILE 1978

## OTRAS PUBLICACIONES DE ESTA SERIE

---

**1. LA PROBLEMÁTICA DE LOS AGROQUÍMICOS Y SUS ENVASES, SU INCIDENCIA EN LA SALUD DE LOS TRABAJADORES, LA POBLACIÓN EXPUESTA Y EL AMBIENTE.**

Resolución MSyA N° 1221/04

**2. DIAGNÓSTICO SOBRE EL USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS DE USO DOMÉSTICO.**

Resolución MSyA N° 393/05

**1.**



---

**LA PROBLEMÁTICA DE LOS AGROQUÍMICOS  
Y SUS ENVASES, SU INCIDENCIA EN LA SALUD  
DE LOS TRABAJADORES, LA POBLACIÓN EXPUESTA  
Y EL AMBIENTE.**

**Resolución MSyA N° 1221/04**

## RESUMEN EJECUTIVO

Los agroquímicos utilizados en el control de plagas y los fertilizantes y aditivos destinados a maximizar los rendimientos de cosecha y mejorar la calidad edafológica poseen una marcada incidencia ambiental. Son capaces de producir contaminación en suelos y aguas tanto superficiales como subterráneas, generando riesgo de intoxicación de seres vivos, de lo cual no se encuentra excluido el hombre. La familia que se desarrolla en el ámbito rural, frecuentemente se encuentra expuesta a los efectos de agroquímicos por causas ambientales y laborales. En general toda la familia colabora en las tareas; así la exposición comienza a edades muy tempranas, desde la misma concepción, debido a que la joven se incorpora a tareas domésticas y laborales jugando la mujer un rol muy activo y comprometido en el uso de la maquinaria de producción rural. En la generalidad de los casos, los aplicadores de estos productos pertenecen a un sector de mano de obra de escasos recursos, que no cuenta con capacitación suficiente y desconoce los potenciales peligros de los mismos.

Basados en un diagnóstico precoz de la realidad, el presente trabajo tuvo como objetivo obtener un cuadro de situación relativo al manejo de agroquímicos en las distintas zonas agrícolas del país, su forma de uso, la identificación de los de mayor consumo y el manejo y disposición final de sus envases, como así también relevar el estado sanitario de los trabajadores y sus familias, considerando especialmente la situación de los niños expuestos a sus efectos y el estudio de enfermedades asociadas a su utilización.

Los resultados obtenidos demuestran una realidad determinante en cuanto al manejo inadecuado e indiscriminado de plaguicidas como también la falta de protección del personal aplicador y su familia, siendo en algunas regiones más comprometido que en otras. Una problemática ampliamente instalada es la acumulación de envases contaminados en los predios agrícolas y la falta de respuesta para su manejo y disposición final. Como instrumento de diagnóstico se desarrolló la "Encuesta al Productor sobre el Uso de Agroquímicos y sus Envases", herramienta que puede ser utilizada para la replicación del estudio en otras áreas del país. Los Reportes desarrollados destacan por la vastedad de la información reunida y manifiestan la profesionalidad y alto nivel académico de todos los Becarios y Expertos participantes.

A la luz de la magnitud real y urgente del problema de manejo de agroquímicos, surgieron las recomendaciones:

- Prioritario informar y capacitar a la población en general (en especial a los más vulnerables: trabajadores, niños y mujeres), a los profesionales de la salud, de la producción, educadores y sectores responsables de la toma de decisiones acerca de los daños derivados del manejo inadecuado de agroquímicos; informar y capacitar ampliamente sobre las medidas de protección y prevención para evitar intoxicaciones agudas y exposición crónica a bajas dosis;
- Abrir nuevas líneas de investigación que contemplen el desarrollo de mejores tecnologías disponibles y mejores prácticas ambientales, como así que se debata sobre las formas de protección factibles de aplicar ampliamente, confiables y seguras;
- Generar pautas para el logro de cambios de comportamiento de los trabajadores agrícolas y de la población en general para el consumo de alimentos agrícolas saludables y no necesariamente estéticos;

- Trabajar en educación en Salud y Ambiente en todos los niveles para poder diagnosticar y promover acciones de prevención de las enfermedades relacionadas a la exposición indeseada a agroquímicos y sus envases.
- Tener siempre presente el alto grado de exposición de los niños a agroquímicos en los ambientes rurales, ya sea debido a situaciones ambientales o al alto grado de participación en las tareas familiares rurales.

La problemática de los envases de agroquímicos debe abordarse integralmente y desde su origen hasta la disposición final ambientalmente adecuada. Todas las medidas que se adopten pensando solo en la disposición final, a cargo y de responsabilidad del productor rural como último usuario, serán paliativas y parciales en virtud del gran problema que representa este tipo de residuos y también a la falta de alternativas confiables y no contaminantes.

No existe normativa que regule cuál debe ser el material utilizado, forma y color de los envases de agroquímicos, etiquetado, forma de identificación clara y visible sobre el tipo de material del que está realizado el envase, el uso al que se destina y la disposición final adecuada.

Estos envases se caracterizan como residuo peligroso por haber contenido sustancias tóxicas; se le suma además, la posible toxicidad derivada de su misma composición química y del manejo inadecuado para su disposición final. Se puede hacer referencia, por ejemplo, a los envases de plástico clorado y/ o a la toxicidad de los colorantes como metales pesados (plomo u otros) que contengan estos plásticos.

En lo que hace al marco normativo para la disposición final adecuada de los envases, se analizó en conjunto la valiosa información obtenida. Se identificaron vacíos legales y normativos, como también, debilidades en cuanto a los recursos y capacidades disponibles para el control a lo largo de todo el proceso, tanto a nivel público como privado, en todas las provincias involucradas en el estudio y a nivel nacional.

Bajo estas consideraciones preliminares, se recomienda:

**1.** Se advierte que se fabrican y encuentran a la venta en el mercado envases de iguales características pero destinados a diferentes usos; por ejemplo, a contener alimentos (jugos de fruta) y a transportar agroquímicos. Se recomienda normar sobre las características de los envases destinados a contener agroquímicos para que:

- Sean claramente identificables y caracterizables (por forma y color). Se apunta a evitar accidentes; clasificar más fácilmente para uso y re-uso, reciclado y disposición final adecuada.
- Se utilicen materiales en su fabricación que faciliten su recolección, transporte al sitio de disposición final, reducción del volumen del residuo y la disposición final adecuada para minimizar el daño y efectos sobre la salud humana y el ambiente.

**2.** Brindar información clara en el mismo envase, en un lugar a la vista del usuario (no en el fondo o base del recipiente), utilizando símbolos legibles y de fáciles interpretaciones (preferiblemente reconocibles y acordadas en convenciones anteriores). No se aconseja la utilización de etiquetas para este procedimiento ya que pueden despegarse con el uso y el tiempo.

**3.** "Internalización de los costos": Los costos de la disposición final (acopio, embalajes, traslados y disposición final) deberían ser asumidos por los productores de agroquímicos sin ser trasladado al usuario en virtud de tratarse de un costo inherente a la comercialización del producto.

**4.** Monitorear la producción y realizar el seguimiento continuo del ciclo de vida dada la alta peligrosidad que conlleva este tipo de envases. Se debería poner especial atención en:

- el uso y re-uso
- Reciclado de los envases
- aplicación de los materiales de recuperación y reciclado

Se debería definir los usos de aplicación de los materiales de recuperación, acorde a su posible toxicidad prestando atención al destino final en su nuevo ciclo de vida.

**5.** Se debería normar sobre el método de tratamiento para disposición final de los envases acorde a la naturaleza de los materiales sus usos. Se debería someter a los envases a un método de tratamiento adecuado; prestándose especial atención a los materiales de su composición para evitar el vertido de contaminantes al ambiente.

**ORGANIZACIÓN NO GUBERNAMENTAL COORDINADORA:**

Asociación Argentina de Médicos por el Medio Ambiente (AMMA).

**INSTITUCIONES PARTICIPANTES:**

- Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Comahue.
- Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Buenos Aires.
- Cátedra de Toxicología. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Misiones.
- INTEC. CONICET. Provincia de Santa Fe.
- Facultad de Ingeniería Química. Unidad Académica Reconquista. Universidad Tecnológica Nacional.
- Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy.

**PROVINCIAS DEL PAÍS EN LAS QUE SE LLEVÓ A CABO LA INVESTIGACIÓN:**



**2.**



---

## **DIAGNÓSTICO SOBRE EL USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS DE USO DOMÉSTICO**

**Resolución MSyA N° 393/05**

## RESUMEN EJECUTIVO

Los plaguicidas han sido incorporados a lo largo de la historia a los centros urbanos como productos de uso común en los hogares, ampliando tanto sus formas de presentación y aplicación, constituyéndose así los llamados plaguicidas de uso doméstico. Son utilizados en el control de organismos no deseados en viviendas, huertas y jardines, ectoparásitos del hombre y animales, y en la lucha antivectorial de los organismos de salud pública (campañas de erradicación de vectores de paludismo, Chagas, dengue, fiebre amarilla).

La gran difusión de éstos y su oferta comercial en supermercados y puntos de venta diversos hacen que, frente al uso tan familiarizado, se pierda la conciencia sobre las características del producto que se está utilizando y el riesgo asociado al mismo. La creencia establecida que la aplicación de plaguicidas es una práctica de estricta norma de higiene en los consorcios de departamentos forma parte de esta conciencia errónea.

En general, los países en vías de desarrollo reportan una elevada incidencia de intoxicaciones agudas por plaguicidas sobre todo en el ámbito domiciliario (casas y jardines) en zonas urbanas. Son frecuentes las intoxicaciones en niños pequeños, generalmente menores de 6 años. Esto obedece al descuido de las personas a cargo, o al uso inadecuado de los mismos. Pero también debemos dar cuenta de un nivel educacional deficiente que determina la escasa percepción de los riesgos, una escasa comprensión de las instrucciones de uso o la falta de conocimiento necesario para el manejo adecuado de los plaguicidas, por parte de los usuarios. Cabe destacar también la falta de legislación que regule sobre el tema o el incumplimiento de las leyes cuando éstas existen.

El presente estudio tuvo, entre sus propósitos más relevantes, la identificación y el análisis de la problemática desde los diferentes sectores involucrados en la aplicación, comercialización y manipulación de plaguicidas de uso doméstico; el reconocimiento del grado y tipo de información que posee la población acerca del tema; y el relevamiento y clasificación de cuáles son los productos y las prácticas más comúnmente instaladas en los hogares e instituciones públicas de las nueve provincias seleccionadas.

Considerando el objetivo fundamental de este proyecto de "obtener un diagnóstico general de situación respecto del uso y manejo de plaguicidas domésticos" en nuestro país, las acciones involucradas fueron:

a) Búsqueda de bibliografía, b) Caracterización de área de estudio, c) Encuesta de hogares, d) Relevamiento de comercios que expenden plaguicidas, d) Instituciones de Salud y Educativas, e) Entrevistas a responsable de Empresa de Control de Plagas, f) Entrevista a funcionarios y técnicos de organismos gubernamentales, g) Relevamiento de normativas vigentes.

Se visitaron 3661 viviendas en 9 ciudades del país (Capital Federal, Córdoba, La Plata, Guaymallén, Posadas, Santa Fe, San Luis, San Salvador de Jujuy y Trelew).

La plaga más combatida son los mosquitos en todas las ciudades encuestadas seguidos de cucarachas, moscas, hormigas, ratas, garrapatas y pulgas.

Los principios activos detectados en las entrevistas de hogares fueron: Piretroides (Tetrametrina-Cipermetrina-Deltametrina), Organofosforados (Clorpirifos y Fenitrothion) y Anticoagulantes.

Ninguno de los comercios encuestados tenía la leyenda de "Productos Tóxicos" exhibida en las góndolas. Las marcas líderes son las de mayor venta. Los insecticidas son los productos de mayor demanda, y las presentaciones en aerosol y tabletas son las más requeridas. El fraccionamiento se observó en pocos comercios de venta de productos de limpieza que venden "piretroides", los que fraccionan en su mayoría en botellas de gaseosas, aportadas por los clientes y en la mayoría de los casos sin la rotulación pertinente.

El uso de plaguicidas, por parte de nuestra población está muy difundido. Los insectos son las plagas más combatidas, se hallan presentes en todos los espacios (hogares, instituciones) y en todo el país.

Los principios activos de mayor consumo están relacionados con piretroides y en menor medida con inhibidores de colinesterasa. Los cuales se encuentran al alcance de todos, ya que son adquiridos en supermercados, minimercados sin asesoramiento adecuado. Se observa una falta de control en los comercios, en general hay una ausencia de regulación, no se respetan las pocas normas actuales, o bien se tiene desconocimiento de ellas. No se tiene en cuenta los efectos de los plaguicidas en la salud de niños y embarazadas.

Solo se podrá obtener un resultado significativo cuando el problema se analice desde diferentes puntos de vista: económico, técnico y social. Solo conociendo la problemática se podrán generar campañas y políticas tendientes a informar a la población sobre los efectos tóxicos de los plaguicidas de uso doméstico, y elaborar estrategias eficaces para un cambio frente a su uso y comercialización.

Del estudio realizado surgieron como recomendaciones:

- Jerarquizar el tratamiento del tema a nivel gubernamental (precisar y comunicar claramente qué sector se responsabilizará centralmente de la temática; afectar recursos al tratamiento de problemáticas asociadas al uso y manipulación de domisanitarios).
- Fortalecer la capacidad institucional de las áreas gubernamentales provinciales y municipales dedicadas a la aplicación de plaguicidas en zonas urbanas.
- Desarrollar estrategias de capacitación destinada a todas las personas que habitualmente se encuentran vinculadas a la aplicación o manipulación de plaguicidas en las instituciones públicas (porteros, personal de intendencia, etc.).
- Incluir el tema de plaguicidas, salud y ambiente en la enseñanza en las carreras de medicina, enfermería y de ciencias de la salud, así como en otros ámbitos universitarios afines a esta problemática.

**ORGANIZACIÓN NO GUBERNAMENTAL COORDINADORA DEL PROYECTO:**

Sociedad Argentina de Pediatría (SAP).

**INSTITUCIONES PARTICIPANTES:**

- Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe.
- Hospital de Niños "Montes de Oca". Ministerio de Salud. Buenos Aires.
- Cátedra de Toxicología, Facultad Ciencias Exactas. Universidad Nacional La Plata.
- Ministerio de Ecología, Recursos Naturales Renovables y Turismo. Misiones.
- Clínica Universitaria "Reina Fabiola". Universidad Católica de Córdoba.
- Hospital General de Agudos "Cosme Argerich". Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Hospital General de Niños "Pedro de Elizalde". Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Unidad de Pediatría Ambiental.
- Hospital Humberto Notti. Mendoza. Centro de Toxicología.
- Facultad de Bioquímica y Farmacia. Cátedra de Toxicología. Universidad Nacional de San Luis. San Luis.
- Universidad Nacional de Jujuy. Jujuy.
- Hospital Zonal Trelew. Chubut.
- Subcomisión de Salud Ambiental. Sociedad Argentina de Pediatría.

**PROVINCIAS DEL PAÍS EN LAS QUE SE LLEVÓ A CABO LA INVESTIGACIÓN:**



---

## DATOS DE CONTACTO



**Coordinadora: Dra. Silvia Nonna**

**Biól. Carla Figliolo**  
**Biól. Leandro Fernández**  
**Trad. Gabriela Dasso**

**Dra. Natalia Waitzman**  
**Dra. Gladys Marchese**  
**Prof. Marina Vila Quiroz**

San Martín 451, piso 3, Of. 316-318 (C1004AAI)  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina  
Tel. 0054 11-4348 8373/ 8232/8338/8329/8337  
Pág. Web: [www.ambiente.gov.ar/unida](http://www.ambiente.gov.ar/unida)  
Correo electrónico: [unida@ambiente.gov.ar](mailto:unida@ambiente.gov.ar)



.....  
**Asociación Toxicológica Argentina**

Adolfo Alsina 1441, oficina 302 (1088)  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina  
Tel./Fax: 0054 11 4381-6919  
Pág. Web: [www.ataonline.org.ar](http://www.ataonline.org.ar)  
Personería jurídica Nro. 331/90

**ELABORACIÓN  
DEL INFORME FINAL:**

Claudia Swiecky

**BECARIOS**

Mónica Benítez, Chaco  
Directora: Cecilia Giménez

Marcelo Biaggini, Salta  
Director: Roberto Biaggini

Ximena Cáceres, San Juan  
Director: Roberto Cáceres

Gabriela González, Córdoba  
Director: Raúl G. Badini

Raúl Grigolato, Santa Fe  
Directora: Elisa Kaczan

Adriana Hick, C.A.B.A.  
Directora: Marta Carballo

Silvia Molina, San Juan  
Director: Daniel Gómez

Mónica Olivera, C.A.B.A.  
Directora: Edda Villaamil

Claudia Swiecky, C.A.B.A.  
Directora: Susana García

Javier Tschambler, Jujuy  
Directora: Graciela Bovi



La presente publicación tiene por objeto ofrecer la información obtenida como resultado de una de las investigaciones mencionadas: "Epidemiología del Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE) en la República Argentina", cuyos objetivos consistieron en conocer la influencia de los factores de riesgo para el desarrollo del HACRE, identificar las áreas de riesgo y experimentar con métodos alternativos de abatimiento de arsénico a través de prototipos a pequeña escala de plantas de tratamiento de agua.

Es nuestro propósito que el aporte de este estudio contribuya a la toma de decisiones que permitan el mejoramiento del abastecimiento público de agua, la implementación de métodos alternativos de abatimiento y el desarrollo de los correspondientes programas de educación para la salud y campañas de prevención que brinden información a la población con el fin de concientizar sobre los riesgos de la exposición a aguas con contenido de arsénico y posibilitar una adecuada atención de las comunidades expuestas.

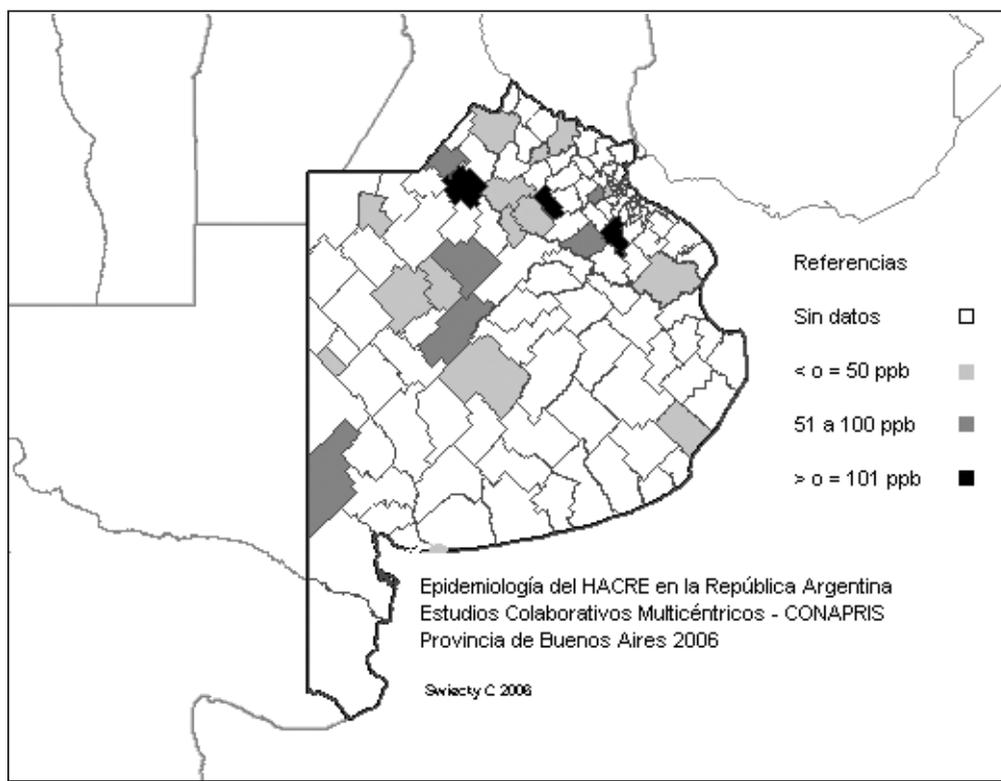
## **ANEXO**



---

### **MAPAS DE RIESGO POTENCIAL POR PROVINCIA Y TABLA RESUMEN**

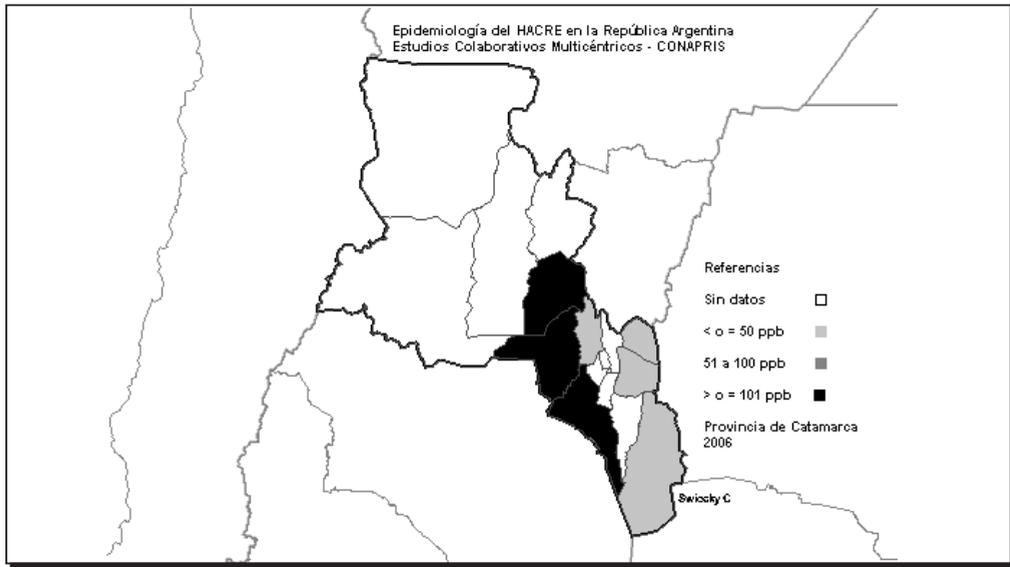
**PROVINCIA DE BUENOS AIRES SEGÚN CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO EN AGUAS POR PARTIDO  
ABRIL 2006**



Fuente: Cátedra de Toxicología. Facultad de Farmacia y Bioquímica. UBA. Período 1981-2005

**PROVINCIA DE CATAMARCA SEGÚN RANGO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO**

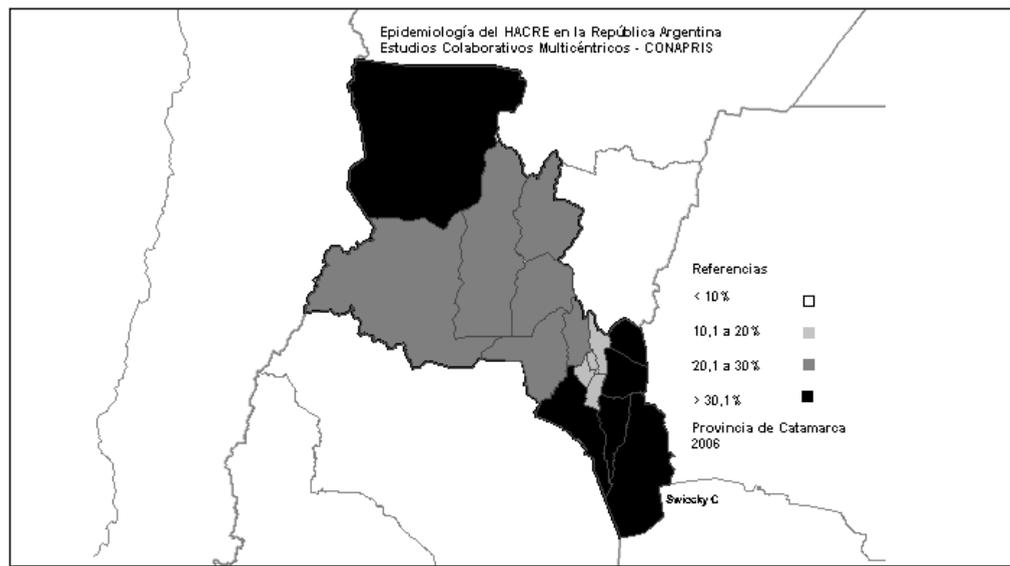
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a: Vilches F. *El arsénico en la provincia de Catamarca, Argentina*. En Galindo G: Arsénico en aguas-origen, movilidad y tratamiento. IV Congreso Argentino de Hidrogeología. Córdoba. 2005

**PROVINCIA DE CATAMARCA SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO**

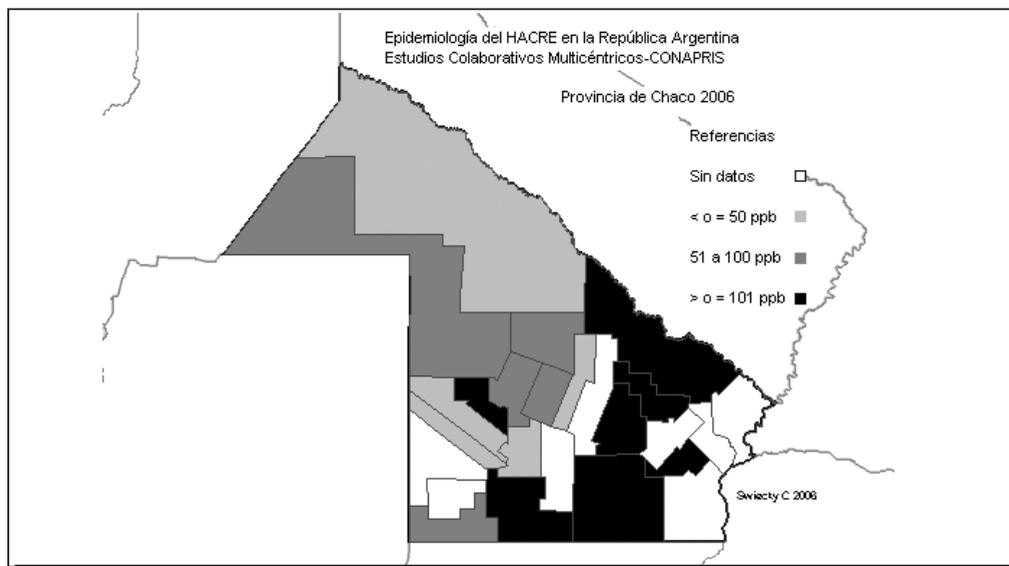
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

**PROVINCIA DE CHACO SEGÚN RANGO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO**

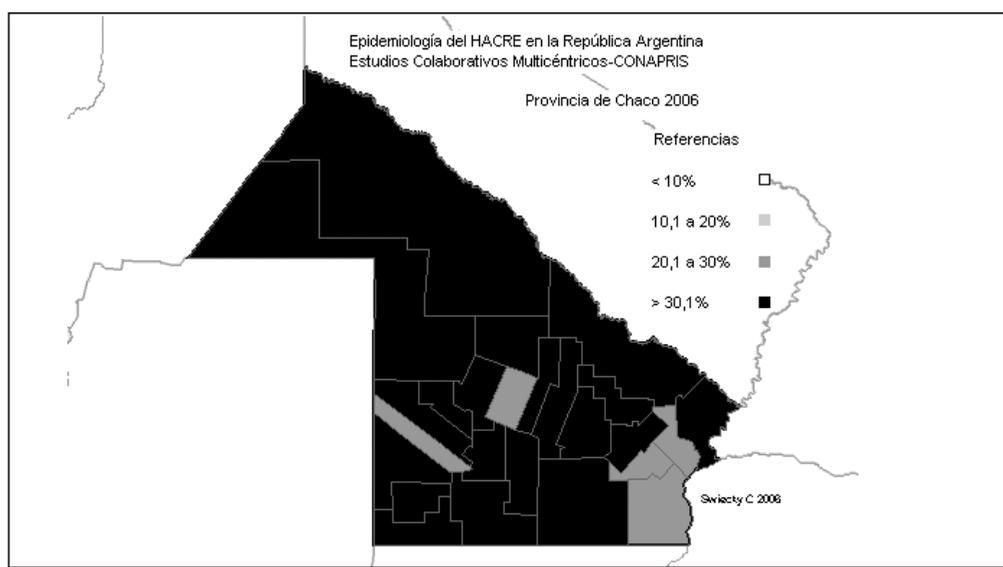
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a: Laboratorio de QAG. UNNE. 1994 - 2006  
Departamento Laboratorio de Aguas. APA Chaco. 1974 - 2004

**PROVINCIA DE CHACO SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO**

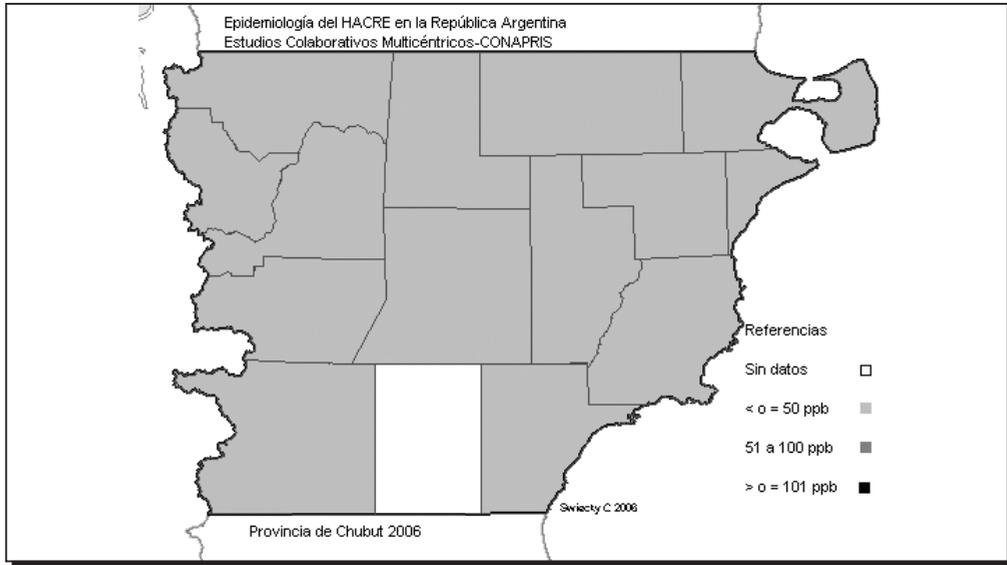
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

**PROVINCIA DE CHUBUT SEGÚN RANGO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO**

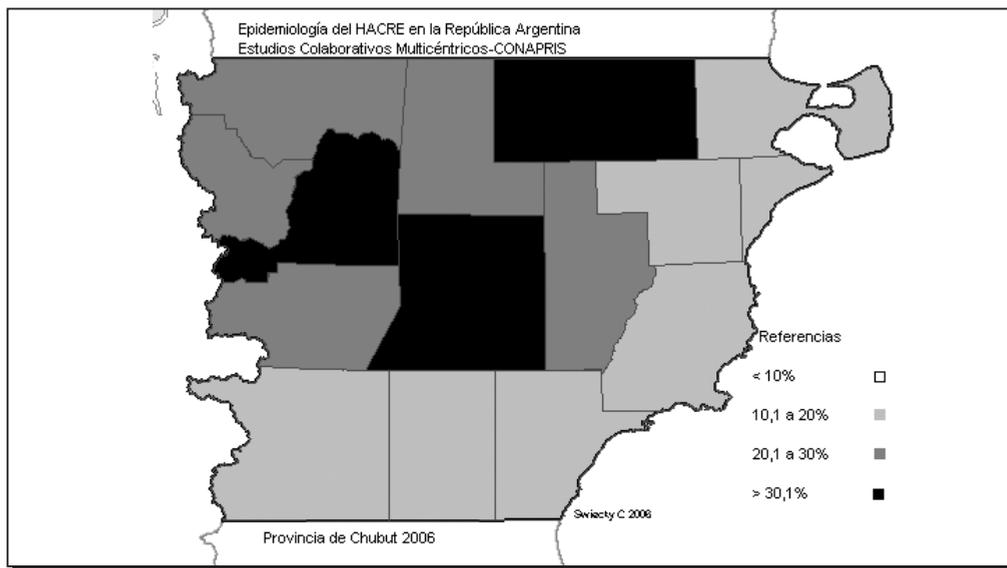
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a: Sandali G. Dir. Salud Amb. Chubut. 2004-2005

**PROVINCIA DE CHUBUT SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO**

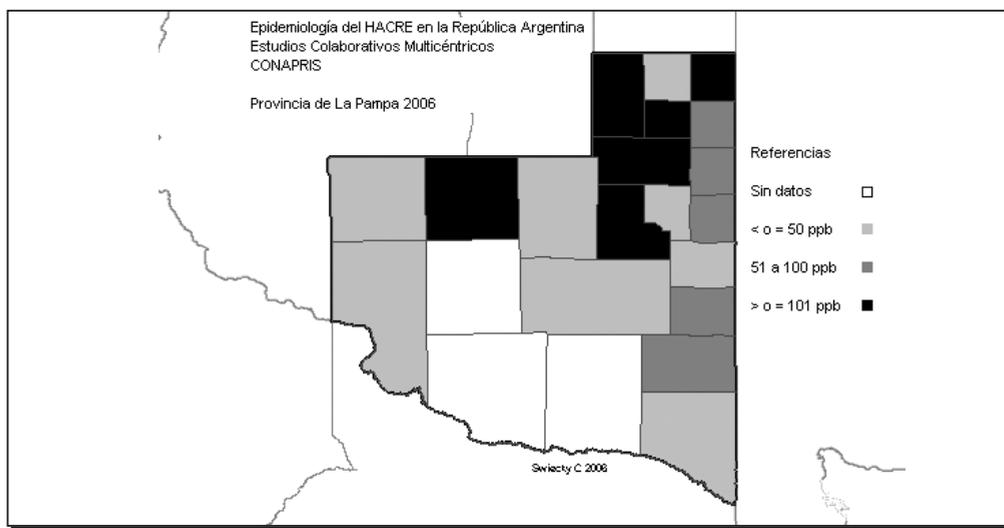
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

**PROVINCIA DE LA PAMPA SEGÚN RANGO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO**

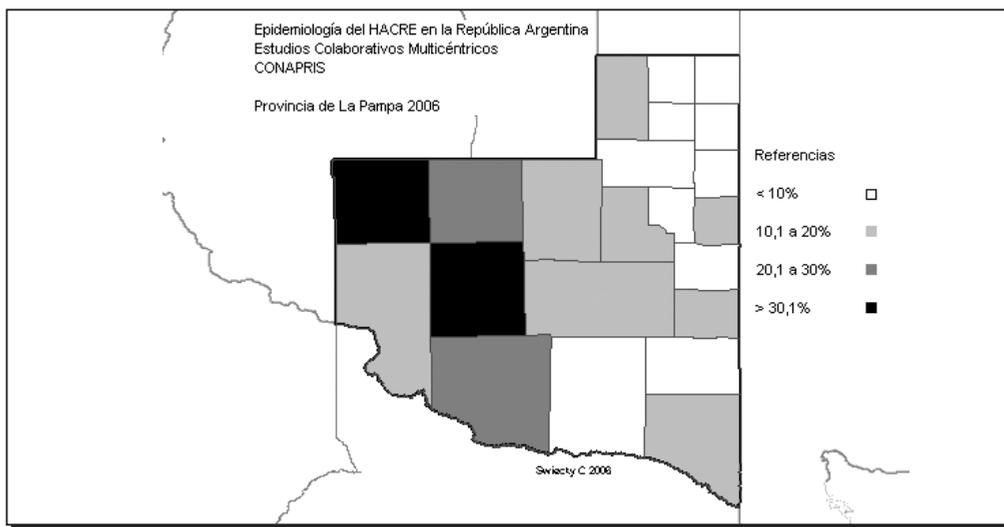
ABRIL 2006



Elaboración propia en base a: Muñoz M. *Remoción de arsénico y Fluor. Estudio de un caso en la localidad de Eduardo Castex, La Pampa*. En Galindo G. *Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento*. IV Congreso Hidrogeológico Argentino. Córdoba. 2005  
 Schulz C. *Presencia de arsénico en las aguas subterráneas de La Pampa*. En Galindo G. *Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento*. IV Congreso Hidrogeológico Argentino. Córdoba. 2005  
 Medus M. *Variación temporal de los contenidos de arsénico en la batería de pozos que abastece a General Pico, La Pampa*. En Galindo G. *Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento*. IV Congreso Hidrogeológico Argentino. Córdoba. 2005  
 Schulz C. *Hidrogeoquímica del acuífero del Valle Argentino (L.P). Aptitud del agua para uso humano y rural*. En Bocanegra - Martínez: *Groundwater and human development*. 2002  
 Smedley P. *Hydrogeochemistry of arsenic and other inorganic constituents in groundwaters from La Pampa, Argentina*. *Applied Geochemistry* 17 (2002) 259-284

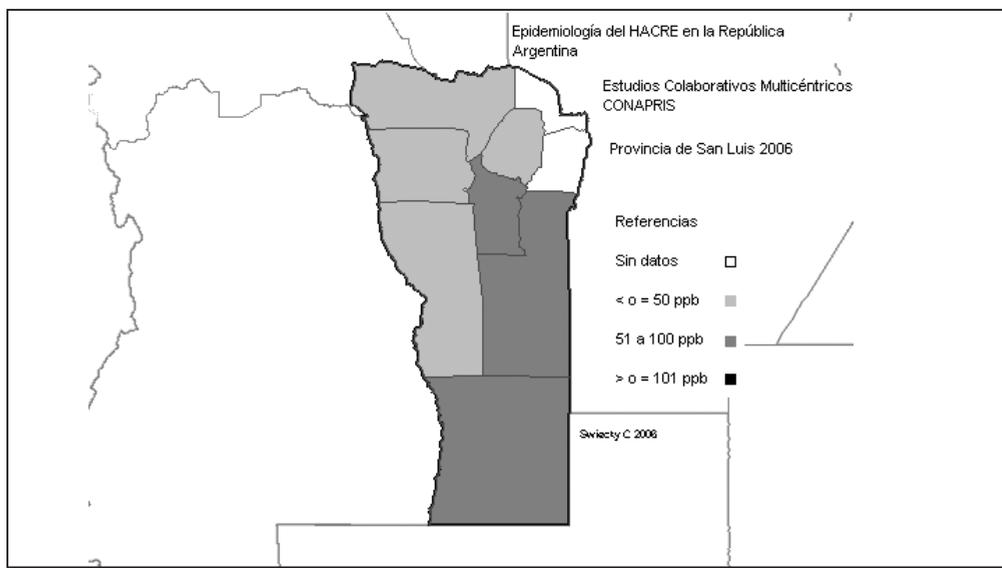
**PROVINCIA DE LA PAMPA SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO**

ABRIL 2006



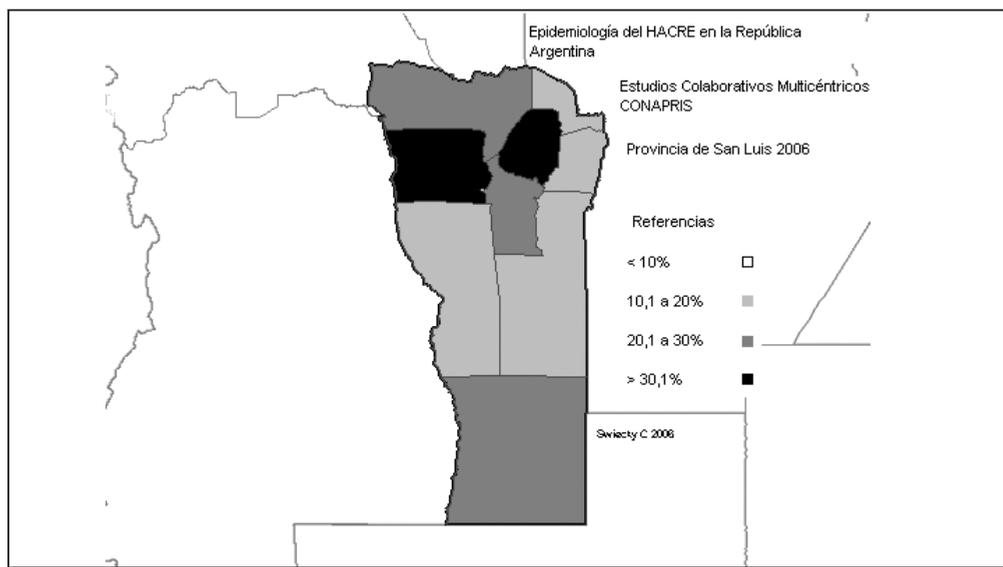
Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

**PROVINCIA DE SAN LUIS SEGÚN RANGO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO  
ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a: González D, Ferrúa N. *Arsénico en aguas de San Luis (Argentina). Uso de un equipo alternativo al de Gutzeit modificado*. Acta Toxicol. Argent. (2003) 11 (1):3-6.  
González D, Ferrúa N. *Arsénico en agua de consumo humano en poblaciones de las provincias de San Luis y Buenos Aires*. Acta Toxicol. Argent. (2004) 12 (supl):7.

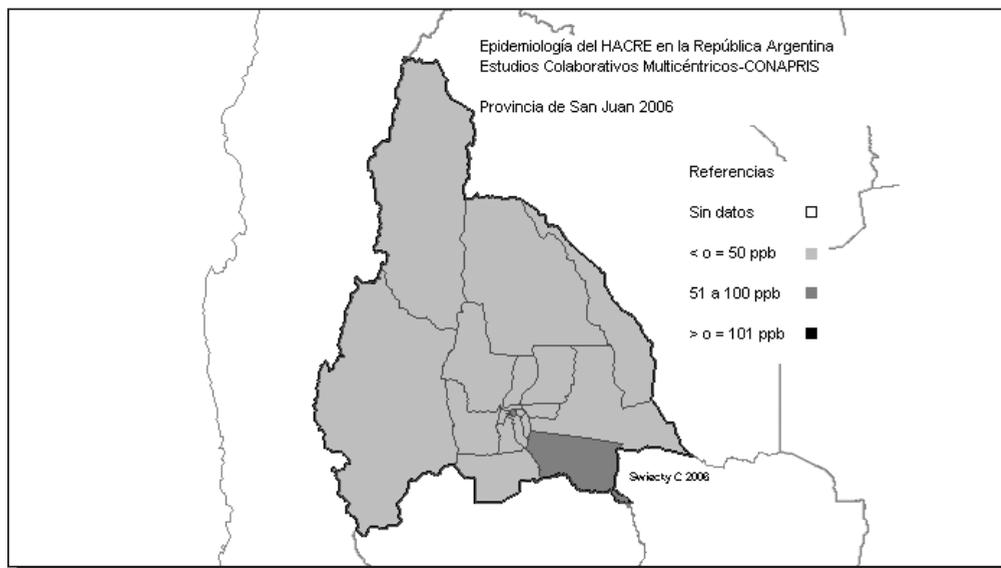
**PROVINCIA DE SAN LUIS SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO  
ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

**PROVINCIA DE SAN JUAN SEGÚN RANGO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO**

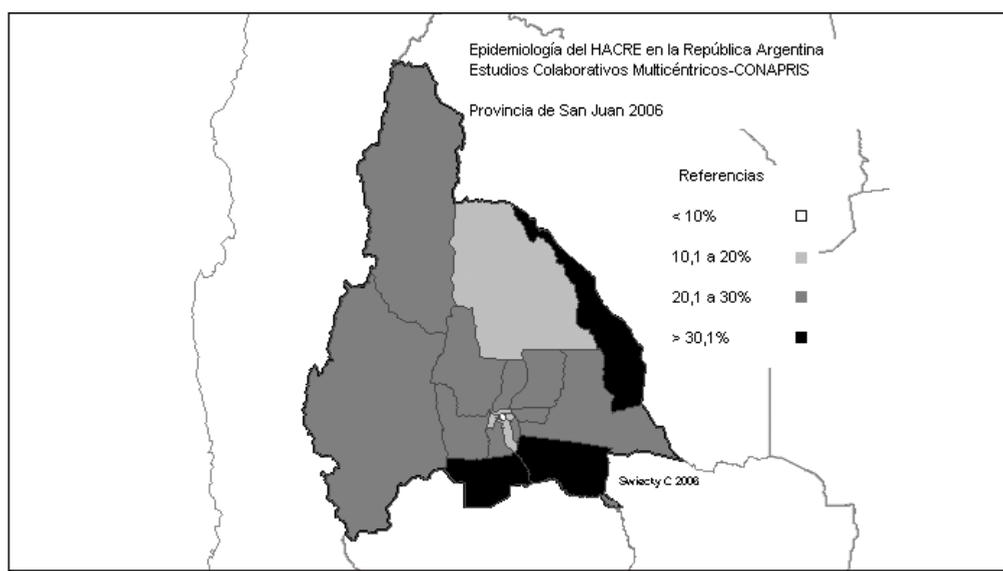
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a: INA – CRAS 1978 - 2005  
Laboratorio de Química II, Biología I y Biología II de la Facultad de Ingeniería de la UN de San Juan.2005-2006

**PROVINCIA DE SAN JUAN SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO**

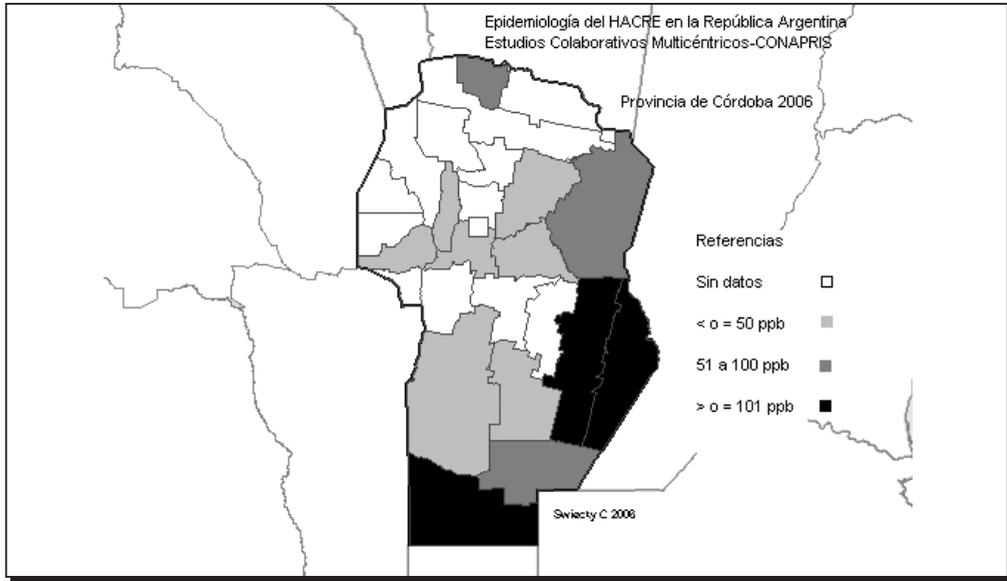
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

**PROVINCIA DE CÓRDOBA SEGÚN RANGO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO**

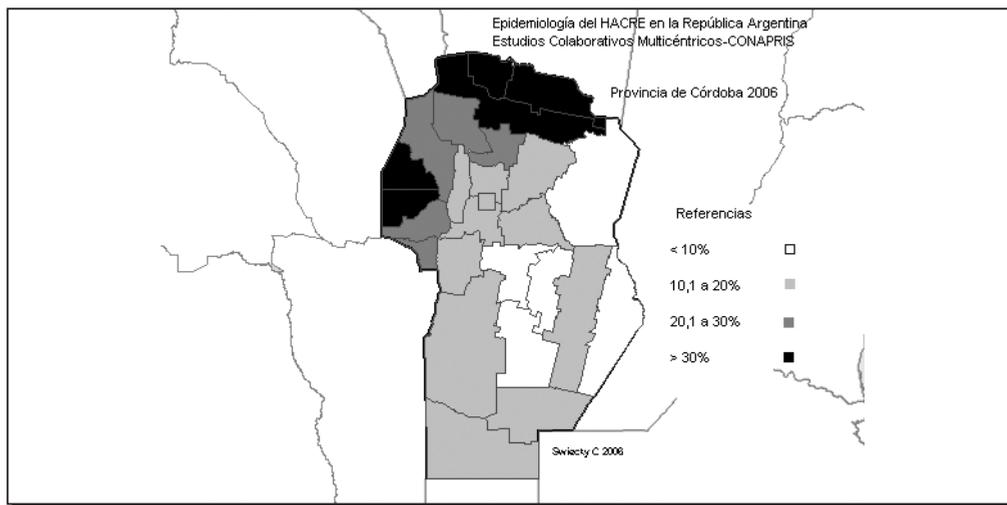
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a: Academia Nacional de Ciencias, Miscelánea N° 71, Nicolli H B, et. al. 1982  
 Penedo M. *Hidroarsenicismo en la provincia de Córdoba. Actualización del mapa de riesgo e incidencia*. CEPROCOR. 1998  
 Perez Carrera A. *Niveles de arsénico y flúor en agua de bebida animal en establecimientos de producción lechera* (Pcia. de Córdoba, Argentina). In Vet. 2004, 6(1): 51-59  
 Penedo M. *Trabajo de investigación para Especialidad en Toxicología*. Fac. Cs. Químicas – UNC. Córdoba. 1999  
 Obras Sanitarias de la Nación. *El problema del agua potable en el interior del país. Tomo II. Análisis Químicos*. 1942  
 Rosa S. Dioxitek S.A. Laboratorio ICP-MS. 2002.

**PROVINCIA DE CÓRDOBA SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO**

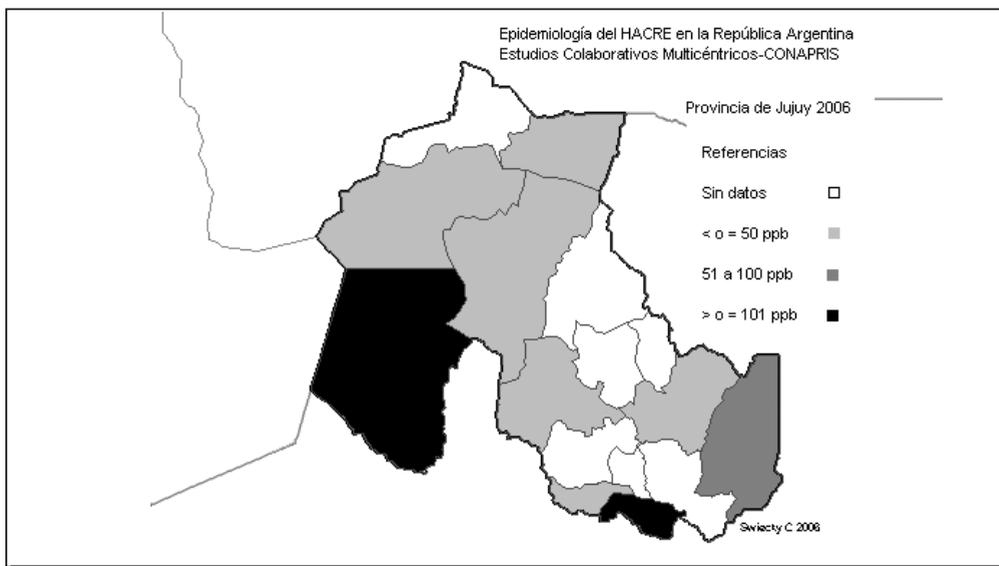
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

**PROVINCIA DE JUJUY SEGÚN RANGO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO**

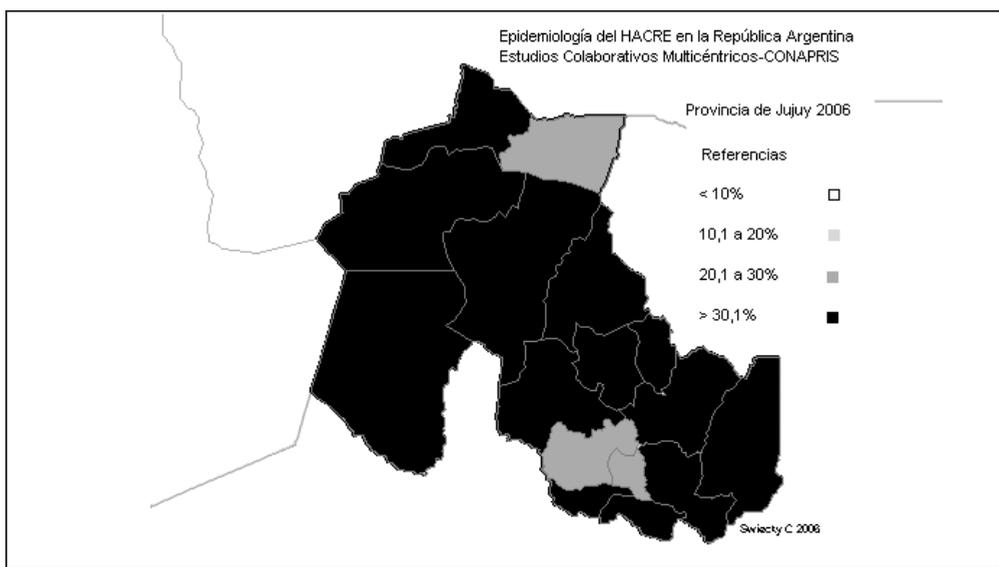
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a: Sastre M. *Estudio cuantitativo de arsénico en las aguas de la provincia de Jujuy*. Universidad Nacional de Salta. 1987  
Laboratorio INQA. Universidad Nacional de Jujuy. 2000-2003

**PROVINCIA DE JUJUY SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO**

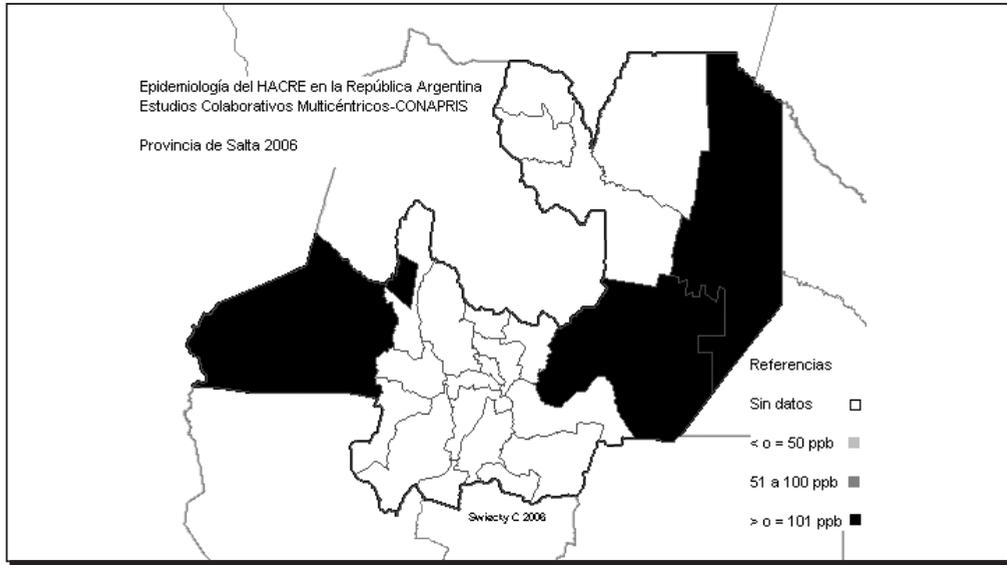
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

**PROVINCIA DE SALTA SEGÚN CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO**

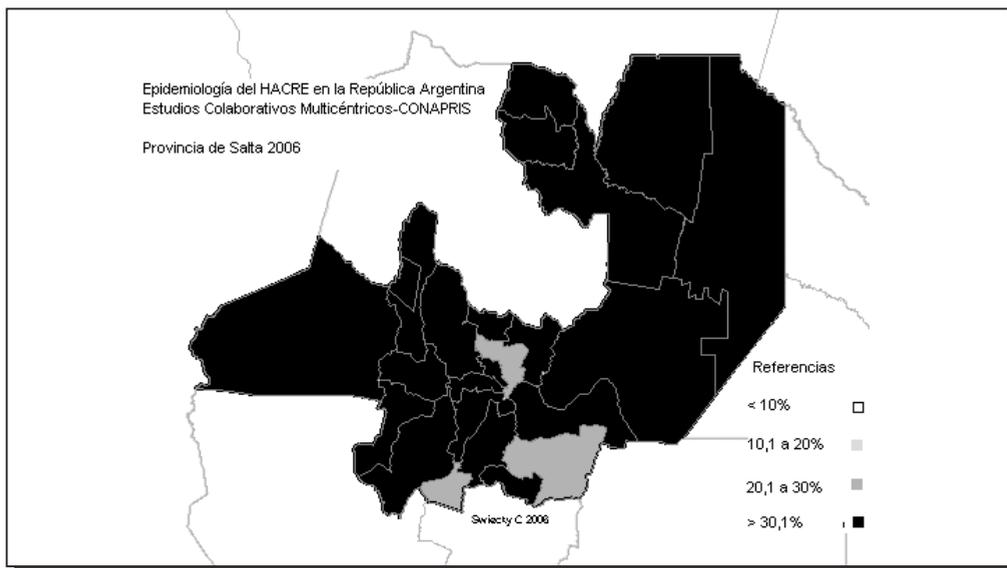
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a: Concha G. *Metabolism of Inorganic Arsenic in Children with Chronic High Arsenic Exposure in Northern Argentina. Environmental Health Perspectives.* Volume 106, Number 6, June 1998.  
Torres S. *Análisis químico de arsénico en aguas. Informe final proyecto 288.* Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta. 1995.

**PROVINCIA DE SALTA SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO**

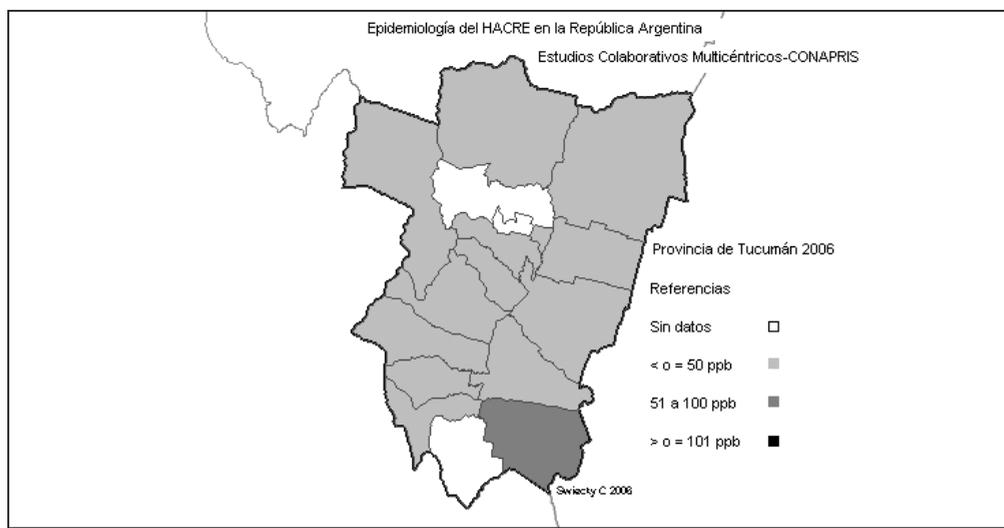
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

**PROVINCIA DE TUCUMÁN SEGÚN RANGO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO**

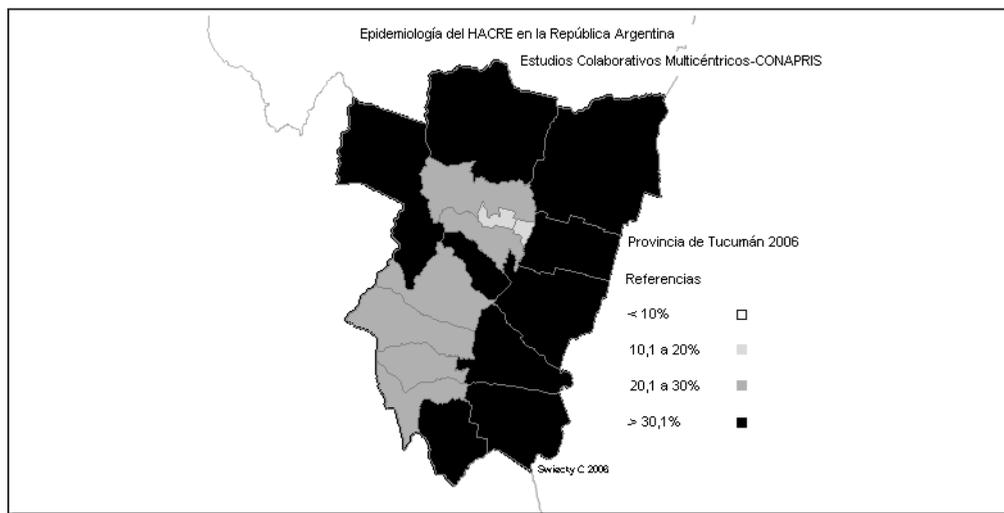
ABRIL 2006



Elaboración propia en base a: ERSACT. Tucumán, 2005. Warren C. *Arsenic and Fluoride in quaternary loess and alluvial aquifers at Los Pereyras*. En Bocanegra, Massone: Groundwater and human development. 2002.  
 Graieb O. *Evaluación del contenido de arsénico en agua de bebida en la zona de influencia de la localidad El Bracho, Tucumán*. Revista Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Año 2 N° 2, Dic 2002.  
 Freidenberg de Jabif E. *Población rural y arsénico en la provincia de Tucumán*. XXIV Jornadas Interdisciplinarias de Toxicología. Buenos Aires, 2004. Acta Toxicol. Argent. (2004) 12 (2): 42-67  
 Galindo G. *El As en aguas termales del sur de la cuenca del Río Salí*. En Galindo G. Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento. IV Congreso Hidrogeológico Argentino. Córdoba, 2005.  
 García M. *Influence of polluted surface water on the aquifers of the Salí River valley, Tucumán, Argentina*. En Bocanegra E. Groundwater and human development. 2002

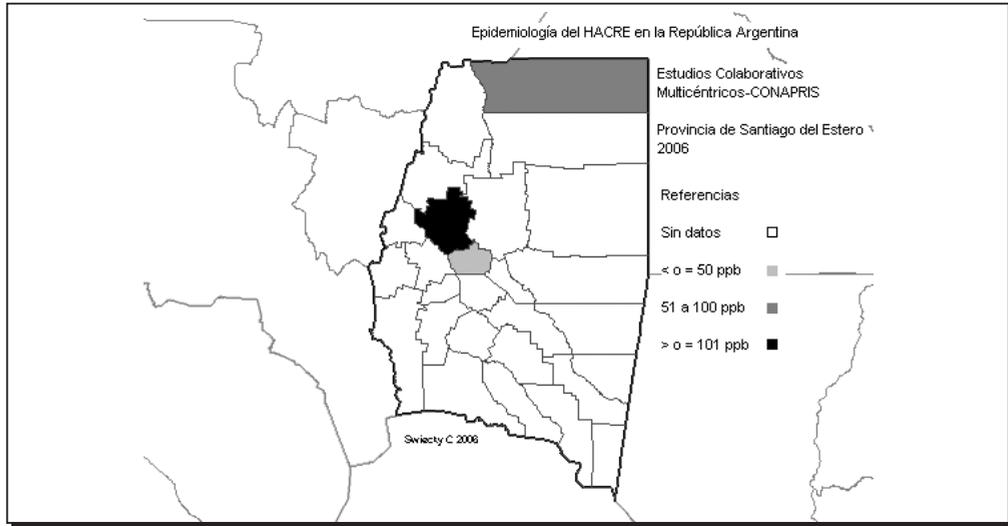
**PROVINCIA DE TUCUMÁN SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO.**

ABRIL 2006.



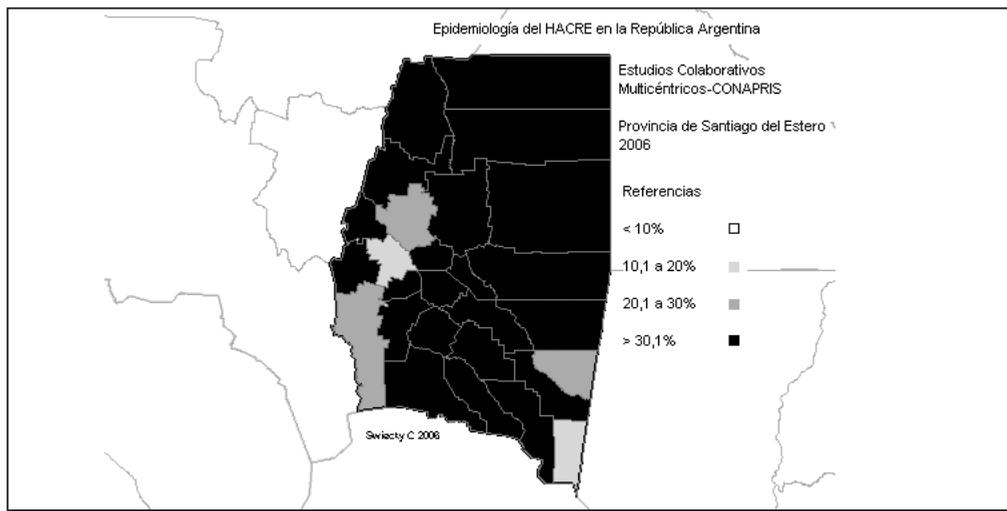
Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

**PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO SEGÚN RANGO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO. ABRIL 2006**



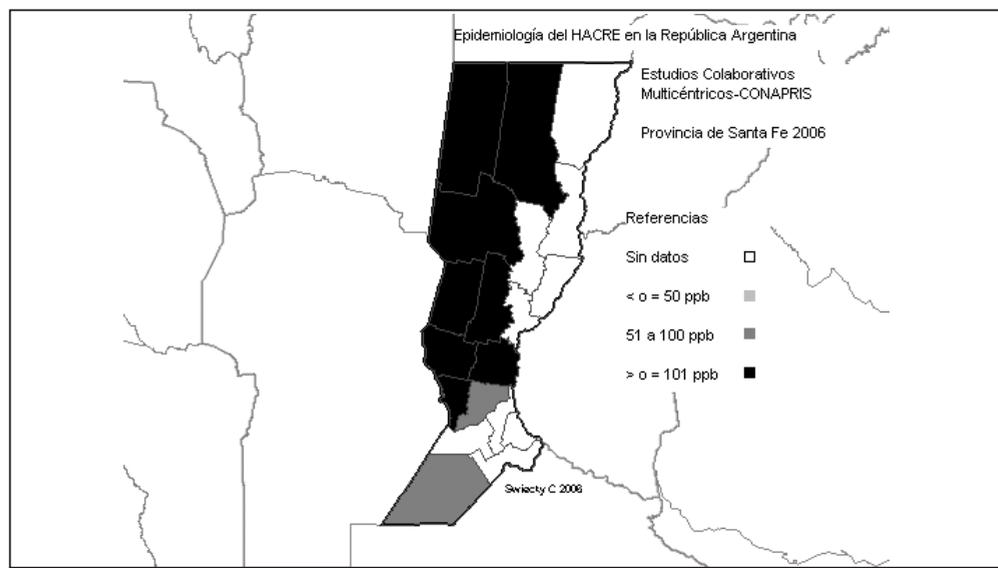
Elaboración propia en base a: Claesson M. *Arsenic in groundwater of Santiago del Estero, Argentina*. Department of Land and Water Resources Engineering. (KTH). Sweden. 2003  
 Mellano F. *Estudio hidrogeoquímico y de remediación de arsénico en aguas subterráneas de María Elena, Provincia de Santiago del Estero, Argentina*. 4tas Jornadas de Ciencia y Tecnología de la UNSE. 2003  
 Herrera H. *Origen y dinámica del arsénico en el agua subterránea del dpto. Robles – Provincia de Sgo. del Estero*. Universidad Nacional de Santiago del Estero. 2000

**PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO ABRIL 2006**



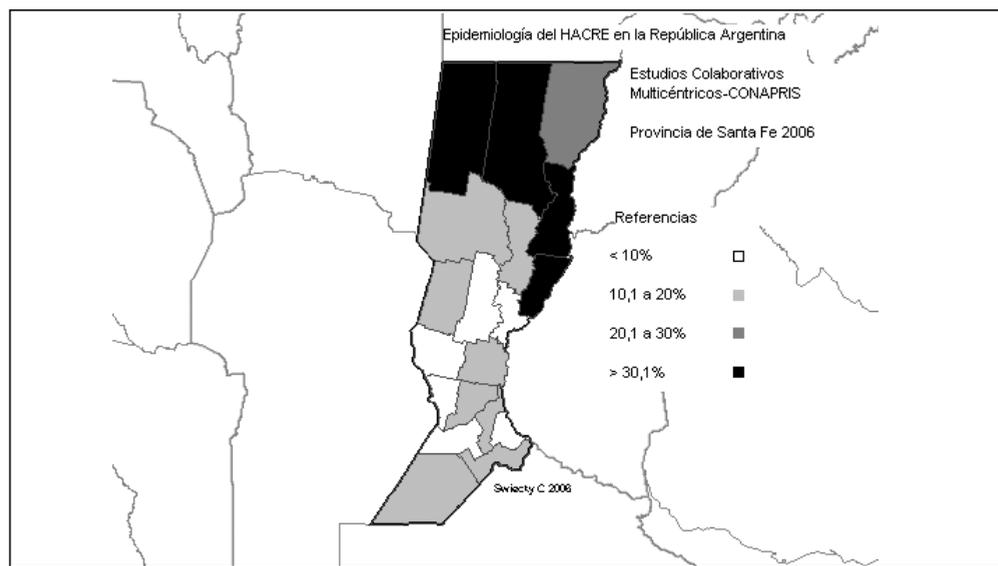
Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

**PROVINCIA DE SANTA FE SEGÚN RANGO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO**  
**ABRIL 2006**



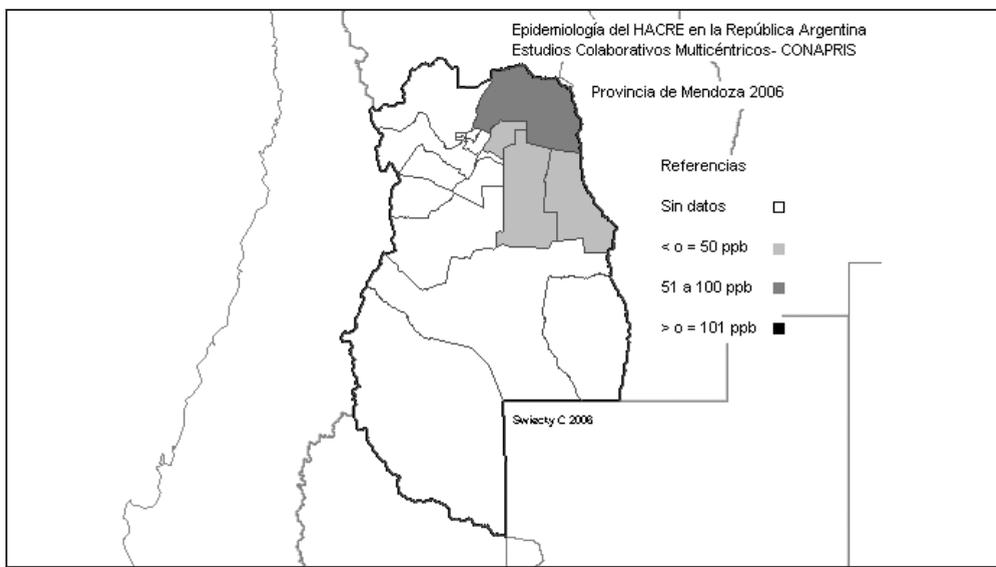
Elaboración propia en base a: Departamento de Salud Ambiental. Ministerio de Salud de la Nación. Argentina.

**PROVINCIA DE SANTA FE SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO**  
**ABRIL 2006**



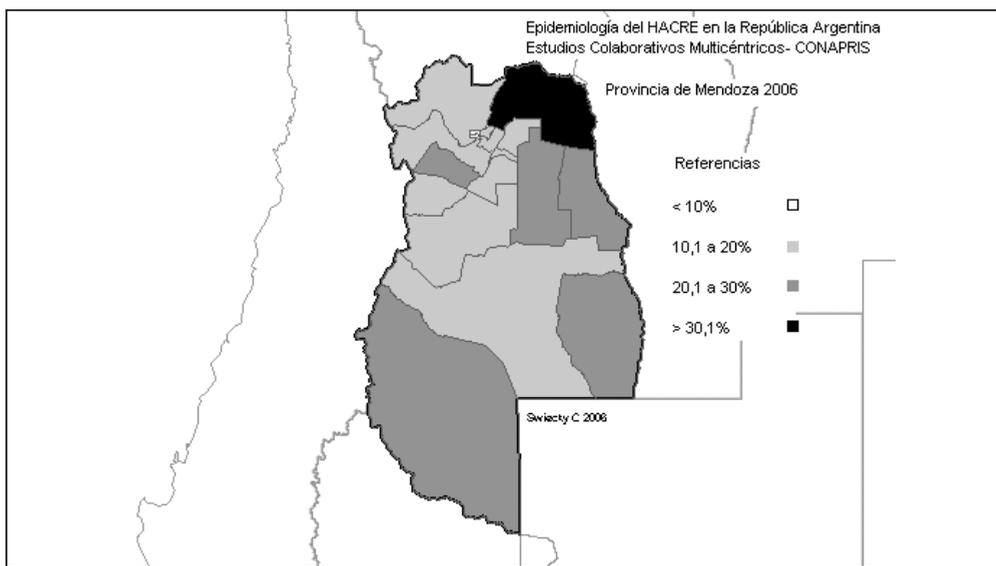
Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

**PROVINCIA DE MENDOZA SEGÚN RANGO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO  
ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a: Bocanegra O. *Arsénico en aguas subterráneas: su impacto en la salud*. En Bocanegra – Martínez: Groundwater and human development. 2002.  
 Molina S. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. 2006.  
 CRAS. Mendoza 1998.

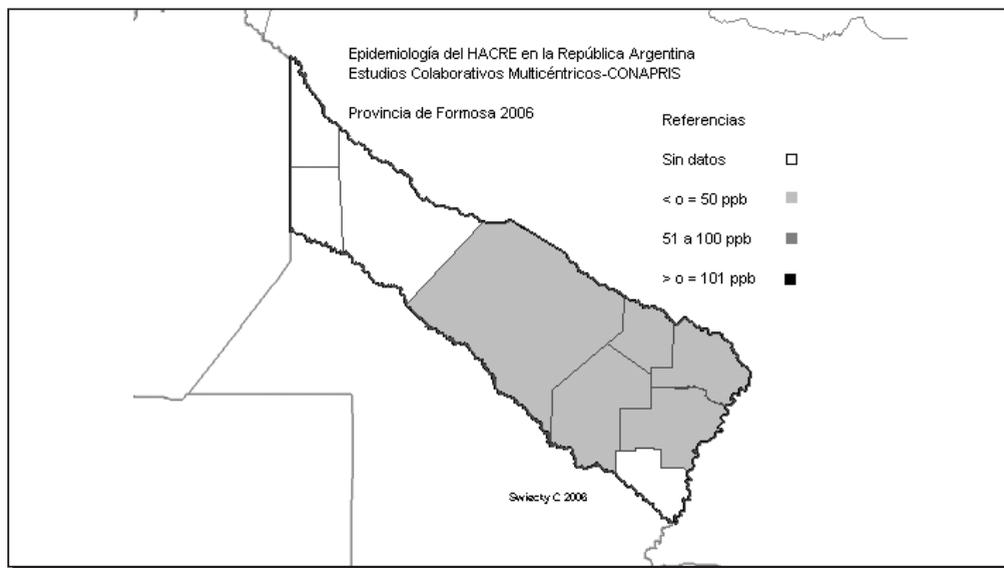
**PROVINCIA DE MENDOZA SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO  
ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001.

**PROVINCIA DE FORMOSA SEGÚN RANGO DE CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO POR DEPARTAMENTO**

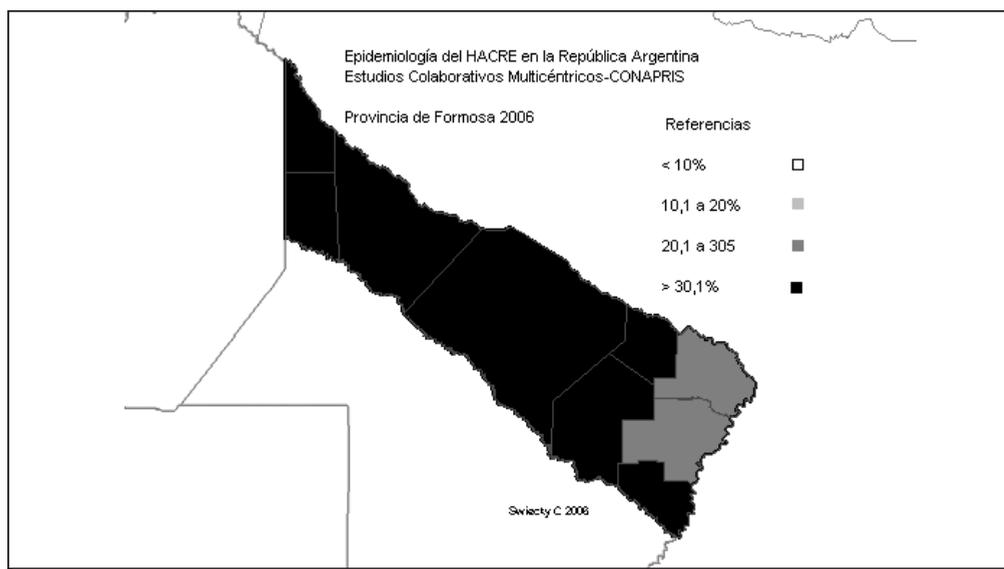
**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a: Programa Agua Potable a Pequeñas Comunidades – Consejo Federal de Inversiones. Estudio de la Cuenca inferior del río Bermejo realizado por OEA –INCyTH. Benítez M. laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Agroindustrias UNNE. 2006.

**PROVINCIA DE FORMOSA SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN NBI POR DEPARTAMENTO**

**ABRIL 2006**



Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

ANEXO I MAPAS DE RIESGO POTENCIAL POR PROVINCIA Y TABLA RESUMEN

CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS ARSENICALES. ARGENTINA. 2006									
PROVINCIA	POBLACIÓN	DEPARTAMENTOS AFECTADOS	MEDIANA AS PPB	% NBI	% ANALFAB.	% CON AGUA DE RED	SUPERFICIE AFECTADA	POBLACIÓN DE RIESGO	% DE POBL. PROVINCIAL
CATAMARCA	350.440	ANDALAGÁ CAPAYÁN POMÁN	120 165 120	26,5 30,6 25,1	3,3 4,7 4,1	71 89,5 61	13.640	40.782	12
CHACO	1.007.850	ALMIRANTE BROWN COMANDANTE FERNÁNDEZ FRAY J.S.M. DE ORO GENERAL BELGRANO INDEPENDENCIA LIBERTAD LIBERT. GRAL SAN MARTÍN MAIPÚ MAYOR LUIS J. FONTANA PRESIDENCIA DE LA PLAZA SARGENTO CABRAL TAPENAGÁ	90 63 53 120 60 850 280 55 260 270 150 500	45,1 28,6 39,7 47,2 48,7 29,1 44,5 43,4 32,9 37,0 40,5 43,0	6,7 7,2 10,7 14,8 15,3 6,0 12,7 12,4 9,7 11,0 12,3 11,6	41 89 1 20 35,5 78 73 24 72 73 61 68	49.481	333.863	33
LA PAMPA	313.810	CATRILÓ CHALILEO CHAPALEUFÚ CONHELO GUATRACHÉ HUCAL MARACÓ QUEMÚ QUEMÚ RANCUL TOAY TRENEL	100 180 130 100 100 80 60 100 100 150 120	10,7 22,5 8,9 8,4 17,5 6,2 9,3 5,3 16,1 12 9,9	2,8 11,5 2,3 2,9 2,6 1,9 2 2,2 5 2,8 3	83 83 76 30 72,5 84 91 90 80 64 76	45.758	140.450	45
SAN LUIS	390.918	CORONEL PRINGLES GENERAL PEDERNERA GOBERNADOR DUPUY	61 58 85	20,4 13,9 27,8	4,1 2,4 8,9	80 86 75	39.173	134.505	34,5
SAN JUAN	647.156	CAPITAL 25 DE MAYO	80 145,6	9,3 31,4	1,1 8,5	99 63	4.549	127.971	20
CÓRDOBA	3.199.362	GENERAL ROCA MARCOS JUÁREZ PTE R. SÁENZ PEÑA SAN JUSTO SOBREMUNTE UNIÓN	280 120 51 80 51 203	15,3 8,8 12,2 9,3 30,4 10,6	3,3 2,25 2,6 2,1 8,3 2,9	12 68 11,5 67,5 60 82	58.543	458.155	14,5
JUJUY	634.722	SANTA BÁRBARA EL CARMEN SUSQUES	54 141 207,5	38,8 46,2 41,6	7,5 8,7 4	72 83,5 93	14.559	105.410	17
SALTA	1.122.260	RIVADAVIA ANTA LOS ANDES	330 160 170	43,9 41,9 65,5	9,3 10,9 16,6	32,5 82 81	73.532	82.841	7,5
TUCUMÁN	1.387.220	GRANEROS	62	42,4	5,8	56	1.678	13.063	1
SGO. DEL ESTERO	823.817	BANDA COPO	200 88,5	28,9 43,5	4,8 10,3	84 59	17.625	195.431	24
SANTA FE	3.135.972	BELGRANO CASTELLANOS GENERAL LÓPEZ IRIONDO LAS COLONIAS 9 DE JULIO SAN CRISTÓBAL SAN JERÓNIMO SAN MARTÍN VERA	140 110 60 80 100 110 130 140 120 100	9,8 11,1 10,7 10,6 7,6 31,1 16 14,3 7,8 32,1	1,9 1,8 2,2 2,4 1,4 7,9 3,5 3,2 1,9 7,2	66 73 39,5 84 71,5 24,5 10 79 21 73	92.125	828.877	26,5
MENDOZA	1.640.635	LAVALLE	85	31,5	8	62	10.212	32.129	2

## **Detalles metodológicos**

### **Determinación de arsénico total en aguas por ICP-OES-ESPECTROSCOPIA DE EMISIÓN**

#### **1. Preparación de la muestra**

Las muestras colectadas fueron filtradas, acidificadas ( $\text{HNO}_3$  0,05) conservadas en recipientes refrigerados durante la campaña, y se mantuvieron a 4° C hasta el momento de su análisis.

#### **2. Métodos analíticos**

##### **2.1. Reactivos e instrumentación**

Todos los reactivos utilizados fueron de calidad reactivo analítico salvo que se indique lo contrario. El agua destilada desionizada es de calidad Nanopure® (Barnstead, EEUU). Para la preparación de las soluciones de calibración se utilizaron diferentes diluciones del estándar CertiPUR® Merck de As, de 1000  $\text{mg ml}^{-1}$ . Se emplearon argón y nitrógeno calidad ultrapuro para los detectores y la termostatación del monocromador, respectivamente. Para mantener la antorcha se usó argón soldadura. Todos los gases fueron provistos por Indura (Argentina).

La determinación del arsénico total en las muestras de aguas se llevó a cabo utilizando un plasma inductivo de argón, axial, con detector de estado sólido PERKIN ELMER OPTIMA 3100 XL; siguiendo normativas internacionales validadas ( Standard Methods, 20th Ed., 1998).

##### **2.2. Determinación del As**

La cuantificación se realizó a partir de las respectivas curvas de calibración; la exactitud se evaluó analizando un material de referencia certificado NIST SRM 1643 e “Trace elements in water” y la repetibilidad se evaluó para los estándares más bajo y más alto de la curva de calibrado. Las muestras se analizaron como mínimo por duplicado y las curvas de calibración se controlaron cada diez muestras y se modificaron de ser necesario.

## **Determinación de arsénico total en orina utilizando GENERACION DE HIDRUROS- ABSORCION ATOMICA**

### **1. Fundamento**

El Arsénico (As) presente en forma de distintas especies químicas en orina, es liberado y llevado a su máximo estado de oxidación As (V) por medio de un proceso de mineralización por vía seca donde se destruye toda la materia orgánica presente. El As (V) es posteriormente reducido a As (III) con una mezcla de IK/ ácido ascórbico y se genera la respectiva arsina ( $\text{AsH}_3$ ) utilizando  $\text{BH}_4\text{Na}$  en medio alcalino junto con HCl como fuente de iones hidrógeno. La Arsina producida es arrastrada por una corriente de  $\text{N}_2$  hacia una celda abierta que es calentada sobre una llama de aire/ acetileno donde se produce la destrucción del gas arsina liberándose el As el que pasa a su estado elemental ( $\text{As}^0$ ) el cual absorbe a la longitud de onda característica del elemento (193.7 nm.)

### **2. Medidas de seguridad**

Cada reactivo debe ser considerado como un peligro potencial a la salud y la exposición a estos compuestos debe ser minimizada con buenas prácticas de laboratorio.

### **3. Tratamiento del material de trabajo**

Todo el material a emplearse debe ser tratado del siguiente modo, para evitar contaminaciones:

- 3.1 Lavado con detergente (tipo Extrán alcalino)
- 3.2 Lavado con agua de grifo, 3 veces.
- 3.3 Lavado con agua destilada, 3 veces.
- 3.4 Secado en estufa 50 °C.

Una vez secado debe guardarse hasta el momento de su uso.

### **4. Instrumental/ material utilizado**

- 4.1 Equipo de Absorción Atómica marca VARIAN modelo AA475, acoplado a un sistema de generación de hidruros VARIAN VGA77.
- 4.2 Balanza analítica
- 4.3 Agitador tipo Vortex
- 4.4 Pipetas de vidrio
- 4.5 Pipetas automáticas de volumen regulable de 20-200 $\mu\text{l}$  y 100-1000 $\mu\text{l}$ .

## 5. Reactivos

Se debe utilizar reactivos de grado analítico o superior y que cumplan con normas internacionales de calidad (ACS, ISO).

Todos los reactivos se deben almacenar en recipientes adecuados, provistos de etiquetas indicando el nombre del reactivo, fecha de preparación e iniciales del analista.

### 5.1 Drogas y solventes

5.1.1 Agua, grado Milli-Q 17.8 m

5.1.2 HCl (ácido clorhídrico), grado analítico - Merck - Catálogo N° 1.00317.2500

5.1.3 IK (Ioduro de potasio), calidad p.a. - Riedel Hagen- Catálogo N° 30315

5.1.4 Acido Ascórbico, calidad p.a. - Merck - Catálogo N° 1.00127.0100.1026

5.1.5  $BH_4Na$  (Borohidruro de sodio), calidad p.a. - Merck - Catálogo N° 1.06371.01000

5.1.6 NaOH (Hidróxido de sodio), calidad p.a.- Merck - Catalogo N° 1.06498

### 5.2 Muestreo y conservación

5.2.1 Muestra: la misma será una micción única, la primera de la mañana, recogida en un recipiente adecuado para tal fin.

5.2.2 Estabilidad de la muestra: A 4°C es estable más de 6 meses.

5.2.3 Volumen mínimo de muestra: 30ml

5.2.4 Identificación de la muestra: La misma se realizará por asignación de un código alfanumérico.

## 6. Procedimiento analítico

### 6.1 Preparación de reactivos

6.1.1 HCl 6 N (50%V/V) Mezclar partes iguales de HCl concentrado (36.5%) y agua Milli-Q

6.1.2 NaOH 0.5 % P/V Pesar 0.5g de NaOH y llevar a volumen final de 100 ml con agua Milli-Q

6.1.3. Solución pre-reductora: (IK 5% P/V, ácido ascórbico 5 % P/V en agua Milli-Q) Pesar 5g de IK y 5g de ácido ascórbico y llevar a volumen final de 100 ml con agua calidad Milli-Q.

- 6.1.4. Solución reductora ( $\text{BH}_4\text{Na}$  0.7 % P/V en  $\text{NaOH}$  0.5 % P/V) Pesar 0.7 g de  $\text{BH}_4\text{Na}$  y llevar a volumen final de 100 ml con  $\text{NaOH}$  0.5 % P/V. FILTRAR ANTES DE USAR (utilizando filtro de papel)

Todas las soluciones deben prepararse en el momento de utilizarse.

## 6.2 Preparación de la curva de calibración

Soluciones patrones:

- 6.2.1 Solución stock de As (V) – Arseniato -  $1000\mu\text{g/ml}$  – Merck – Titrisol Catálogo N° 1.09939
- 6.2.2 Solución intermedia:  $1000\mu\text{g As (V)/l}$  en agua Milli-Q (se conserva en heladera) Pipetear  $50\mu\text{l}$  de la solución stock de As (V) -  $1000\mu\text{g/ml}$  – y llevar a volumen final de 50 ml con agua Milli-Q en matraz aforado.
- 6.2.3 Solución de trabajo:  $100\mu\text{g As (V)/l}$  en  $\text{HCl}$  6 N (se prepara diariamente) Pipetear 1 ml de la solución intermedia –  $1000\mu\text{g/l}$  – y llevar a volumen final de 10 ml con  $\text{HCl}$  6 N (50 % V/V)

Nota: Los puntos de la curva se preparan diariamente de acuerdo a la siguiente tabla:

6.2.4 En matraces de 25 ml colocar los volúmenes indicados:

Testigo ( $\mu\text{g/l}$ )	Volumen de la solución de trabajo (ml)	$\text{HCl}$ 6N (ml)
1	0.25	4.75
2	0.50	4.50
4	1.00	4.00
6	1.50	3.50
8	2.00	3.00
Blanco	0.00	5.00

6.2.5 Agregar a cada testigo y al blanco, 5 ml de la solución pre-reductora (punto 6.1.3) homogeneizar y dejar reposar al menos 30 minutos. Transcurridos los 30 minutos llevar a volumen con  $\text{HCl}$  6 N.

### 6.3 Procesamiento de las muestras

#### 6.3.1 Mineralización por vía seca (dry ashing)

##### 6.3.1.1 Drogas y solventes

6.3.1.1.1 Agua grado Milli-Q 17.8 m

6.3.1.1.2 MgO calidad p.a.- Merck - Catalogo N° 1.05865.0100

6.3.1.1.3  $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  calidad p.a. -Mallinckrodt - Catalogo N° 6002

6.3.1.1.4  $HNO_3$  grado analítico - Merk - Catálogo N° 1.00456.2500

##### 6.3.1.2 Preparación de reactivos

6.3.1.2.1 Agente de ashing: (MgO 2 %,  $(NO_3)_2 Mg \cdot 6 H_2O$  20 % en agua Milli-Q) Pesar 2 g de MgO y 20 g de  $(NO_3)_2 Mg \cdot 6 H_2O$ . Llevar a volumen final de 100 ml con agua calidad Milli-Q.

6.3.1.2.2 Disolver las drogas utilizando un agitador magnético, ya que el MgO precipita fácilmente. Mantener en agitación continua, hasta y durante, el agregado a las muestras.

##### 6.3.1.3 Procedimiento de la mineralización

6.3.1.3.1 En un vaso de precipitado de 50 ml Pirex colocar 10 ml de orina, adicionar 10 ml de  $HNO_3$  concentrado, bajo campana, y 3 ml de agente de ashing (mantener este reactivo en agitación constante con agitador magnético).

6.3.1.3.2 Paralelamente procesar blanco de mineralización utilizando 10 ml de agua en lugar de muestra

6.3.1.3.3 Homogeneizar cuidadosamente y llevar a baño de arena. Reducir hasta sequedad. Debe observarse el fondo del vaso y verificarse la total sequedad del residuo.

6.3.1.3.4 Colocar los vasos en la mufla, cubrirlos con un vidrio Pirex, cerrar el horno, fijar la temperatura en  $450^\circ C$  y mantenerla durante 12 horas.

6.3.1.3.5 Apagar la mufla y abrirla, esperar que se los vasos lleguen a temperatura ambiente antes de retirarlos.

6.3.1.3.6 Una vez retirados los vasos de la mufla agregarles: 5 ml de HCl 6 N, (mezclar) y 5 ml de la solución pre-reductora (punto 6.1.3), homogeneizar cuidadosamente y dejar reposar 30 minutos.

- 6.3.1.3.7 Trasvasar cuantitativamente a matraz de 25 ml, lavar el vaso con porciones de 5 ml de HCl 6 N (50 % V/V) cada vez, hasta completar a volumen.
- 6.3.1.3.8 Leer en un espectrofotómetro de Absorción Atómica previa generación de hidruros.

**Aclaraciones:** El agregado del agente de ashing permite aumentar la temperatura de carbonización, para lograr una mineralización completa, sin pérdidas del analito.

Las muestras reconstituidas luego de efectuada la mineralización, y los testigos son estables 24 hs. a 4° C.

### **7. Condiciones del generador de hidruros-absorción atómica**

- 7.1 Reductor:  $\text{BH}_4\text{Na}$  0.7 % en NaOH 0.5 % P/V Flujo: 1 ml/min
- 7.2 Ácido: HCl 6 N Flujo: 1 ml/ min.
- 7.3 Muestra: Flujo: 6-8 ml/min (controlar)
- 7.4 AA – Absorción Atómica
  - 7.4.1 Longitud de Onda: 193.7
  - 7.4.2 Intensidad de lámpara: 10 mA
  - 7.4.3 Slit: 0.5 nm
  - 7.4.4 Modo de lectura: Run Mean
  - 7.4.5 Tiempo de Integración: 0.2
  - 7.4.6 Número de lecturas a realizar: por lo menos 3 series hasta estabilización de la lectura, luego promediarlas.
  - 7.4.7 Tiempo a esperar para comenzar a realizar las lecturas: 45 seg. desde el momento en que se comienza a aspirar la muestra.

Nota 1: Deberá verificarse cuidadosamente la correcta aspiración de todos los reactivos, así como el buen funcionamiento del separador gas líquido (constatar que no se pierdan las arsinas generadas por diferencias de presión en el sistema).

Nota 2: entre el separador gas líquido y la celda de cuarzo, deberá estar presente una trampa con perlas de vidrio. Observar que las perlas no obstruyan totalmente el pasaje de  $\text{N}_2$  , de ocurrir esto aumentaría la señal en el display del absorción

atómica debido a un incremento de la absorbancia por la presencia de O<sub>2</sub> del aire presente en la celda, y en el separador gas líquido se observarían burbujas grandes que llevarían a la salida de las arsinas por el descarte, perdiéndose las mismas.

## **8 .Cálculos**

- 8.1 A la lectura de absorbancia de la muestra se le resta la lectura del blanco de reactivos y se interpola en la curva de calibración.
- 8.2 El resultado obtenido se debe multiplicar por 2,5.
- 8.3 En el caso de niveles muy altos la absorbancia estará fuera del rango de linealidad de la curva por lo cual se necesitará efectuar diluciones extras las cuales deben ser consideradas en el cálculo final.

## **9. Sección de control de calidad**

### 9.1. Control de repetitividad:

En el caso del análisis de una serie de muestras, se deben realizar dos duplicados en cada lote de 6 muestras. La diferencia entre las muestras y sus duplicados no debe ser mayor de 10 %.

### 9.2. Control de precisión:

Se procesarán muestras de material referenciado.

### 9.3. Control de calidad interno (Cci):

Se procesara un Cci por duplicado con cada lote de muestra

### 9.4. Carta de control:

Se realiza cartas control para, material referenciado y Cci.

## **Determinación de arsénico total en alimentos utilizando GENERACION DE HIDRUROS- ABSORCION ATOMICA**

Se utilizó idéntico procedimiento que para orina una vez obtenidas las muestras de alimentos mineralizadas por “dry ashing”.

### ***Pruebas de genotoxicidad***

#### ***Cultivo de linfocitos de sangre periférica para la evaluación de biomarcadores de efecto.***

Para establecer éstos biomarcadores, es necesario realizar un cultivo de linfocitos de sangre periférica a partir de sangre entera utilizando la heparina como anticoagulante. En el mismo, es estimulada la desdiferenciación y proliferación de la línea linfoide, sobre todo de los linfocitos T, utilizando la fitohemaglutinina, una mucoproteína extraída de habas rojas (*Phaseolus vulgaris*).

El cultivo se realiza en un área de trabajo estéril (flujo laminar) donde en un tubo cónico se adiciona 1,5 ml. de suero fetal bovino y 7,5 ml de medio de cultivo (RPMI; HAM 10) que aportan nutrientes, hormonas, factores de crecimiento y vitamina necesarios para el crecimiento celular; 0,1 ml de Fitohemaglutinina, 100 µl de una solución 10mg. por ml. de BrdU (Bromo Deoxiuridina, análogo de Timidina que se incorpora al ADN durante la replicación) y 1 ml de sangre entera heparinizada, completando un volumen final de 10 ml. Los cultivos se realizan por duplicado y se incuban durante 72 hs en una estufa de cultivo a 37 ° C.

Una hora antes de cumplidas las 72 horas se adiciona colchicina, permaneciendo a 37°C durante 50 minutos. La colchicina impide la polimerización de la tubulina para la conformación del huso mitótico, deteniéndose la división celular en metafase, etapa del ciclo celular necesaria para la visualización e individualización de los cromosomas. El material se centrifuga por 10 minutos a 1000 rpm y se realiza un tratamiento hipotónico utilizando una solución de KCl 0,075 M durante 50 minutos a 37°C. Se detiene la hipotonía con 8 gotas de fijador de Carnoy (metanol: ácido acético glacial en proporción 3:1) y se centrifuga nuevamente las células durante 10 minutos a 1000 rpm, descartando el sobrenadante. La fijación se realiza adicionando 7 ml. de fijador de Carnoy durante una 1 hora en heladera (4 °C). Se vuelve a centrifugar, eliminándose el sobrenadante y realizando 3 lavados más con fijador para eliminar los restos celulares que dificultarían la visualización de los cromosomas y fijar las estructuras de los mismos.

Para la realización de los extendidos cromosómicos se resuspende el pellet obtenido en 0,5 ml de fijador, dejando caer 3-4 gotas sobre portaobjetos desengrasados y secos, secando al aire. De cada cultivo, se colorea un preparado con una solución de Giemsa al 10 % en buffer fosfato para observar los resultados del cultivo y para la determinación del índice mitótico.

### **Índice Mitótico**

La determinación de índice mitótico se realiza analizando el porcentaje de células en división con respecto al número de células estimuladas analizando 2000 células por individuo. El resultado se expresa mediante la fórmula (Rojas *et al.*, 1992):

$$IM = \frac{\text{N}^\circ \text{ de metafases}}{\text{N}^\circ \text{ total de células}}$$

### **Cinética de Proliferación Celular.**

Para realizar la coloración diferencial de fluorescencia más Giemsa, (Perry y Wolff, 1974) es necesario sumergir los preparados en una solución de Hoescht 33258 durante 60 minutos en la oscuridad y posterior exposición a la luz ultravioleta en tiempos variables. Luego se incuban en Solución Salina Citratada (2xSSC) a 60°C durante 2 horas y se colorea con una solución de Giemsa al 3% en buffer fosfato durante 15 minutos.

La exposición a la luz ultravioleta degrada al BrdU por lo que, la molécula de ADN que lo haya incorporado en ambas hebras será degradada y no se teñirá con Giemsa. De esta manera, es posible la identificación de células en metafase que hayan atravesado la fase S del ciclo celular una, dos o más veces durante el cultivo, pudiéndose entonces determinar la cinética de proliferación celular (CPC)

Al cabo del primer ciclo de replicación ambas cromátides de cada cromosoma contienen ADN sustituido con BrdU en una sola hebra y se teñirán homogéneamente con Giemsa al 3 % después de dos ciclos de duplicación, los cromosomas poseen en una cromátide ambas hebras de ADN con BrdU, la cual no se coloreará, resultando de coloración clara y otra la otra, al poseer solo un

hebra sustituida con BrdU, se observará de color oscuro. En el tercer ciclo de duplicación, el BrdU continúa incorporándose al ADN, encontrándose éste uni o bifilarmente sustituido. De este modo los cromosomas se observan mayoritariamente claros.

En los preparados obtenidos se analizan 100 metafases sucesivas y se estima la cinética de proliferación celular de cada muestra mediante el recuento de células en primera, segunda o tercera división mitótica. Así la CPC se evidencia como el porcentaje de cada una de las proporciones ( $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_3$ ) y para su expresión se utiliza el Índice de Replicación (IR):

$$IR = (N^{\circ} \text{ cel.}M_1 + 2 N^{\circ} \text{ cel.}M_2 + 3N^{\circ} \text{ cel.}M_3) / 100$$

### **Intercambio de Cromátides Hermanas**

El intercambio de material genético entre cromátides de un mismo cromosoma es un fenómeno que ocurre normalmente como un mecanismo de reparación del daño cromosómico a una baja frecuencia. Los agentes causantes de daño genético, generan un aumento de las roturas y reparación del ADN, conllevando a un aumento del intercambio entre cromátides hermanas. La frecuencia de ICH se establece contando el número de intercambios por metafase, visualizadas en 50 metafases de segunda división por cada individuo. Este resultado se informa como ICH/célula.

### **Técnica de electroforesis en gel de una sola célula**

La técnica (Singh *et al.* 1988) se realiza sobre portaobjetos esmerilados, los cuales se cubren por una fina capa de 100  $\mu$ l de agarosa de punto de fusión normal al 0,5 % disuelta en buffer fosfato libre de calcio y magnesio. Posteriormente los preparados se cubren con cubreobjetos y llevados durante 10 minutos a 4°C hasta lograr la solidificación de la agarosa. Se toman entre 30000-200000 células (25 $\mu$ l de la suspensión celular) y se resuspenden en 75  $\mu$ l de agarosa de bajo punto de fusión al 0,5%. Posteriormente, se retira el cubreobjeto y se coloca la suspensión celular sobre la primera capa de agarosa. Nuevamente se coloca el cubreobjetos para lograr una homogénea dispersión de la agarosa. Se incuba a 4°C hasta

solidificación. A continuación se retira el cubreobjetos y se coloca una tercera capa de una solución de agarosa de bajo punto de fusión al 0,5 %. Se incuban las laminillas hasta solidificación a 4°C durante 10 minutos y se retira posteriormente el cubreobjetos.

Una vez finalizada la preparación de los extendidos, se los somete a la acción de una solución de lisis (Stock: NaCl 2,5M; Na<sub>2</sub>EDTA 100 mM; Tris 10 mM; Lauril sarcosinato de sodio 1%. Solución de trabajo: 40 ml. sol. Stock + 400 µl Tritón x-100 + 5 ml. DMSO) en frío. Se los incuban 1 hora a 4°C. Posteriormente, se colocan los preparados en una cuba de electroforesis horizontal, en la cual se incuban con buffer de corrida (1mMNa<sub>2</sub>EDTA - 300mM NaOH pH=13) durante 20 minutos, para lograr el desenrollamiento de la doble hebra de ADN. La electroforesis se lleva a cabo a temperatura ambiente durante 20 minutos a 25 volts.

Luego, los preparados son lavados con buffer Tris de neutralización, para eliminar los restos de detergentes y álcalis que pudieran interferir con la coloración fluorescente. Posteriormente, se colorean con 50 µl de bromuro de etidio en una solución de 2 µg/ml. en agua destilada El análisis microscópico de los preparados se realiza en un microscopio epi-fluorescente con filtro de excitación de 505-560 nm con luz de mercurio de 100 w y filtro de barrido de 590 nm. La cuantificación del daño se realiza midiendo el largo de 100 cometas sucesivos generados por medio de un ocular graduado. Una vez establecido el largo de los cometas, se establece una categoría de daño para luego poder calcular el índice de daño mediante la siguiente fórmula:

$$N = N^{\circ}\text{cél Cat I} + 2 \times N^{\circ}\text{cél Cat I} + 3 \times N^{\circ}\text{cél Cat III} + 4 \times N^{\circ}\text{cél Cat IV}$$

En todo tratamiento realizado, se deben incluir controles positivos y negativos, el control positivo utilizado es peróxido de hidrógeno (50uM). Dicha sustancia es altamente oxidante e induce en el ADN roturas doble y simple cadena y sitios álcali lábiles.

### **Técnica de Micronúcleos de Mucosa Oral**

Para la realización de esta técnica según Tolbert et al, 1992, se humedece un hisopo estéril en solución fisiológica y se lo rota por la superficie interna de cada mejilla y se lo introduce en un tubo cónico con tapa que contiene 3 ml de solución fisiológica estéril para ser enviado al laboratorio para su posterior procesamiento.

En el laboratorio se procesa la muestra, centrifugando primero para obtener un precipitado celular, durante 10 min a 1000 rpm y se resuspende en 3 ml de metanol (puro) para fijar la muestra durante 2-3 hs en heladera o a temperatura ambiente.

Luego se repite 1 o 2 veces la fijación y se resuspende en metanol (aprox. 0,7 ml dependiendo del pellet) para realizar los extendidos a corta distancia con una pipeta pasteur (3 gotas aprox) en un portaobjetos limpio y desengrasado.

Los preparados se colorean con la tinción Schiff-Fast Green (Rosin, 1987): Colocar los portaobjetos en agua destilada por 5 minutos, incubarlos posteriormente en HCl 1N a temperatura ambiente por 6 minutos y en HCl 1N a 60° C por 6 minutos. Lavar con agua destilada y teñir con reactivo de Schiff por inmersión durante 15 minutos en oscuridad. Lavar con agua corriente e incubar por 10 minutos con el contracolorante (Fast Green).

Se realiza el análisis en 1000 células consecutivas al microscopio con un aumento de 40X, corroborando la presencia de micronúcleos a 100X.

Todos los biomarcadores analizados fueron realizados por duplicado con el objeto de asegurar el número de datos apropiado para una correcta evaluación estadística.

### **Tratamiento estadístico**

El tratamiento estadístico de los ensayos antes mencionados se realizó mediante Test de Análisis de la Varianza de dos colas (ANOVA) con diseño de bloques al azar (ANOVA no paramétrico) (Graphpad Instat) y Bonferroni. Con el fin de comparar el comportamiento de los compuestos en estudio por medio de los biomarcadores de efecto seleccionados se empleó el Test U-Mann-Whitney de dos colas para muestras no apareadas.

## Prototipos de abatimiento de arsénico

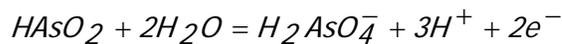
### **Reacciones involucradas**

- Durante la cloración del agua cruda se produce la oxidación de las especies arsenicales presentes en el agua a As(V), de acuerdo a:

Reacciones de oxidación:



(4 - 1)

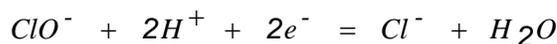


(4 - 2)



(4 - 3)

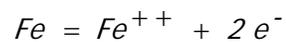
Reacción de reducción:



(4 - 4)

- En el reactor con hierro metálico se lleva a cabo la disolución del hierro y la formación del sol de  $Fe_2O_3$ . Las reacciones se llevan a cabo en dos etapas sucesivas.
  - La primera etapa, de naturaleza electroquímica, se lleva a cabo en la superficie del metal. Las reacciones son las siguientes:

Reacción anódica (oxidación):



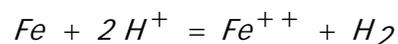
(4 - 5)

Reacción catódica (reducción):



(4 - 6)

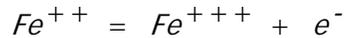
La reacción global de esta etapa es:



(4 - 7)

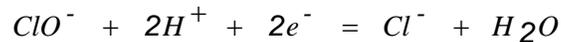
- Durante la segunda etapa se produce la oxidación química en la solución de acuerdo a:

Reacción de oxidación:



(4 - 8)

Reacción de reducción:



(4 - 9)

Además, se produce el sol de acuerdo a:



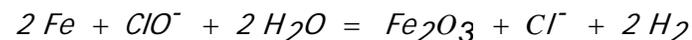
(4 - 10)

La reacción global de esta etapa es:



(4 - 11)

- La reacción global en el reactor resulta de la suma de las ecuaciones (4 - 7) y (4 - 11). El resultado es el siguiente:



(4 - 12)

Esta última, que es la reacción global de disolución del hierro que proponemos para el procedimiento desarrollado, posee los parámetros termodinámicos mostrados en la siguiente tabla.

**Tabla 4.1.** Valores termodinámicos de la ecuación (4 - 12)

Temperatura (°C)	$\Delta H$ (kcal)	$\Delta S$ (cal/°C)	$\Delta G$ (kcal)	K
20	- 74,854	39,928	- 86,559	$3,446 \cdot 10^{64}$

Los valores muestran que la reacción posee una notable irreversibilidad. La adsorción al sol de  $Fe_2O_3$  de los arseniatos y la coagulación se produce parte en el reactor, completándose en la etapa de proceso siguiente.

### Arreglos de los equipos

Los prototipos se arreglaron siguiendo los dos siguientes esquemas de conexiones y que se diferencian fundamentalmente en la forma de alimentación del reactor donde se produce la disolución del hierro metálico.

- Alimentación inferior (flujo ascendente en el reactor), Figura 4.2.
- Alimentación superior (flujo descendente en el reactor), Figura 4.3.

### Volumen de reactor

Los ensayos se efectuaron en reactores cuyos volúmenes variaron para diferentes escalas de 80 a 4000 cm<sup>3</sup>.

En las figuras 4.4 a 4.6 se muestran algunos de los reactores empleados en nuestros laboratorios.

### Relleno de los reactores

El material de relleno de los reactores en los diferentes ensayos varió desde lana de hierro (virulana) para las escalas menores a viruta de hierro y trozos de hierro para las escalas mayores.

### Influencia del pH, concentración de hipoclorito agregado y velocidad espacial

Para estudiar la influencia de estas variables se realizaron ensayos continuos en una planta de tratamiento con alimentación inferior, el reactor posee un volumen de 680 cm<sup>3</sup> y se lo llenó con 380 gr de viruta de hierro.

Para los ensayos se utilizaron aguas subterráneas del Distrito El Encón, Departamento 25 de Mayo, Provincia de San Juan, que poseen un contenido de arsénico de 280 ppb.

Se efectuaron 27 ensayos (diseño 3<sup>3</sup>) variando pH, velocidad espacial e hipoclorito agregado. Para cada variable se toman tres niveles: alto, medio y bajo. Los valores seleccionados son los siguientes:

- pH: 8,0 – 7,4 – 7,0;
- velocidad espacial: 5,882 l / hora – 4,412 l / hora – 2,941 l / hora, que corresponden para este volumen de reactor a caudales de 4 dm<sup>3</sup> / h – 3 dm<sup>3</sup> / h - 2 dm<sup>3</sup> / h, respectivamente;

- hipoclorito agregado: 0,269 mMol Cl / dm<sup>3</sup> – 0,179 mMol Cl / dm<sup>3</sup> – 0,089 mMol Cl / dm<sup>3</sup>, que son equivalentes a 9,52 ppm Cl – 6,35 ppm Cl – 3,17 ppm Cl, respectivamente. Los niveles de hipoclorito agregado se efectuaron para corroborar posibles mecanismos de reacción global.

El resultado de los ensayos se presenta en la Tabla 1 de ANEXO 6.

El 92,6 % de los ensayos (25 de 27), produjo aguas con contenidos de arsénico menores a 50 ppb (valor máximo admitido por el Código Alimentario Argentino). Los mejores desempeños, con contenidos menores a 10 ppb (valor recomendado actualmente por la OMS), se obtuvieron en los tres ensayos a pH: alto, hipoclorito agregado: alto y velocidades espaciales: alta, media y baja. Para todos los ensayos, los valores remanentes de hipoclorito y de hierro fueron menores a 0,5 ppm.

### Modelado

En trabajos previos hemos desarrollado dos modelos: uno para la reacción de formación del sol (modelo seudo – homogéneo para la reacción superficial entre sólido y un líquido en un reactor de lecho fijo) y otro modelo para la adsorción – coagulación de los arseniatos.

Un modelo global surge de la combinación del modelo propuesto para la formación del sol, suponiendo que la reacción de disolución del hierro es de primer orden, y del modelo para la adsorción – coagulación de las especies de As(V) sobre el sol de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. El modelo global propuesto es:

$$As \text{ sorbido } (\%) = \frac{1}{\frac{1}{k_2} + k_3 e^{-r} \left\{ C_{Fe,0} + 2 C_{ClO^-,0} \left[ 1 - e^{-\left(\frac{k_1}{v_{esp}}\right)} \right] \right\}}$$

(4 - 13)

Donde:

$As_{\text{sorbido}}(\%)$ : porcentaje de arsénico separado de la solución

$C_{Fe,0}$ : concentración de hierro en el agua cruda [=] mMoles /  $dm^3$

$C_{ClO^-,0}$ : concentración de hipoclorito agregado [=] mMoles /  $dm^3$

$v_{\text{esp}}$ : velocidad espacial del fluido [=]  $m^3_{\text{fluido}} / m^3_{\text{lecho}} h = 1 / h$

$k_1$ : constante [=] 1 / h

$k_2$ : constante, su valor es el del máximo de  $As_{\text{sorbido}}(\%)$  loggable

$k_3$ : constante [=] 1

$r$ : constante denominada velocidad específica de crecimiento [=]  $dm^3/mMoles$

El modelo propuesto indica que el porcentaje de arsénico separado del agua depende fundamentalmente del contenido de hipoclorito agregado en la primera etapa del proceso y de la velocidad espacial del agua en el reactor de lecho fijo de viruta de hierro.

En ensayos previos se ha encontrado que el porcentaje de arsénico separado es también función del pH, por lo que esta variable se tendrá en cuenta para la verificación del modelo (se estimaba que alguna de las constantes sería función del pH).

Se ajustó el set de datos experimentales de la Tabla 4.2 al modelo global por el método de los mínimos cuadrados, con la utilización del algoritmo de optimización Solver de Microsoft.

También de los ensayos se ha encontrado que la velocidad específica de crecimiento,  $r$ , es una función del pH y del hipoclorito agregado. Se ha encontrado la siguiente dependencia:

$$r = k_4 (\text{pH})^{k_5} \left( C_{ClO^-,0} \right)^{k_6}$$

(4 – 14)

El resultado del ajuste del modelo global a los 27 ensayos produjo errores comprendidos entre  $-2,7\%$  y  $+4,4\%$  con un coeficiente de correlación 0,94.

Los valores de las constantes del modelo, resultantes del ajuste son los siguientes:

$$k_1=15,46$$

$$k_2=96,46$$

$$k_3=6,45 \text{ E}+06$$

$$k_4=3,02$$

$$k_5=0,73$$

$$k_6=-0,96$$

#### Desarrollo de filtros

**FILTROS DE ARENA:** se construyeron filtros de arena para adosar eliminar los flóculos de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Los ensayos dieron excelentes resultados desde el punto de vista de la limpidez de agua tratada. Se decidió no instalarlos en las plantas debido a que deben ser lavados en contra corriente cada tres días aproximadamente; tema muy complicado a concretar por las personas a la que va destinada esta tecnología.

**FILTROS DE TELA:** se desarrollaron y resultaron muy efectivos filtros gravitatorios confeccionados con tela. Los resultados obtenidos son óptimos desde el punto de vista de la limpidez del agua filtrada, de la duración entre periodos de limpieza y la facilidad de mantenimiento y operación por personas sin capacitación técnica.

**FILTROS CERÁMICOS:** se trabajó también en la fabricación de otros tipos de medios filtrantes aptos para la retención del flóculo. Se utilizaron para este fin cerámicas artesanales; con estos materiales se construyó una serie de filtros cerámicos de formas tubulares y discos filtrantes de distintos tamaños, espesores y porosidades controladas, Figuras 4.7 y 4.8.

A estos filtros se les evaluó las capacidades de filtración en un equipo a escala de laboratorio. Los valores de limpidez obtenidos son comparables con los filtros de tela, pero las capacidades de filtración y los periodos entre limpiezas son mayores para los de tela, por lo que se los adoptó para los trabajos continuos en laboratorio y campo.

<b>PROTOCOLO TOMA MUESTRAS DE AGUA</b>			
<b>Fecha:</b>	<b>Día:</b>	<b>Hora:</b>	<b>Código: AG/</b>
<b>Muestra tomada por:</b>			
<b>Cantidad de muestra (mL):</b>			
<b>Localidad:</b>		<b>Latitud:</b>	<b>Longitud:</b>
<b>Tipo de Zona:</b>			
Urbana <input type="checkbox"/> Rural <input type="checkbox"/> Cacerío <input type="checkbox"/> Población <input type="checkbox"/> Puesto <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>			
<b>Aguas Superficiales:</b>			
Río <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Laguna <input type="checkbox"/> Tajamar/ Aguas aljibes <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>			
<b>Aguas Subterráneas:</b>			
Menos de 20 metros <input type="checkbox"/> Más de 20 metros <input type="checkbox"/> Vertiente <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>			
<b>Tipo de Extracción:</b>			
molino <input type="checkbox"/> manual <input type="checkbox"/> bomba <input type="checkbox"/> surgente <input type="checkbox"/> otros <input type="checkbox"/>			
<b>Condiciones Atmosféricas:</b>			
lluvia <input type="checkbox"/> nieve <input type="checkbox"/> viento <input type="checkbox"/> pleno sol <input type="checkbox"/> temperatura ambiente <input type="checkbox"/>			
<b>Medidas en Campo:</b>			
pH: <input type="checkbox"/> pO <sub>2</sub> : <input type="checkbox"/> Conductividad: <input type="checkbox"/> Color: <input type="checkbox"/> Olor: <input type="checkbox"/> Turbidez: <input type="checkbox"/> Temperatura: <input type="checkbox"/>			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Filtrado:</b> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
Tipo de filtrado: banda blanca <input type="checkbox"/> Millipore 45 <input type="checkbox"/>			
<b>Tipo de conservación:</b>			
Ácida (*) <input type="checkbox"/> Temp. <input type="checkbox"/>			
(*) indicar ácido y concentración			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Tipo de recipiente:</b>			
vidrio (ultra trazas) <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Polietileno <input type="checkbox"/> Teflón <input type="checkbox"/>			
<b>Transporte Refrigerado (Temp.°C):</b>			
<b>Fecha de recepción en laboratorio:</b>			
<b>Conservación Final en Heladera (Temp.°C):</b>			
<b>(1) Concentración As Total :</b>			
<b>As Inorg:</b>			

Realizar Curva de Calibrado diaria – Nunca extrapolar  
Cada 10 muestras analizar un Blanco/ STD intermedio de la Curva de Calibrado.

Realizar Cartas de Control / STD PREPARADO

<b>PROTOCOLO TOMA MUESTRAS DE ALIMENTOS</b>			
<b>Fecha:</b>	<b>Día:</b>	<b>Hora:</b>	<b>Código: AG/ /AL</b>
<b>Muestra tomada por:</b>			
<b>Localidad:</b>		<b>Latitud:</b>	<b>Longitud:</b>
<b>Dieta:</b>			
Desayuno <input type="checkbox"/>	almuerzo * <input type="checkbox"/>	merienda <input type="checkbox"/>	cena * <input type="checkbox"/>
<small>* Indicar si es líquido</small>			
<b>Composición básica de la Dieta:</b>			
Carne <input type="checkbox"/>	Vegetales <input type="checkbox"/>	Legumbres <input type="checkbox"/>	Cereales <input type="checkbox"/>
Condimentos <input type="checkbox"/>	Agua * <input type="checkbox"/>		
<small>* Aclarar de que tipo (ver fuente de acuerdo a código)</small>			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Tipo de conservación:</b>			
Refrigerada: <input type="checkbox"/>	Temp. (*) <input type="checkbox"/>		
Frezada: <input type="checkbox"/>	Temp. (*) <input type="checkbox"/>		
Liofilizada <input type="checkbox"/>	Temp. (*) <input type="checkbox"/>		
<small>(*) indicar temperatura</small>			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Tipo de recipiente:</b>			
Bandeja plástica <input type="checkbox"/>	bolsita hermética <input type="checkbox"/>	frascos * <input type="checkbox"/>	otro <input type="checkbox"/>
<small>Usar para alimentos líquidos</small>			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Cantidad de muestra (grs):</b>			
<b>Fecha de liofilización:</b>			
<b>Cantidad muestra liofilizada (grs):</b>			
<b>Humedad %:</b>			
<b>Transporte Refrigerado (Temp.°C):</b>			
<b>Fecha de recepción en laboratorio:</b>			
<b>Conservación Final en Heladera (Temp.°C):</b>			
<b>(1) Concentración As Total:</b>			
<b>As Inorg:</b>			

Realizar Curva de Calibrado diaria – Nunca extrapolar  
Realizar Cartas de Control / STD PREPARADO  
Cada 10 muestras analizar un Blanco/ STD intermedio de la Curva de Calibrado.

## FORMULARIO ENCUESTA – Santiago del Estero

Vivienda N°	Fecha:	Muestra de agua N°:	N° de muestras: Orina: Alimentos: Sangre:	Investigador.
-------------	--------	---------------------	--	---------------

Datos de la vivienda	Calle N°
	Entre calles...
	Latitud y Longitud
	Localidad:
	Departamento
	Provincia

Provisión / procedencia de agua de consumo (marcar con una cruz)	Pozo		Red publica (agua corriente)	
	Perforación con bomba manual		Otra (especificar)	
	Perforación con bomba motor			

Provisión / procedencia de agua de bebida (especificar)
Provisión / procedencia de agua para cocinar (especificar)

Características de los habitantes de la vivienda												
N°	Nombre	Edad	Sexo	Parentesco	Cobertura medica	Educación formal	Tiempo de residencia	Trabajo	Alimentación (dentro y fuera del hogar)			
									Desay.	Alm.	Mer.	Cena

Epidemiología del HACRE en la República Argentina  
ANEXO 2

Características de la dieta del hogar	Tipo de alimentos o comidas que se consumen mas de 2 veces por semana
	Consume verduras cultivadas en el hogar? Cuales?
	Consume carne de animales criados para tal fin? Cuales?
	Consume alimentos comprados en comercios de la zona? Cuales?
	Consume alimentos adquiridos en comercios de otras zonas? Cuales? De que zona?
	Consume alimentos provenientes de algún plan de ayuda social, iglesia, comuna, etc? Cuales?

**FORMULARIO DE ENCUESTA – Providencia – Santa Fe**

Nº de Ficha:				
Manzana				
Apellido familiar:				
Zona	Urbana	Rural		
Tiempo residencia				
Sexo	F	M		
Fecha Nacimiento		/	/	
Educación	Primaria	Secundaria	Univeritaria	
Completa				
Incompleta				
Trabajo:				
Agroquímicos	si	no		
Observación				
Agua	Pozo	Aljibe	Potable	Mixta
Dieta	por semana			
	0 a 1	2 a 4	5 a 6	
carne roja				
aves			Cocciones	agua potable
peces				agua pozo
huevos				agua aljibe
leche				
quesos				
verduras				
hortalizas				
frutas				
pan				

## FORMULARIO EVALUACIÓN MÉDICA

Datos del Paciente			
Apellido y Nombres			DNI
Edad:	Fecha de Nac:	Lugar de nacimiento (localidad y provincia)	
Antigüedad en domicilio actual:			
Domicilios anteriores (localidad, provincia y antigüedad en ese domicilio)			
Analfabeto.	Alfabeto	Estudios (especificar Prim, Sec, Terc, Univ; Compl.; Incompl.)	
Trabaja?	Lugar	Tarea que realiza:	Antigüedad:
Trabajos anteriores (indicar: lugar, tarea, antigüedad)			

Hábitos tóxicos				
Fuma?	Cantidad diaria.	Desde cuando?	Fumó?	Por cuanto tiempo?
Bebe alcohol?	Tipo:	Cantidad diaria:	Desde cuando?	
Drogas ilegales (tipo, vía, años de consumo)				
Medicamentos (nombre, dosis, vía)				
Fitoterapia:				

Antecedentes familiares	
Enfermedad	Parentesco
Alergias	
Gota	
Amputación de miembros	
Cáncer	
Diabetes	
Cardiopatías	
Hipertensión arterial	
Artritis	
Enfermedades de Piel	
Otros	

Epidemiología del HACRE en la República Argentina  
ANEXO 2

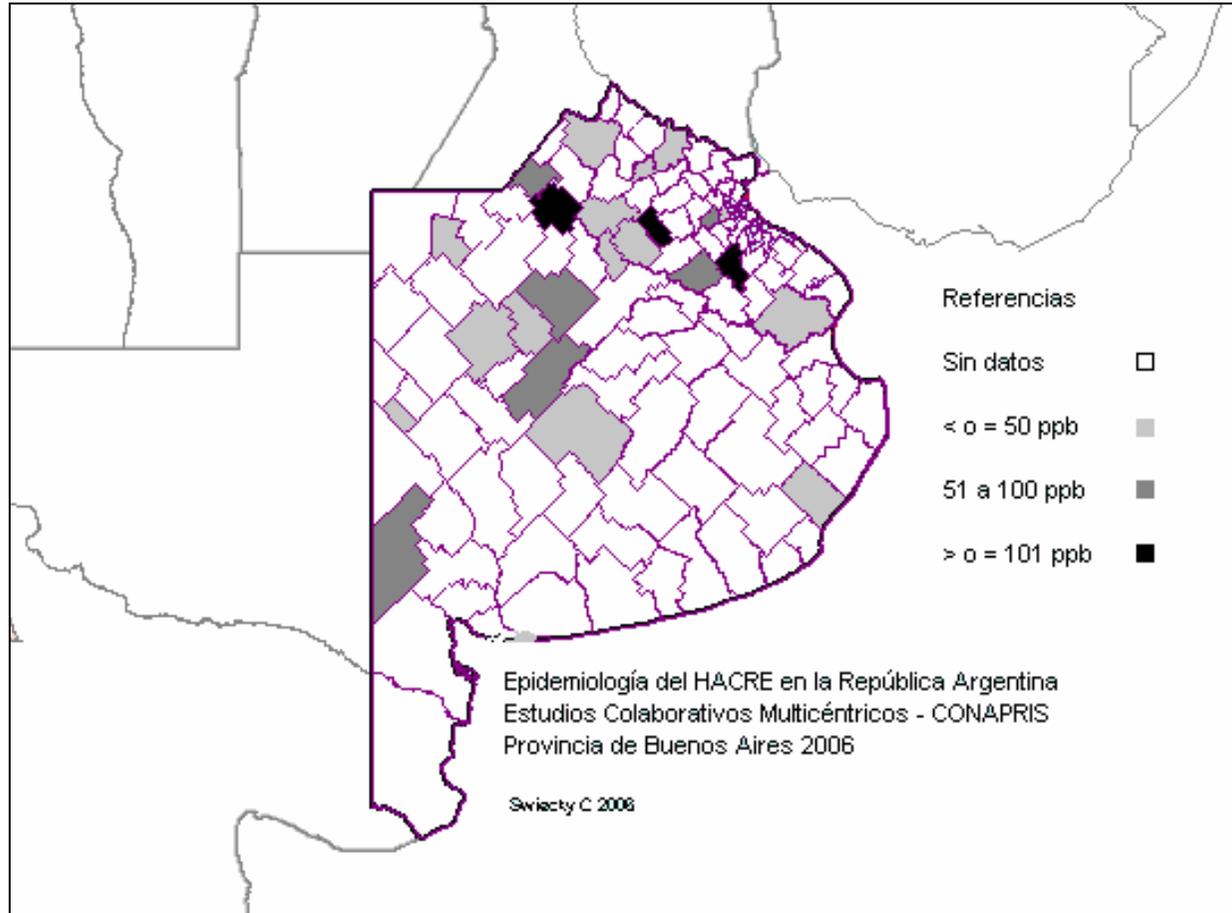
Síntomas que refiere:
-----------------------

Peso:	Talla	IMC	TA	FC	T°C
-------	-------	-----	----	----	-----

Piel	Alteraciones palmo / plantar. Indicar cual?	Queratodermia palmo / plantar por As
	Melanodermia por As	Describir tipo y topografía
	Ca. de Piel ( indicar tipo y localización)	
Aparato Respiratorio	Inespecíficas	Ca. de Pulmón
	Neumonía	Otra alteración:
	Rx de Tórax	Otros exámenes:
Abdomen	Hepatopatía	Vómitos
	Epigastralgia	Diarrea
	Ca. Abdominal (indicar tipo y localización)	
Sistema nervioso	Polineuropatía (indicar tipo y localización):	
	Otra patología. +	
Aparato Cardiovascular	Hipertensión arterial	
	Arteriopatía periférica (Raynaud)	
	Otras (especificar)	
Metabólicas	Diabetes	Alteraciones tiroideas
	Dislipemias	Hiperuricemia
	Otra	
Genitourinario	Ca. de Próstata	Ca. de Vejiga
	Alteraciones gineco-obstétricas:	Otra alteración (indicar tipo y localización)
Miembros	Alt. tróficas	Alt. vasculares
Otras enfermedades	Chagas	
	Parasitosis	
	Otros	
Laboratorio	Concentración de As urinario	
	Biopsia (en caso positivo, especificar tipo y resultado)	
	Otros(Especificar):	

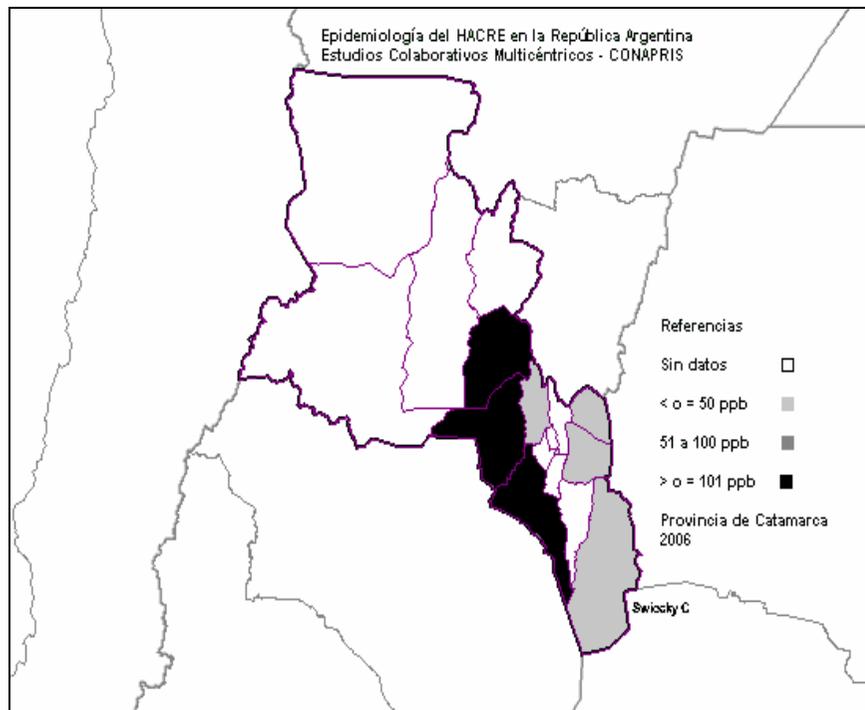
Diagnostico:
Tratamiento:
Medico:

Provincia de Buenos Aires según concentraciones de arsénico en aguas por partido. Abril 2006.



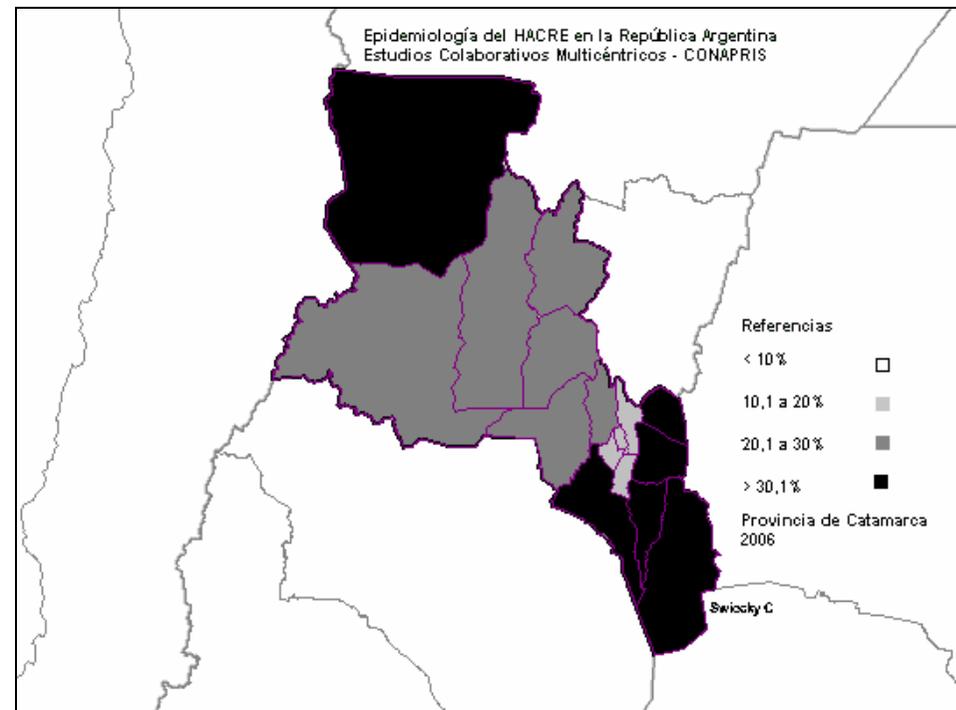
Fuente: Cátedra de Toxicología. Facultad de Farmacia y Bioquímica. UBA. Periodo 1981-2005

Provincia de Catamarca según rango de concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.



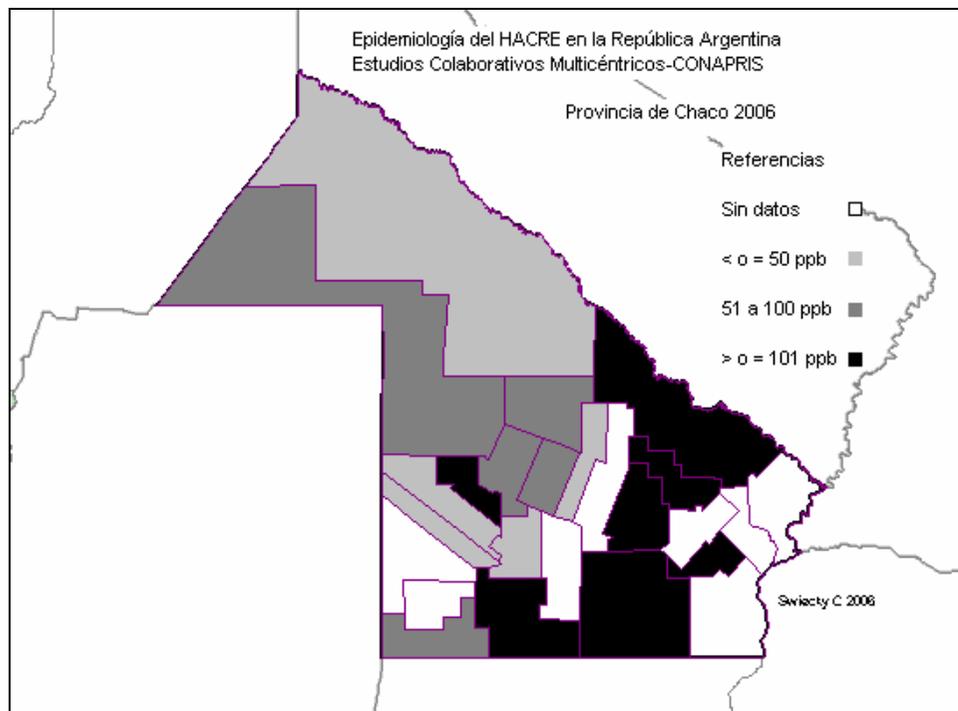
Elaboración propia en base a:  
 Vilches F. El arsénico en la provincia de Catamarca, Argentina. En Galindo G: Arsénico en aguas – origen, movilidad y tratamiento. IV Congreso Argentino de Hidrogeología. Córdoba. 2005

Provincia de Catamarca según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.



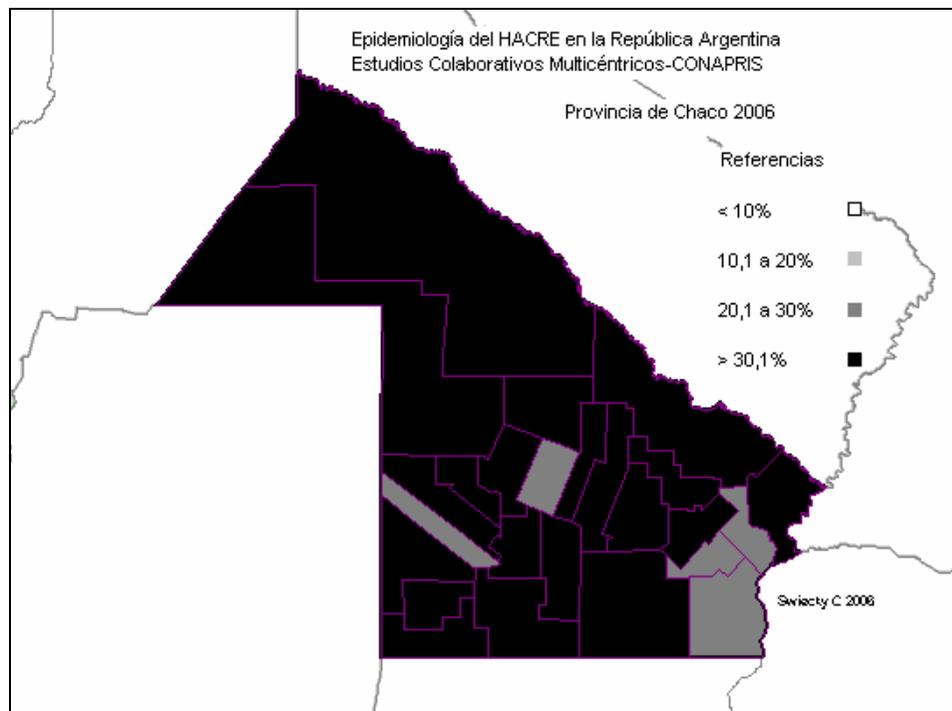
Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

Provincia de Chaco según rango de concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.



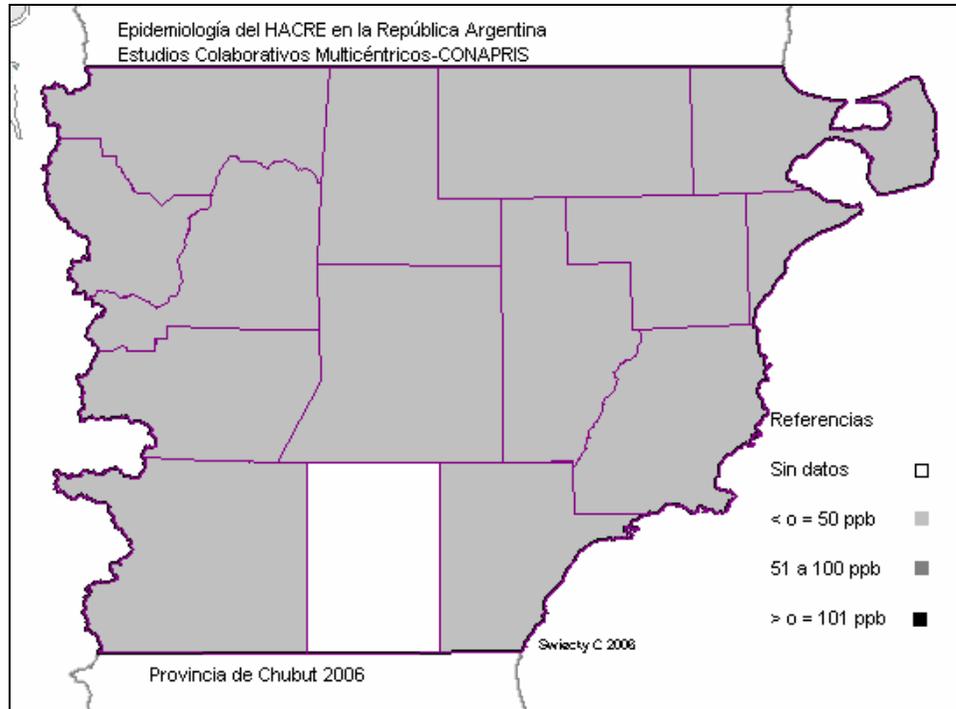
Elaboración propia en base a:  
Laboratorio de QAG. UNNE. 1994 - 2006  
Departamento Laboratorio de Aguas. APA Chaco. 1974 - 2004

Provincia de Chaco según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.



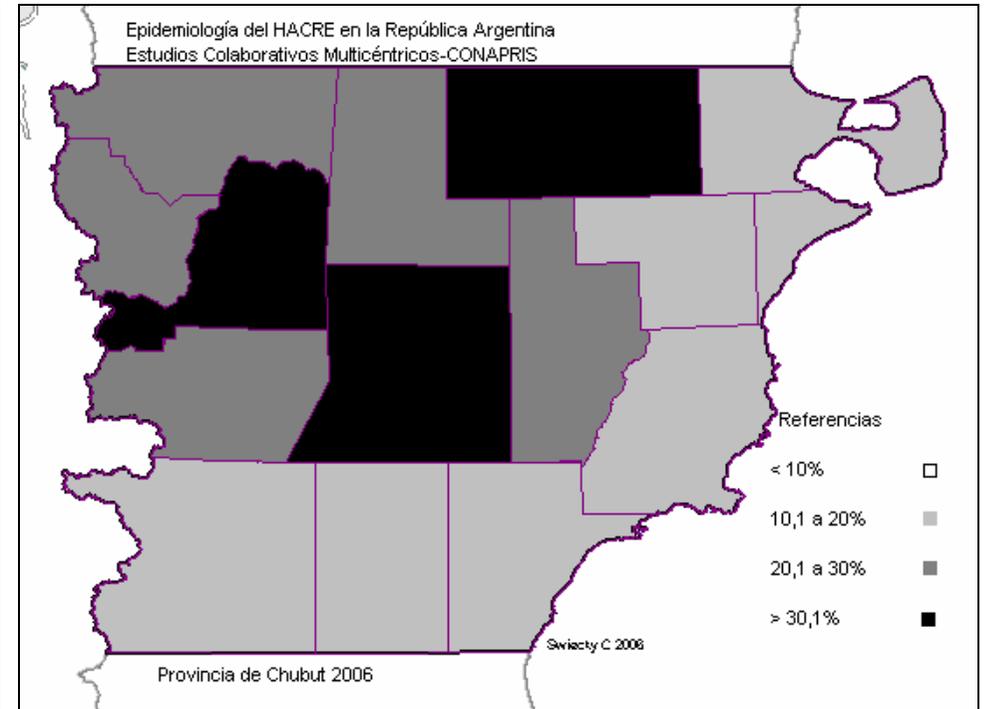
Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

Provincia de Chubut según rango de concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.



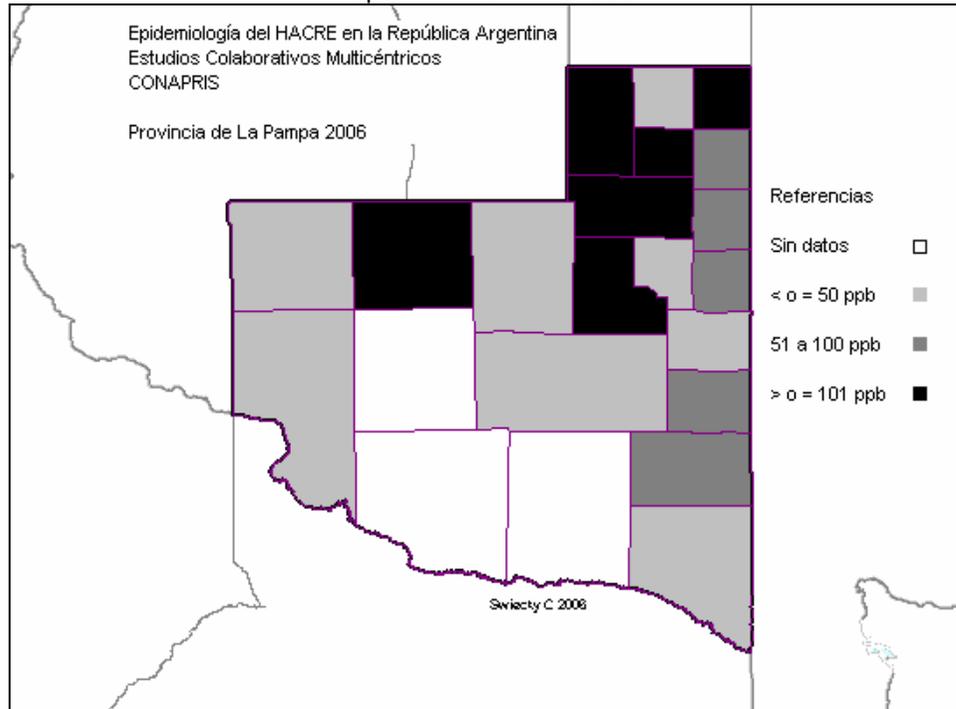
Elaboración propia en base a:  
Sandali G. Dir. Salud Amb. Chubut. 2004-2005

Provincia de Chubut según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.

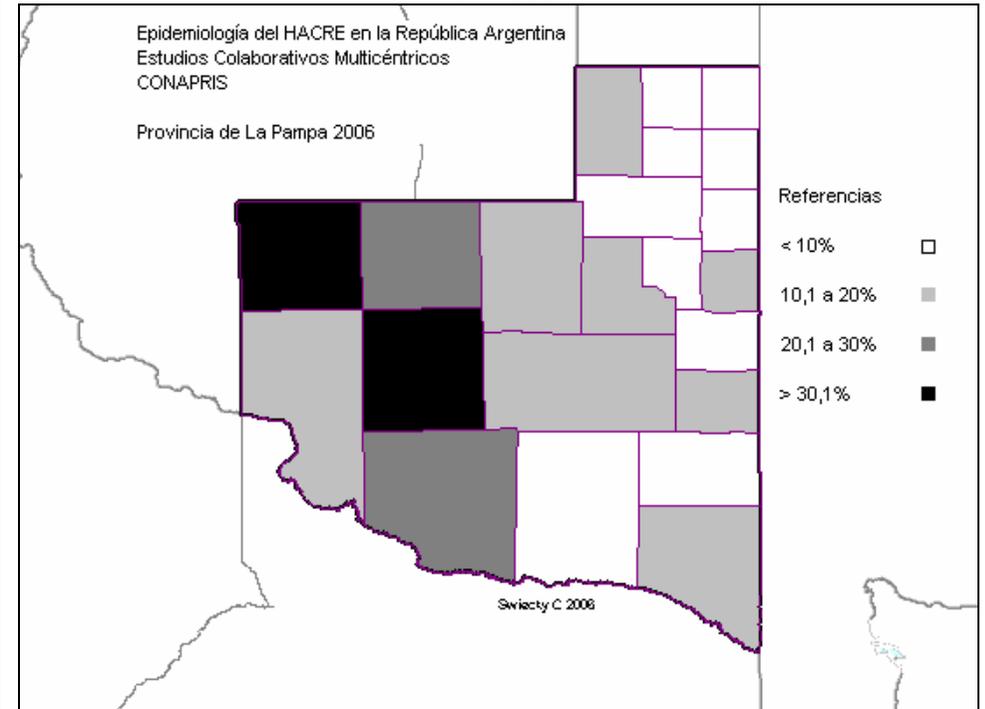


Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

Provincia de La Pampa según rango de concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.



Provincia de La Pampa según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.



Elaboración propia en base a:

Muñoz M. *Remoción de arsénico y Fluor. Estudio de un caso en la localidad de Eduardo Castex, La Pampa.* En Galindo G. *Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento.* IV Congreso Hidrogeológico Argentino. Córdoba. 2005.

Schulz C. *Presencia de arsénico en las aguas subterráneas de La Pampa.* En Galindo G. *Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento.* IV Congreso Hidrogeológico Argentino. Córdoba. 2005.

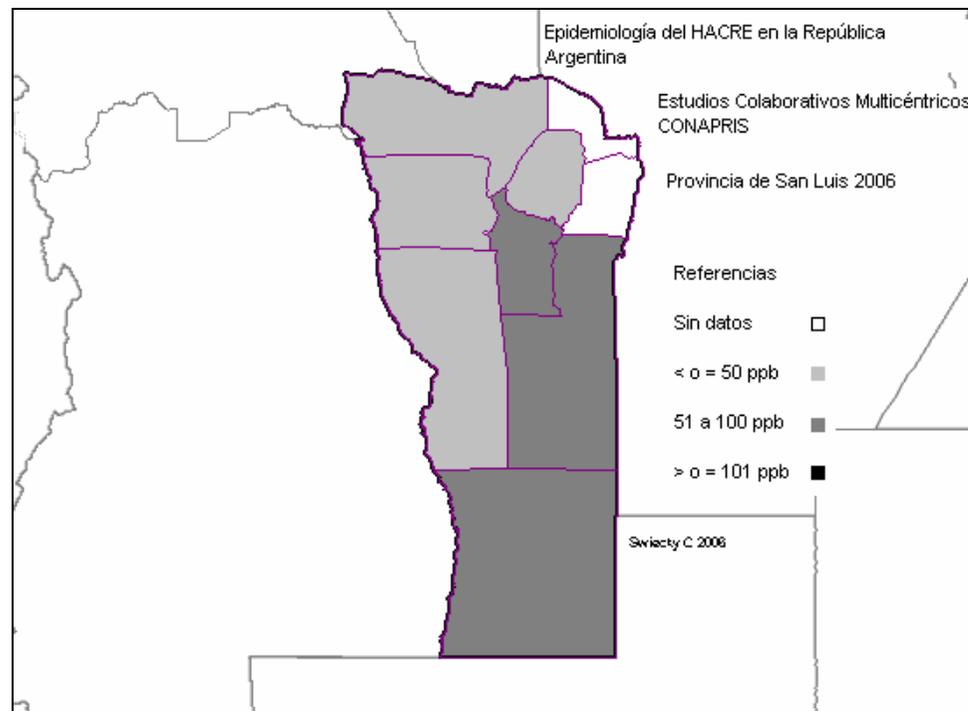
Medus M. *Variación temporal de los contenidos de arsénico en la batería de pozos que abastece a General Pico, La Pampa.* En Galindo G. *Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento.* IV Congreso Hidrogeológico Argentino. Córdoba. 2005.

Schulz C. *Hidrogeoquímica del acuífero del Valle Argentino (L.P). Aptitud del agua para uso humano y rural.* En Bocanegra – Martínez: *Groundwater and human development.* 2002.

Smedley P. *Hydrogeochemistry of arsenic and other inorganic constituents in groundwaters from La Pampa, Argentina.* *Applied Geochemistry* 17 (2002) 259–284

Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

Provincia de San Luis según rango de concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.

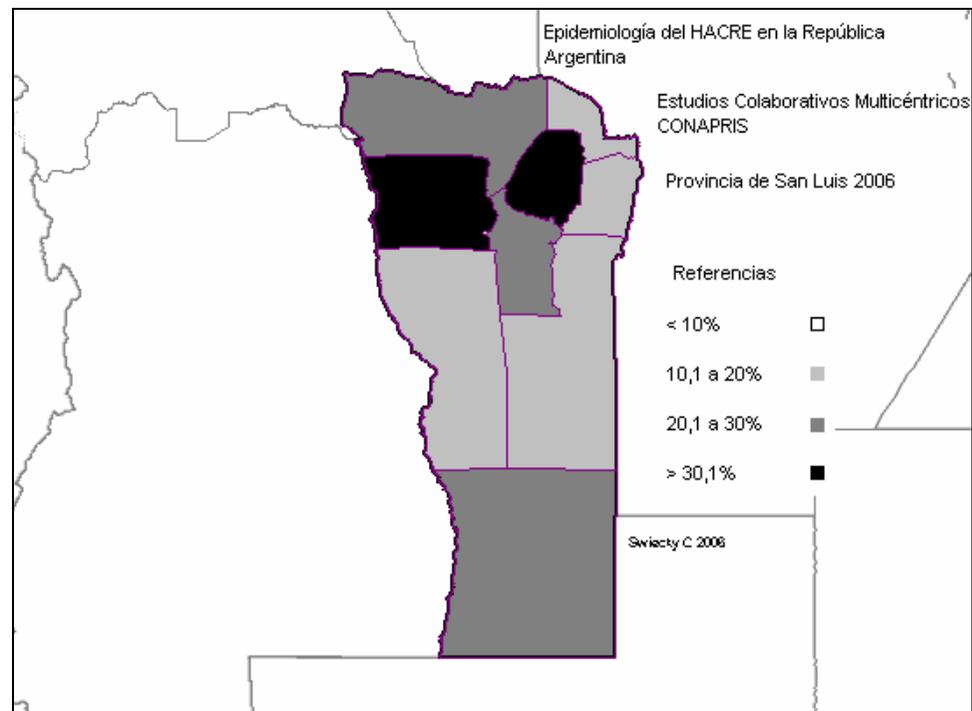


Elaboración propia en base a:

González D, Ferrúa N. Arsénico en aguas de San Luis (Argentina). Uso de un equipo alternativo al de Gutzeit modificado. Acta Toxicol. Argent. (2003) 11 (1):3-6.

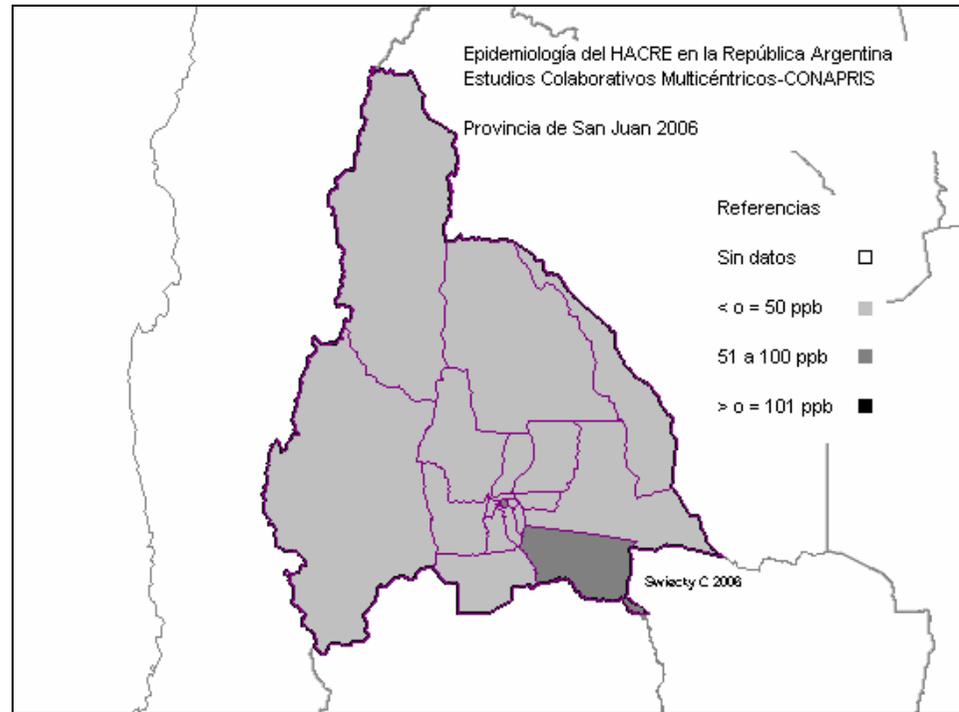
González D, Ferrúa N. Arsénico en agua de consumo humano en poblaciones de las provincias de San Luis y Buenos Aires. Acta Toxicol. Argent. (2004) 12 (supl):7.

Provincia de San Luis según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.



Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

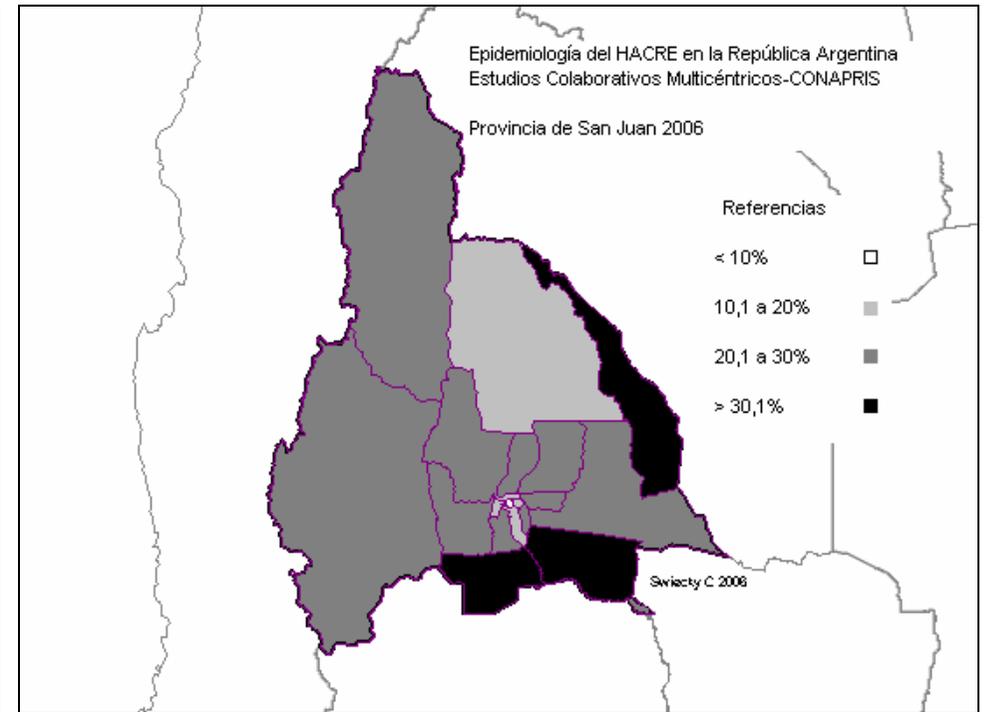
Provincia de San Juan según rango de concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.



Elaboración propia en base a:

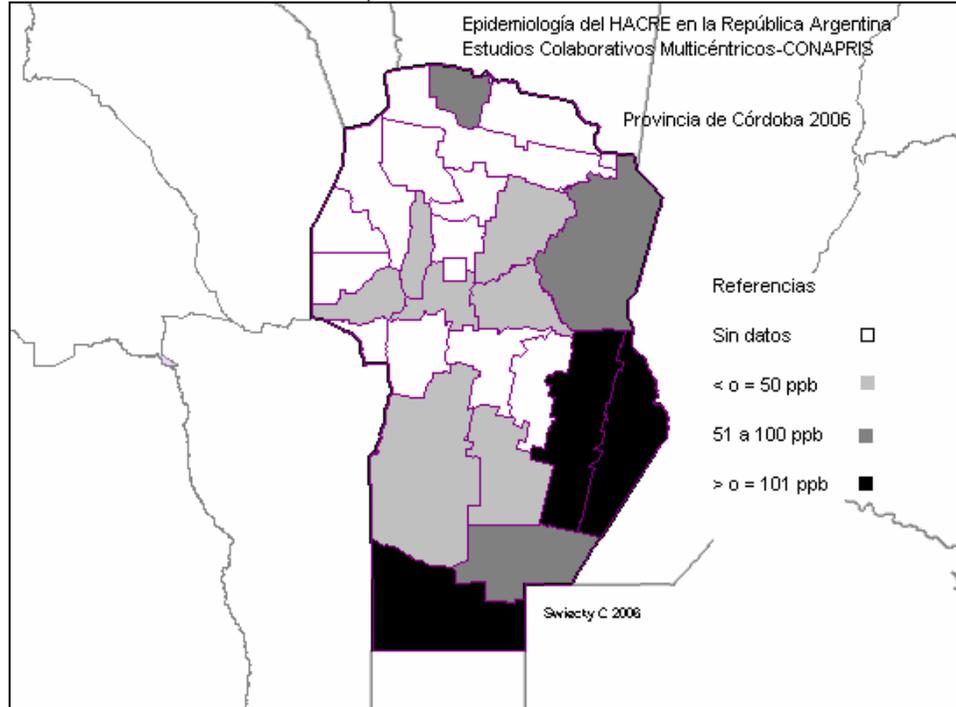
INA – CRAS 1978 - 2005  
Laboratorio de Química II, Biología I y Biología II de la Facultad de Ingeniería de la UN de San Juan.2005-2006

Provincia de San Juan según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.

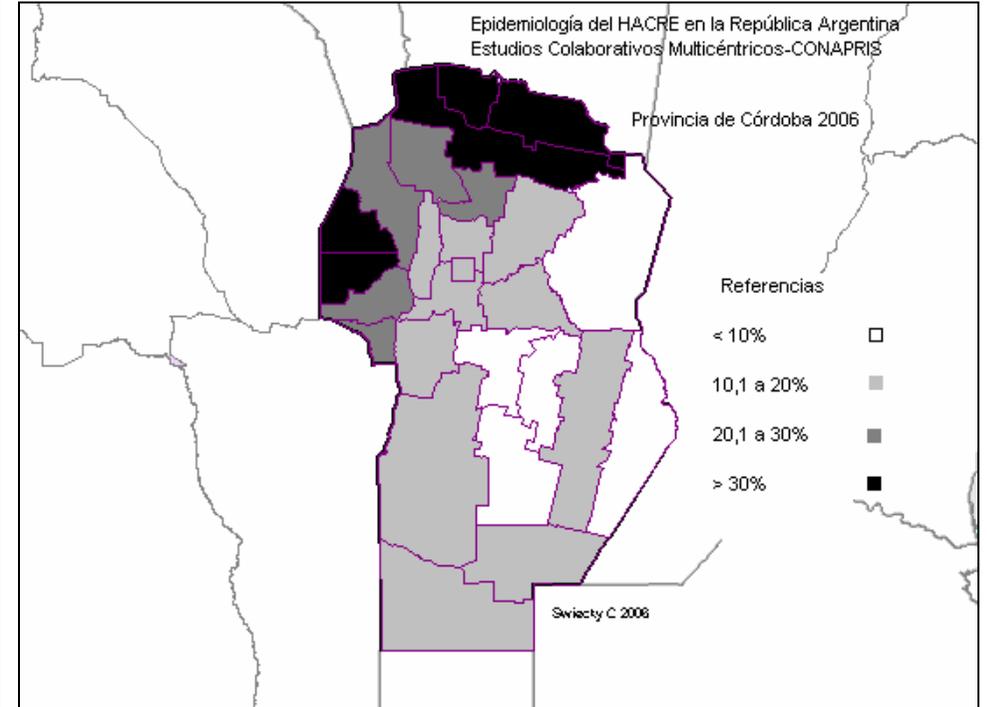


Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

Provincia de Córdoba según rango de concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.



Provincia de Córdoba según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.

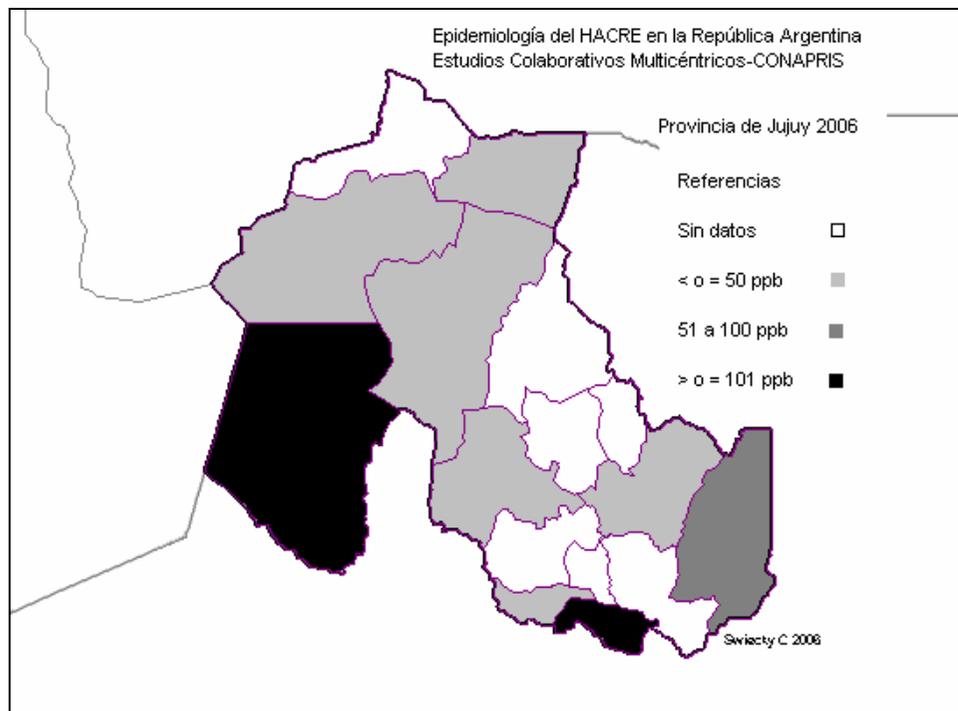


Elaboración propia en base a:

Academia Nacional de Ciencias, Miscelánea N° 71, Nicolli H B, et. al. 1982  
 Penedo M. Hidroarsenicismo en la provincia de Córdoba. Actualización del mapa de riesgo e incidencia. CEPROCOR. 1998  
 Perez Carrera A. Niveles de arsénico y flúor en agua de bebida animal en establecimientos de producción lechera (Pcia. de Córdoba, Argentina). InVet. 2004, 6(1): 51-59  
 Penedo M. Trabajo de investigación para Especialidad en Toxicología. Fac. Cs. Químicas – UNC. Córdoba. 1999  
 Obras Sanitarias de la Nación. El problema del agua potable en el interior del país. Tomo II. Análisis Químicos. 1942  
 Rosa S. Dioxitek S.A. Laboratorio ICP-MS. 2002

Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

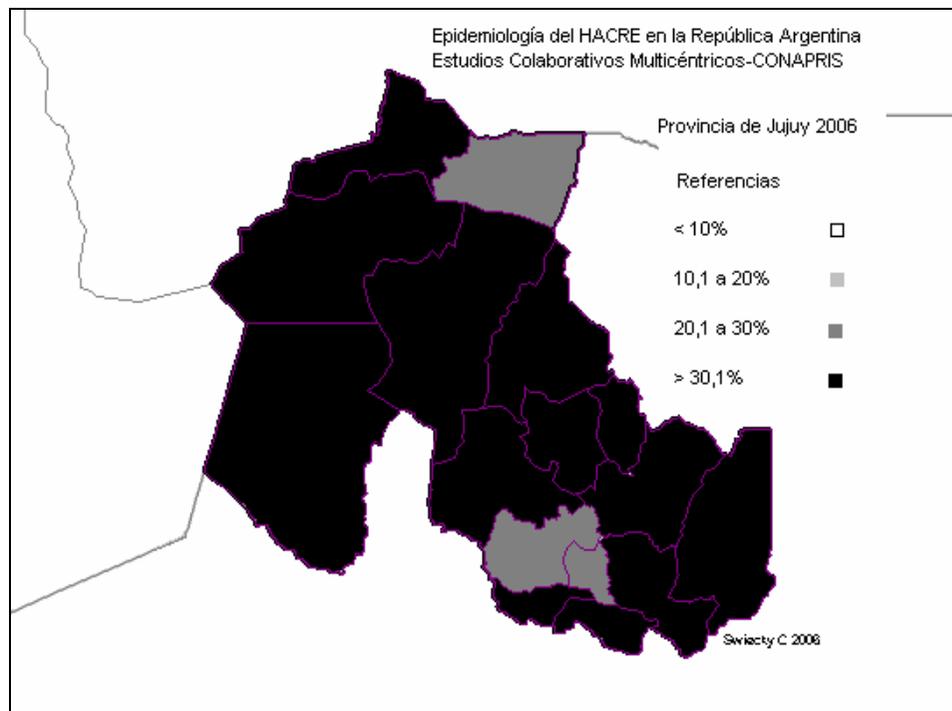
Provincia de Jujuy según rango de concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.



Elaboración propia en base a:

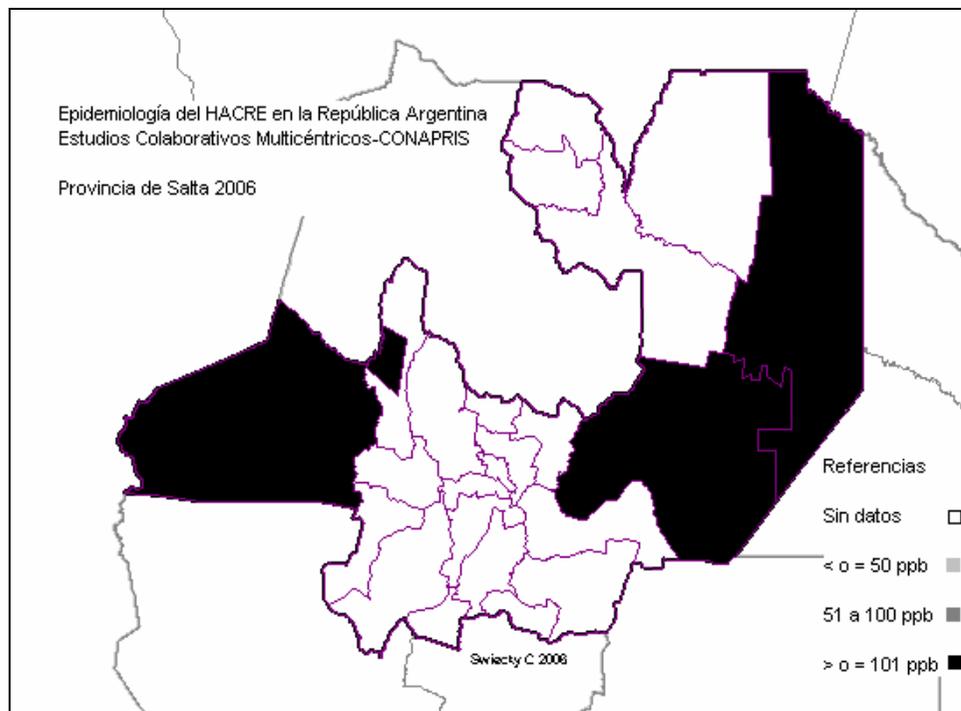
Sastre M. Estudio cuantitativo de arsénico en las aguas de la provincia de Jujuy. Universidad Nacional de Salta. 1987  
Laboratorio INQA. Universidad Nacional de Jujuy. 2000-2003

Provincia de Jujuy según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.



Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

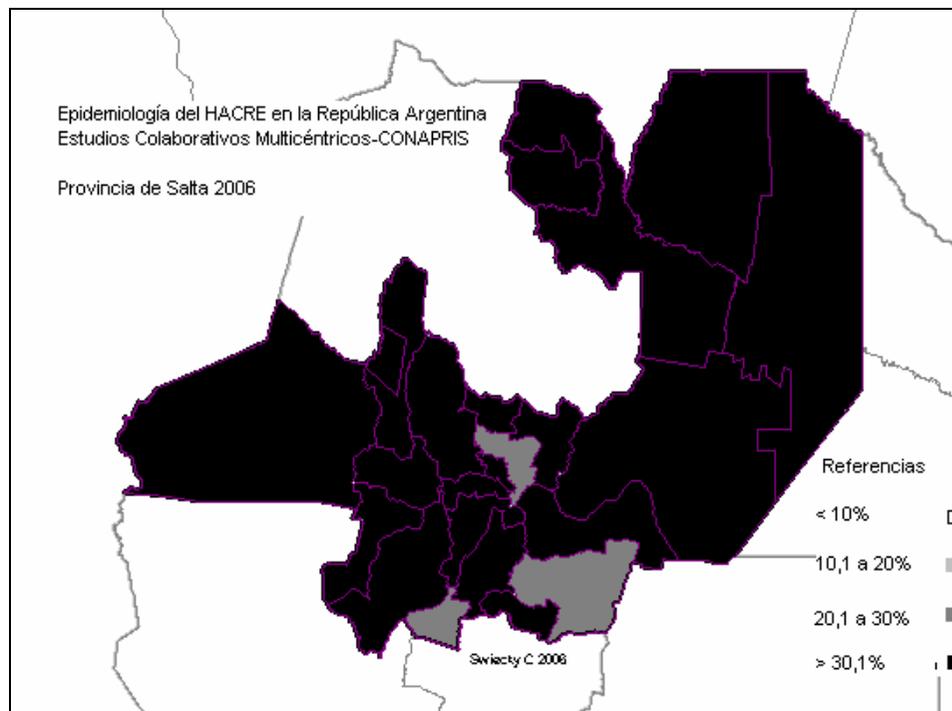
Provincia de Salta según concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.



Elaboración propia en base a:

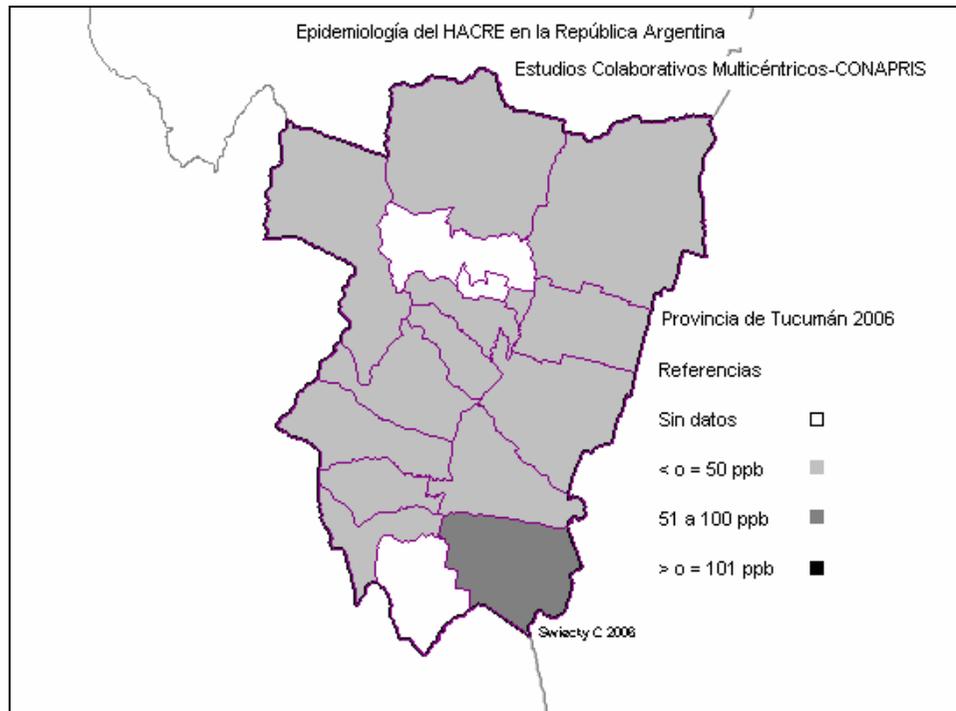
Concha G. Metabolism of Inorganic Arsenic in Children with Chronic High Arsenic Exposure in Northern Argentina. *Environmental Health Perspectives*. Volume 106, Number 6, June 1998.  
Torres S. Análisis químico de arsénico en aguas. Informe final proyecto 288. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta. 1995.

Provincia de Salta según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.

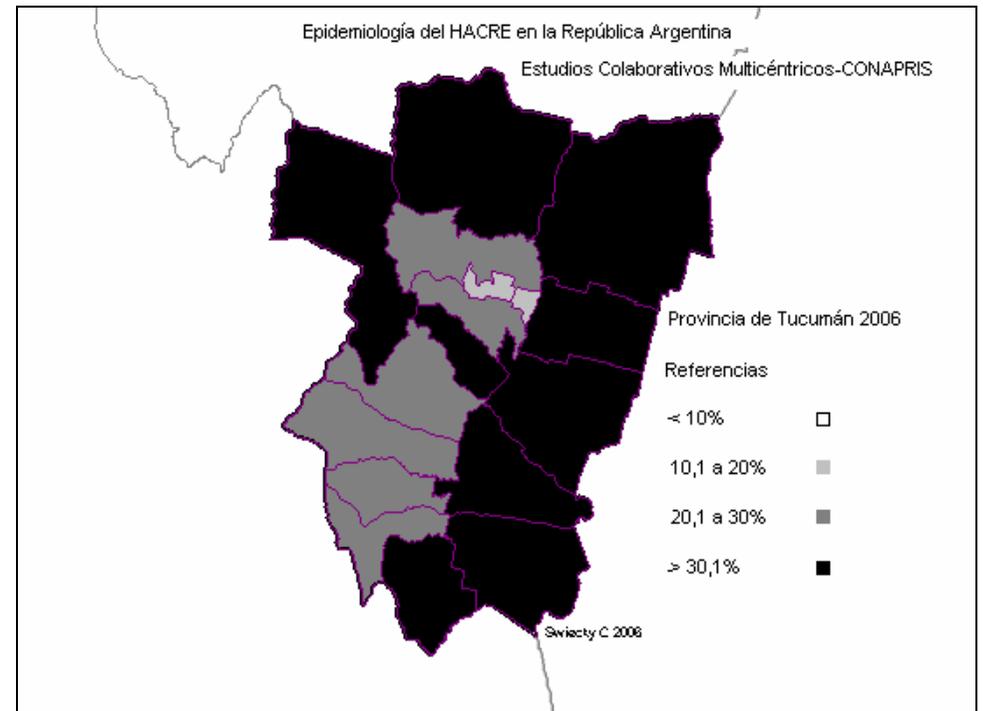


Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

Provincia de Tucumán según rango de concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.



Provincia de Tucumán según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.



Elaboración propia en base a:  
ERSACT. Tucumán, 2005.

Warren C. *Arsenic and Fluoride in quaternary loess and alluvial aquifers at Los Pereyras*. En Bocanegra, Massone: Groundwater and human development. 2002.

Graieb O. *Evaluación del contenido de arsénico en agua de bebida en la zona de influencia de la localidad El Bracho, Tucumán*. Revista Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Año 2 N° 2, Dic 2002.

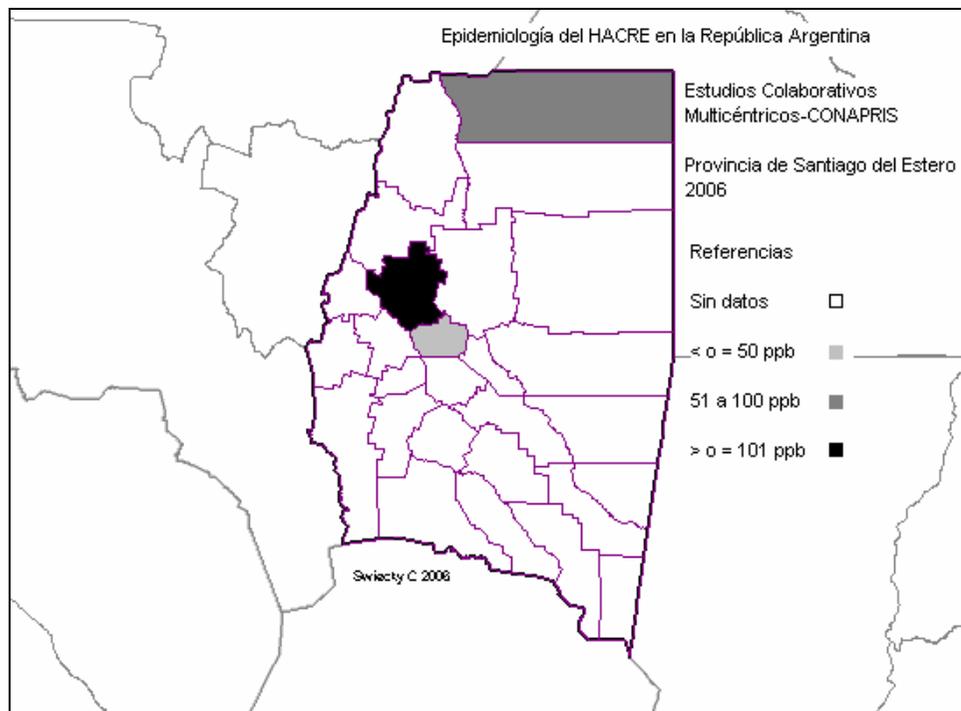
Freidenberg de Jabif E. *Población rural y arsénico en la provincia de Tucumán*. XXIV Jornadas Interdisciplinarias de Toxicología. Buenos Aires, 2004. Acta Toxicol. Argent. (2004) 12 (2): 42-67

Galindo G. *El As en aguas termales del sur de la cuenca del Río Salí*. En Galindo G. Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento. IV Congreso Hidrogeológico Argentino. Córdoba, 2005.

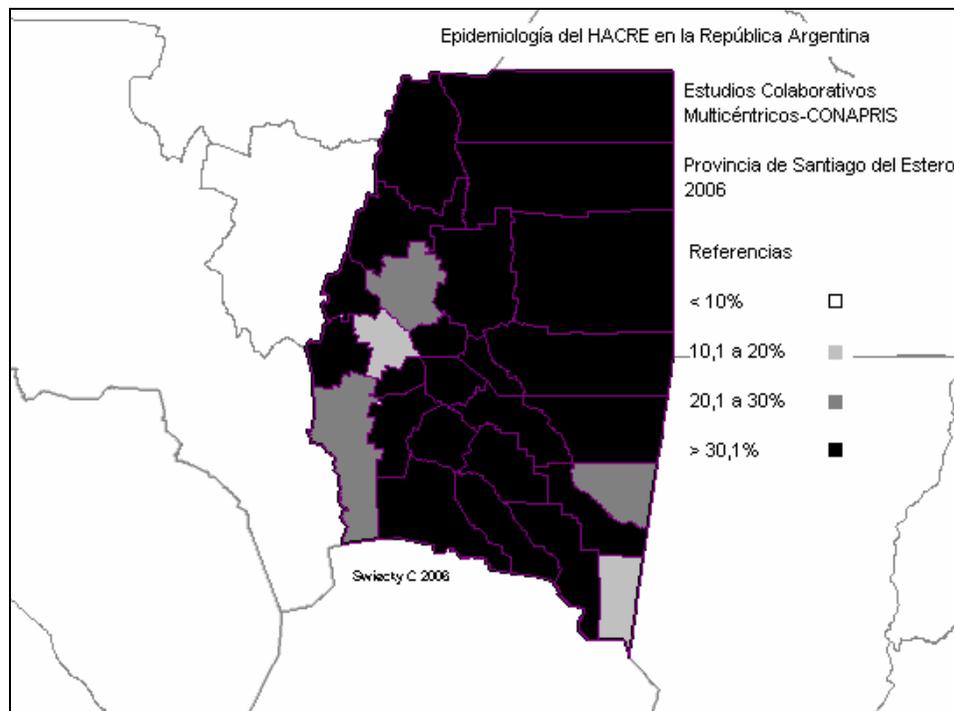
García M. *Influence of polluted surface water on the aquifers of the Salí River valley, Tucumán, Argentina*. En Bocanegra E. Groundwater and human development. 2002

Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

Provincia de Santiago del Estero según rango de concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.



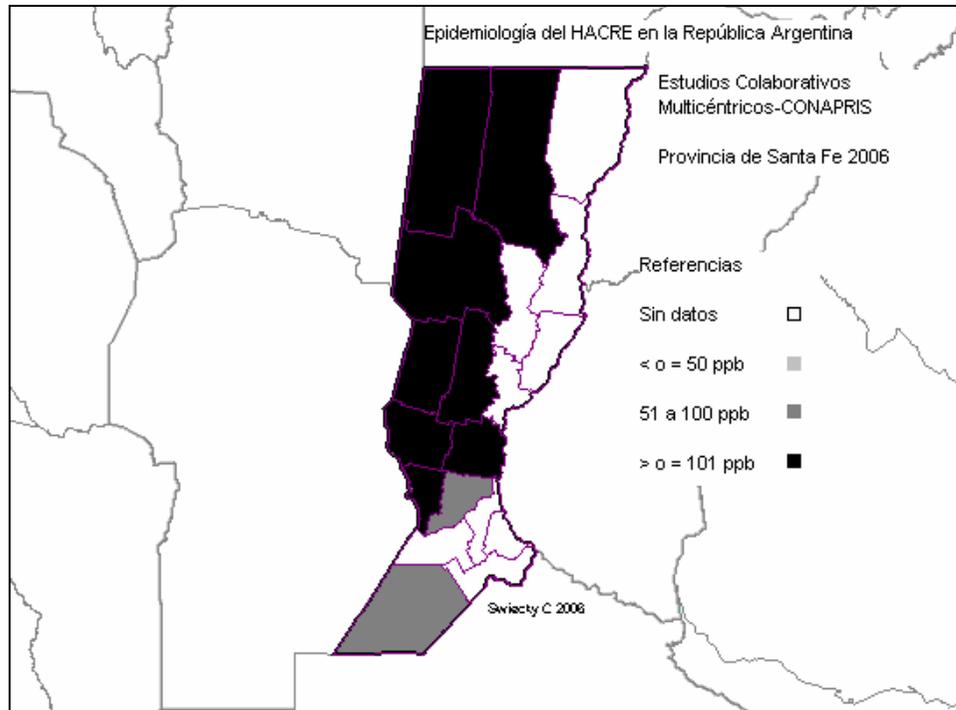
Provincia de Santiago del Estero según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.



Elaboración propia en base a:  
 Claesson M. Arsenic in groundwater of Santiago del Estero, Argentina. Department of Land and Water Resources Engineering. (KTH). Sweden. 2003  
 Mellano F. Estudio hidrogeoquímico y de remediación de arsénico en aguas subterráneas de María Elena, Provincia de Santiago del Estero, Argentina. 4tas Jornadas de Ciencia y Tecnología de la UNSE. 2003  
 Herrera H. Origen y dinámica del arsénico en el agua subterránea del dpto. Robles – provincia de Sgo. del Estero. Universidad Nacional de Santiago del Estero. 2000

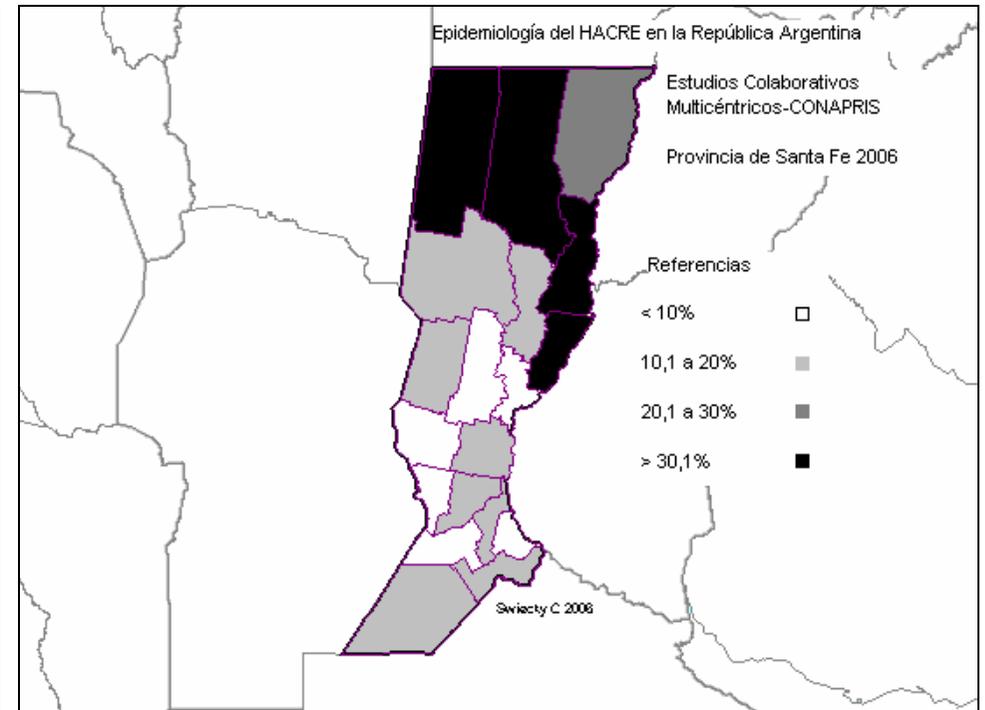
Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

Provincia de Santa Fe según rango de concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.



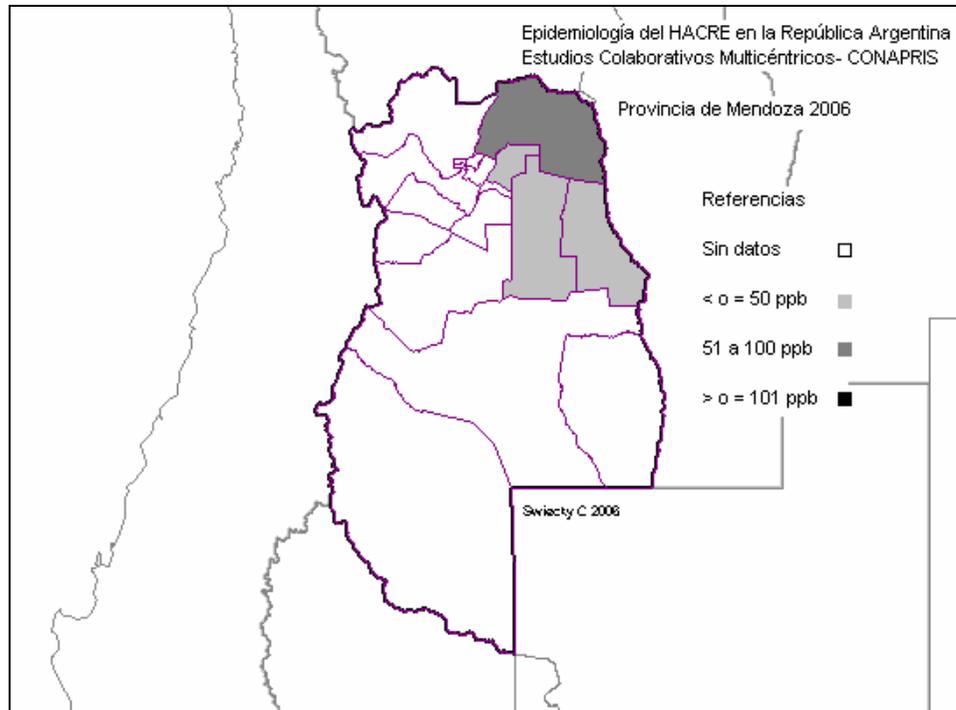
Elaboración propia en base a:  
Departamento de Salud Ambiental. Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación. Argentina.

Provincia de Santa Fe según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.



Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

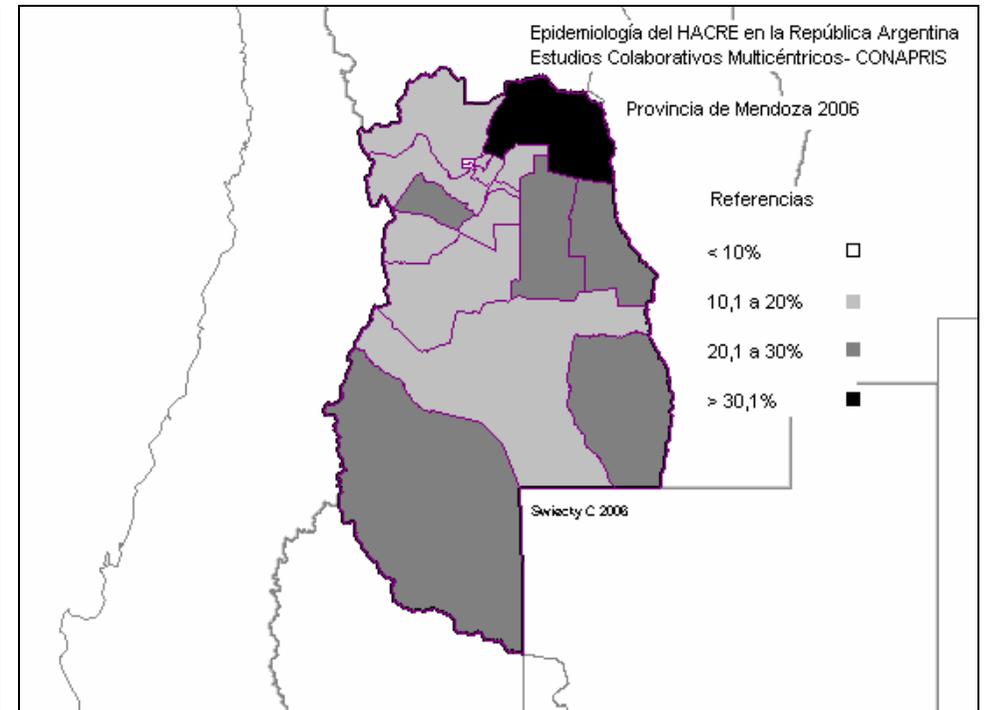
Provincia de Mendoza según rango de concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.



Elaboración propia en base a:

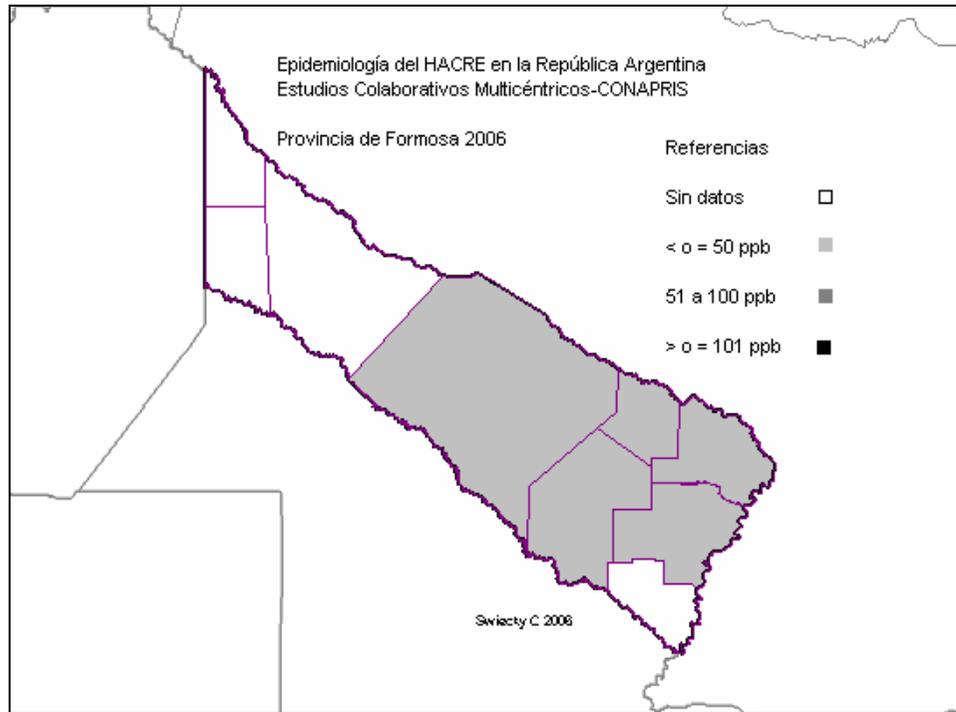
Bocanegra O. Arsénico en aguas subterráneas: su impacto en la salud. En Bocanegra – Martínez: Groundwater and human development. 2002.  
 Molina S. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. 2006.  
 CRAS. Mendoza 1998.

Provincia de Mendoza según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.

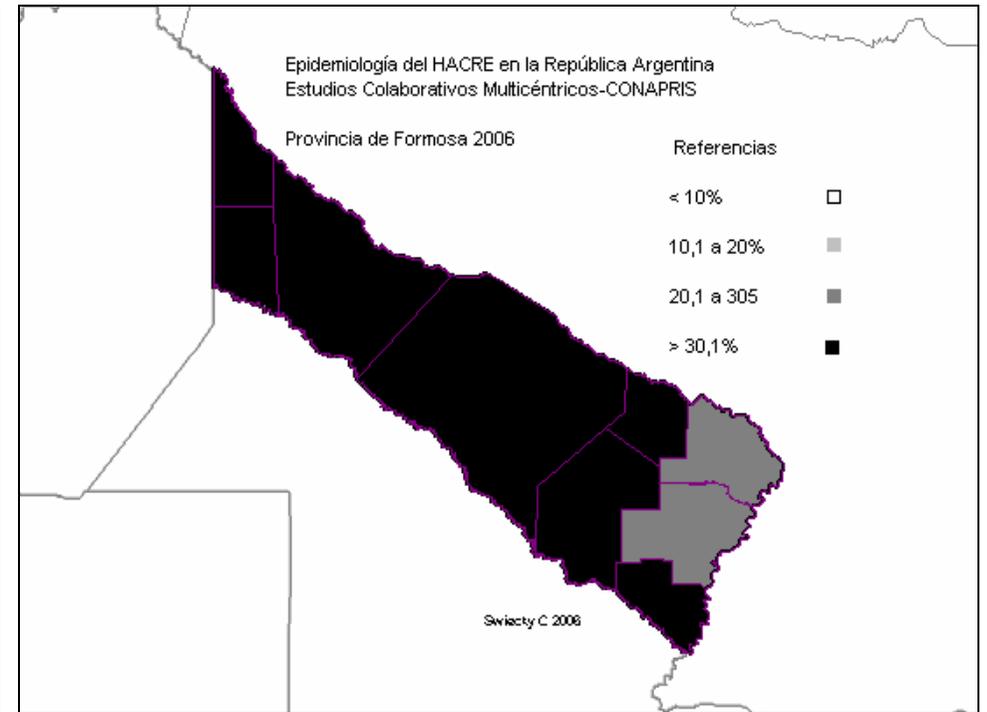


Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

Provincia de Formosa según rango de concentraciones de arsénico por departamento. Abril 2006.



Provincia de Formosa según porcentaje de población NBI por departamento. Abril 2006.



Elaboración propia en base a:

Programa Agua Potable a Pequeñas Comunidades – Consejo Federal de Inversiones.  
 Estudio de la Cuenca inferior del río Bermejo realizado por OEA –INCyTH.  
 Benítez M. laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Agroindustrias UNNE. 2006.

Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2001

Caracterización de las áreas arsenicales. Argentina. 2006

Provincia	Población	Departamentos afectados	Mediana As ppb	% NBI	% Analfab.	% con agua de red	Superficie afectada	Población de riesgo	% de Pobl. Provincial
Catamarca	350.440	Andalagá	120	26.5	3.3	71	13.640	40.782	12
		Capayán	165	30.6	4.7	89.5			
		Pomán	120	25.1	4.1	61			
Chaco	1.007.850	Almirante Brown	90	45.1	6.7	41	49.481	333.863	33
		Comandante Fernández	63	28.6	7.2	89			
		Fray J.S.M. de Oro	53	39.7	10.7	1			
		General Belgrano	120	47.2	14.8	20			
		Independencia	60	48.7	15.3	35.5			
		Libertad	850	29.1	6.0	78			
		Libert.Gral San Martín	280	44.5	12.7	73			
		Maipú	55	43.4	12.4	24			
		Mayor Luis J. Fontana	260	32.9	9.7	72			
		Presidencia de la Plaza	270	37.0	11.0	73			
		Sargento Cabral	150	40.5	12.3	61			
Tapenagá	500	43.0	11.6	68					
La Pampa	313.810	Catriló	100	10.7	2.8	83	45.758	140.450	45
		Chalileo	180	22.5	11.5	83			
		Chapaleufú	130	8.9	2.3	76			
		Conhelo	100	8.4	2.9	30			
		Guatraché	100	17.5	2.6	72.5			
		Hucal	80	6.2	1.9	84			
		Maracó	60	9.3	2	91			
		Quemú Quemú	100	5.3	2.2	90			
		Rancul	100	16.1	5	80			
		Toay	150	12	2.8	64			
		Trenel	120	9.9	3	76			
San Luis	390.918	Coronel Pringles	61	20.4	4.1	80	39.173	134.505	34.5
		General Pedernera	58	13.9	2.4	86			
		Gobernador Dupuy	85	27.8	8.9	75			

Provincia	Población	Departamentos afectados	Mediana As ppb	% NBI	% Analfab.	% con agua de red	Superficie afectada	Población de riesgo	% de Pobl. Provincial																																																																																																																																																																
San Juan	647.156	Capital	80	9.3	1.1	99	4.549	127.971	20																																																																																																																																																																
		25 de Mayo	145.6	31.4	8.5	63				Córdoba	3.199.362	General Roca	280	15.3	3.3	12	58.543	458.155	14.5	Marcos Juárez	120	8.8	2.25	68	Pte R. Sáenz Peña	51	12.2	2.6	11.5	San Justo	80	9.3	2.1	67.5	Sobremonte	51	30.4	8.3	60	Unión	203	10.6	2.9	82	Jujuy	634.722	Santa Bárbara	54	38.8	7.5	72	14.559	105.410	17	El Carmen	141	46.2	8.7	83.5	Susques	207.5	41.6	4	93	Salta	1.122.260	Rivadavia	330	43.9	9.3	32.5	73.532	82.841	7.5	Anta	160	41.9	10.9	82	Los Andes	170	65.5	16.6	81	Tucumán	1.387.220	Graneros	62	42.4	5.8	56	1.678	13.063	1	Sgo. del Estero	823.817	Banda	200	28.9	4.8	84	17.625	195.431	24	Copo	88.5	43.5	10.3	59	Santa Fe	3.135.972	Belgrano	140	9.8	1.9	66	92.125	828.877	26.5	Castellanos	110	11.1	1.8	73	General López	60	10.7	2.2	39.5	Iriondo	80	10.6	2.4	84	Las Colonias	100	7.6	1.4	71.5	9 de Julio	110	31.1	7.9	24.5	San Cristóbal	130	16	3.5	10	San Jerónimo	140	14.3	3.2	79	San Martín	120	7.8	1.9	21	Vera	100	32.1	7.2	73	Mendoza	1.640.635	Lavalle	85	31.5
Córdoba	3.199.362	General Roca	280	15.3	3.3	12	58.543	458.155	14.5																																																																																																																																																																
		Marcos Juárez	120	8.8	2.25	68																																																																																																																																																																			
		Pte R. Sáenz Peña	51	12.2	2.6	11.5																																																																																																																																																																			
		San Justo	80	9.3	2.1	67.5																																																																																																																																																																			
		Sobremonte	51	30.4	8.3	60																																																																																																																																																																			
		Unión	203	10.6	2.9	82																																																																																																																																																																			
Jujuy	634.722	Santa Bárbara	54	38.8	7.5	72	14.559	105.410	17																																																																																																																																																																
		El Carmen	141	46.2	8.7	83.5																																																																																																																																																																			
		Susques	207.5	41.6	4	93																																																																																																																																																																			
Salta	1.122.260	Rivadavia	330	43.9	9.3	32.5	73.532	82.841	7.5																																																																																																																																																																
		Anta	160	41.9	10.9	82																																																																																																																																																																			
		Los Andes	170	65.5	16.6	81																																																																																																																																																																			
Tucumán	1.387.220	Graneros	62	42.4	5.8	56	1.678	13.063	1																																																																																																																																																																
Sgo. del Estero	823.817	Banda	200	28.9	4.8	84	17.625	195.431	24																																																																																																																																																																
		Copo	88.5	43.5	10.3	59																																																																																																																																																																			
Santa Fe	3.135.972	Belgrano	140	9.8	1.9	66	92.125	828.877	26.5																																																																																																																																																																
		Castellanos	110	11.1	1.8	73																																																																																																																																																																			
		General López	60	10.7	2.2	39.5																																																																																																																																																																			
		Iriondo	80	10.6	2.4	84																																																																																																																																																																			
		Las Colonias	100	7.6	1.4	71.5																																																																																																																																																																			
		9 de Julio	110	31.1	7.9	24.5																																																																																																																																																																			
		San Cristóbal	130	16	3.5	10																																																																																																																																																																			
		San Jerónimo	140	14.3	3.2	79																																																																																																																																																																			
		San Martín	120	7.8	1.9	21																																																																																																																																																																			
		Vera	100	32.1	7.2	73																																																																																																																																																																			
Mendoza	1.640.635	Lavalle	85	31.5	8	62	10.212	32.129	2																																																																																																																																																																

### Caracterización del riesgo individual y poblacional

A pesar de que la información expuesta en estas tablas, es insuficiente para extraer rigurosas conclusiones, acerca de las zonas actuales de riesgo para el desarrollo de HACRE o cáncer; se debe tener presente que con las sustancias sin umbral, que en general son las de tipo carcinogénico como el arsénico, un probable impacto biológico adverso se puede producir a cualquier dosis, incluso a dosis extremadamente bajas; hay un riesgo finito a concentraciones y a dosis muy bajas, las que no son posibles de medir con las técnicas de laboratorio disponibles. En la práctica, la exposición a cualquier concentración ambiental de un carcinógeno va a representar una posibilidad definida de desarrollar un cáncer según la concentración de la sustancia.

La evaluación de la exposición es un proceso complejo de carácter ambiental y epidemiológico, efectuado en la población local de interés para conocer el nivel de contaminación y determinar en lo posible una dosis promedio a través de una o varias vías de exposición.

A pesar de que la OMS considera aceptable niveles de arsénico en agua de 50 ppb, se realizó la caracterización de los riesgos cancerígenos y no cancerígenos en poblaciones expuestas a distintas concentraciones de arsénico en agua según los datos disponibles.

### Caracterización del riesgo no cancerígeno del arsénico

En la localidad de Camarones, Dpto. Florentino Ameghino, Chubut; la concentración de arsénico en el agua potable del sistema público de distribución en 2004 fue de 50 ppb . Se estima que los niños consumen en promedio un litro de agua diario. Y que un infante pesa alrededor de 10 kg.

$$\text{Dosis} = 0.05 \text{ mg} / \text{l} \times 1 \text{ L} / \text{día} \times 0.90 / 10 \text{ kg}$$

$$\text{Dosis} = 0.0045 \text{ mg/kg/día}$$

*Dosis – efecto para la exposición infantil al arsénico*

Clasificación de dosis	(mg/ kg/ día)	Efecto
Dosis de referencia (EPA)	0.0003	Lesiones dérmicas
LOAEL	0.0026	Efectos neurológicos
Camarones (F. Ameghino, Chubut)	0.0045	¿???

Se puede esperar que la población infantil de la localidad, expuesta continuamente a niveles aun aceptables por organismos nacionales e internacionales, desarrollen efectos neurológicos de distinta magnitud.

### Caracterización del riesgo cancerígeno del arsénico

Providencia, Las Colonias, Santa Fe. 2005.

Factor de potencial cancerígeno	1.5 por cada (mg/kg/día)
Unidad de Riesgo	0.00005 por cada (µg/L)
Concentración de arsénico en agua de bebida	0.104 mg/L
Tasa de ingestión diaria de agua en adultos	2 L/día
Tasa de absorción digestiva	90 %
Peso promedio del adulto	70 kg
Población total de Providencia	917

**Nota.** Exposición sólo por vía digestiva

*Cálculo del riesgo cancerígeno individual:*

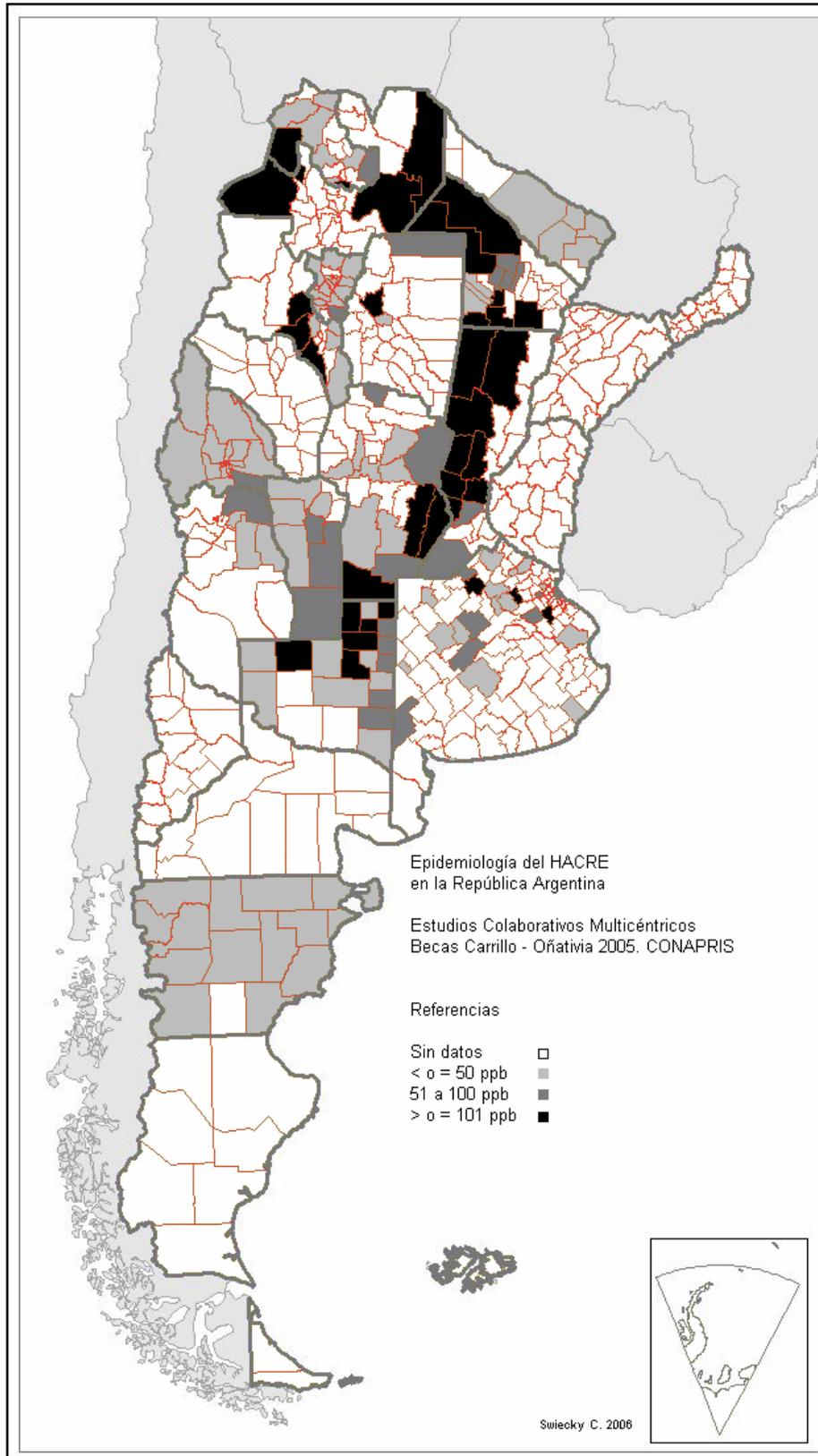
Según FPC:	FPC x dosis medida	= 1.5 x ( 0,104 mg/l x 2 l / 70 kg )
		= 1.5 x 14.56
		=0.0044
Según UR:	UR x concentración medida	= 0,00005 x 0,104
		= 0,0000052

*Cálculo del riesgo poblacional*

Incidencia de cáncer = 0.0044 x 917 = 4 casos

La interpretación es que en el supuesto de que todos los miembros de esta población de 917 habitantes permanezcan teóricamente expuestos a una concentración permanente promedio de arsénico en el agua de bebida del orden de 104 ppb durante toda su vida, aparecería un total de 4 casos de cáncer atribuibles a este nivel de exposición.

Concentraciones de arsénico por departamento. Argentina. 2006.



## PERFILES PROVINCIALES

### BUENOS AIRES

Se tomaron los resultados del análisis de muestras de agua realizados por la Cátedra de Toxicología y Química Legal de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA. A pesar de que estos datos son incompletos, se utilizaron para dar una idea de la situación provincial.

Un estudio realizado por investigadores de la Universidad Nacional de La Plata, presentado ayer en el marco del XVI Congreso Geológico Argentino, confirma que las aguas subterráneas que se utilizan para el consumo humano en 31 localidades de la Provincia poseen altos niveles de arsénico, y que en algunos casos la presencia del contaminante alcanza los 200 ppb. Hasta la fecha no se ha tenido acceso a los resultados de esta investigación.

Muestras de agua de distintas fuentes según el año de recolección y análisis. Provincia de Buenos Aires.  
Abril, 2006.

Número de muestras	Año					
	1981-1989	1992-1998	2000-2001	2003	2004	2005
	22	10	5	8	20	15

Fuente: Cátedra de Toxicología. Facultad de Farmacia y Bioquímica. UBA.

VER ANEXO 3a

## CATAMARCA

<b>Generalidades</b>	Capital	San Fernando del Valle de Catamarca
	Superficie	102.602 Km <sup>2</sup>
	Aglomerado Urbano	Gran Catamarca
	Departamentos	16
	Gobiernos Locales	36
	Municipios	36
	El PBG de la provincia representaba en 1993 aproximadamente el 0,5% del total nacional. En 1993 las actividades terciarias participaban con aproximadamente el 69% del PBG. Le seguía en importancia el sector secundario con cerca del 28%. Por su parte, el sector primario representaba el 3%. Cabe destacar que en esta estructura no está contemplada la actividad minera desarrollada en la provincia a partir de 1997/1998 con la puesta en marcha de los emprendimientos Bajo La Alumbra y El Salar del Hombre Muerto, que han transformado al sector minero en el de mayor relevancia para la economía provincial.	
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	350.440 habitantes (3,26 hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	32,7
	Porcentaje de población urbana. Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	74 (rural dispersa 31%)
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	22,7
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	70,61
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,799
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	21,5
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	Gran Catamarca 49,80
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	2,9
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	90,9
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	29,7
Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	45	
Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	20,1	
<b>Recursos hídricos</b>	Desde el punto de vista hidrogeológico se identifican: Valle de Chaschuil: región occidental de la provincia a mas de 3500 m de altura. No hay perforaciones en esta zona aunque el agua es de buena calidad. Valle de Fiambalá: Existen algunos surgentes en esta cuenca. Existen perforaciones en el acuífero profundo en la zona con aguas aptas. Arca de Tinogasta y Valle de Copacabana. Valle del río Beleno de la Ciénaga de San Fernando. Cuenca hidrogeológica del Salar de Pipanaco. Valle de Catamarca Valle de Santa Maria.	
<b>Áreas arsenicales</b>	Departamentos con concentración de As en agua > 50 ppb: (13.640 Km <sup>2</sup> de superficie)	Andalgalá; Capayán; Pomán

<b>Población en riesgo potencial</b>	Población total (2001)	40.782		
	Porcentaje población NBI por departamento	Andalagá	26.5	
		Capayán	30.6	
		Pomán	25.1	
	Porcentaje de analfabetismo por departamento	Andalagá	3.3	
		Capayán	4.7	
Pomán		4.1		

Población con provisión de agua de red por departamentos seleccionados. Catamarca, 2001.

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	Pomán		Andalgalá		Capayán	
	N	%	N	%	N	%
Con agua de red	6.816	71	15.144	89,5	8.608	61
Sin agua de red	2.698	29	1.792	10,5	5.514	39
Total	9.514	100	16.936	100	14.122	100

Fuente: INDEC, 2001

VER ANEXO 3a

## CHACO

<b>Generalidades</b>	Capital	Resistencia
	Superficie	99.633 Km <sup>2</sup>
	Aglomerado Urbano	Gran Resistencia
	Departamentos	25
	Gobiernos Locales	68
	Municipios de 1ª y 2ª	32
	Municipios de Tercera	36
	El PBG representa aproximadamente el 1,25% del PBI nacional. Dentro del PBG provincial, la actividad terciaria es la de mayor significación con el 70% del total. El sector secundario contribuye con un 20%, mientras que al sector primario le corresponde una participación del 10%. La estructura productiva de la provincia se compone principalmente de actividades primarias y agroindustriales. Dentro de los cultivos de mayor importancia, se destacan: algodón (cultivo tradicional), soja, maíz y girasol. También cabe mencionar la actividad ganadera y la forestal.	
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	1.007.845 habitantes (9,9 hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	34,23
	Porcentaje de población urbana. Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	79,7 (rural dispersa 82%)
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	9,8
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	69,02
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,755
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	33,0
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	Gran Resistencia 54,20
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	8,0
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	61,6
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	18,6
	Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	65,5
	Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	27,7
<b>Recursos hídricos</b>	De los principales cauces hídricos destaca el río Bermejo que nace al sur de Bolivia y delimita la frontera norte de la provincia. El río Paraguay marca el límite con la República homónima en sus últimos tramos antes de desembocar en el río Paraná. Este último flanquea el límite oriental de la provincia al sur del río Paraguay, marcando el límite natural con la Provincia de Corrientes. Otros ríos importantes de la provincia son: el Tragadero, el Negro y el Salado, afluentes del Paraná cuyo curso es alimentado por las abundantes lluvias de la región.	
<b>Áreas arsenicales</b>	Departamentos con concentración de As en agua > 50 ppb: (49.481 Km <sup>2</sup> de superficie) Almirante Brown; Comandante Fernández; Fray J. S. M. de Oro; General Belgrano; Independencia; Libertad	

		Libert. Gral San Martín; Maipú; Mayor Luis J. Fontana; Presidencia de la Plaza ; Sargento Cabral; Tapenagá		
<b>Población en riesgo potencial</b>	Población total (2001)	333.863		
	Porcentaje población NBI por departamento	Almte Brown	45.1	
		Cmte Fernández	28.6	
		Fray J.S.M. de Oro	39.7	
		Gral Belgrano	47.2	
		Independencia	48.7	
		Libertad	29.1	
		Lib.Gral San Martín	44.5	
		Maipú	43.4	
		Mayor L J. Fontana	32.9	
Presid de la Plaza		37.0		
Porcentaje de analfabetismo por departamento	Sargento Cabral	40.5		
	Tapenagá	43.0		
	Almte Brown	6.7		
	Cmte Fernández	7.2		
	Fray J.S.M. de Oro	10.7		
	Gral Belgrano	14.8		
	Independencia	15.3		
	Libertad	6.0		
	Lib.Gral San Martín	12.7		
	Maipú	12.4		
Mayor L J. Fontana	9.7			
Presid de la Plaza	11.0			
Sargento Cabral	12.3			
Tapenagá	11.6			

Población con provisión de agua de red por departamentos seleccionados. Chaco, 2001.

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	Almte Brown		Cmte Fernández		Fray J.S.M. de Oro		Gral Belgrano		Independencia		Libertad	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Con agua de red	11.831	41	77.411	89	95	1	2.076	20	7.287	35.5	8.419	78
Sin agua de red	17.206	59	9.739	11	10.323	99	8.381	80	13.282	64.5	2.348	22
Total	29.037	100	87.150	100	10.418	100	10.457	100	20.569	100	10.767	100

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	Lib.Gral San Martín		Maipú		Mayor L J. Fontana		Presid de la Plaza		Sargento Cabral		Tapenagá	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Con agua de red	39.414	73	5.953	24	38.353	72	8.910	73	9.159	61	2.832	68
Sin agua de red	14.867	27	18.753	76	14.988	28	3.273	27	5.830	39	1.348	32
Total	54.281	100	24.706	100	53.341	100	12.183	100	14.989	100	4.180	100

Fuente: INDEC, 2001.

### Muestreo Chaco

Con los datos aportados por la becaria de Chaco, Mónica Benítez, y de otras fuentes se logró completar la información de contenidos de As en aguas subterráneas para la Provincia del Chaco (280 puntos de muestreo) cubriendo el 83% de los departamentos de la misma.

En ellos se puede observar que sobre un total de 267 muestras relevadas la mediana de la Provincia (60 ppb de As) supera el nivel de 50 ppb determinado en el presente trabajo como nivel límite para el establecimiento de las zonas de riesgo para la provisión de agua de bebida. Un 13% de las mismas (36/267) presentan valores menores o igual a 10 ppb de As (nivel máximo recomendado por el CAA y la OMS), un 29% (78/267) exhiben niveles entre 10 y 50 ppb de arsénico, mientras que un 56% (151/267) presentan niveles por encima de 50 ppb .

Medina M. *HACRE y patologías gingivoperiodontales en pobladores del Chaco*. Instituto de Medicina Regional, Universidad Nacional del Nordeste. 2002

En el período noviembre 2001 a noviembre 2002 se diagnosticaron en el Servicio de Dermatología del Hospital "4 de Junio" de Roque Sáenz Peña, en el Consultorio de Dermatopatología del Instituto de Medicina Regional y en el Centro Dermatológico de la ciudad de Resistencia 24 pacientes con HACRE.

Se estudiaron 20 casos, todos residentes en el área de estudio, con lesiones específicas de HACRE y niveles de arsénico en pelo mayores a 1 mg / g. Se tomaron como controles los primeros 20 pacientes que residían fuera del área endémica.

El rango etario de los casos fue de 15 a 68 años y de 19 a 67 años para los controles. El promedio de edad de los casos fue de 47,2 años y de 40,6 años para los controles ( $p > 0,05$ ). La distribución por sexo en los controles fue de 14 hombres y 6 mujeres y entre los casos se incluyeron 12 hombres y 8 mujeres. La distribución según lugar de residencia habitual de casos fue: Roque S. Peña (5 pacientes), Santa Sylvína (6), Charata (2), Chorotis (1), Villa Berthet (5), Gancedo (1); la residencia de los controles fue: Resistencia (18), Tirol (2). Con respecto a los hallazgos clínicos en los pacientes con HACRE, 15 presentaban prurito y 9 calambres. Los signos hallados más frecuentes fueron las estrías ungueales en 9 casos y los eritemas en 5. Tanto los síntomas como los signos se hallaron asociados en diversos pacientes. En lo referente a enfermedades sistémicas en los casos se observó hipertensión arterial en dos pacientes y diabetes en igual número. La queratodermia se presentó en el 100% de los casos.

Los hallazgos clínicos gingivoperiodontales, no arrojaron diferencias significativas con respecto al grupo control.

En todos los casos se encontraron niveles de arsénico en pelo superiores a los valores de referencia.

Todos los casos del estudio consumían agua de pozo.

En el grupo de pacientes estudiados se encontró que a medida que se acrecienta la edad aumentan las probabilidades de padecer HACRE ( $p < 0,01$ ), coincidiendo la edad promedio de los casos con aquella informada por otros autores.

VER ANEXO 3a

## CHUBUT

<b>Generalidades</b>	Capital	Rawson
	Superficie	224.686 Km <sup>2</sup>
	Aglomerados Urbanos	Comodoro Rivadavia – Rada Tilly - Rawson - Trelew
	Departamentos	15
	Gobiernos Locales	46
	Municipios de 1ª y 2ª	23
	Comunas Rurales y Villas	19
	<p>El PBG está conformado en alrededor del 60% por el sector terciario, el resto se distribuye en proporciones similares entre el sector primario y el secundario (19% y 21%, respectivamente). La participación del sector primario en el PBG provincial es marcadamente superior a la existente a nivel nacional debido al peso de la explotación petrolífera en la provincia.</p> <p>La actividad primaria del Chubut está compuesta, principalmente, por petróleo, pesca y ganado ovino, orientado a la producción lanera.</p>	
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	435.397 habitantes (1,8 hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	29,28
	Porcentaje de población urbana. Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	89,5 (rural dispersa 45%)
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	15,1
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	70,58
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,819
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	15,5
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	Cdro. Rivadavia - Rada Tilly: 19
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	3,1
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	95,3
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	67,9
	Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	39,5
	Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	15,1
<b>Áreas arsenicales</b>	Según datos proporcionados por la Dirección de Salud Ambiental de Chubut, no hay departamentos con concentraciones mayores a 50 ppb en la provincia.	

VER ANEXO 3a

## FORMOSA

<b>Generalidades</b>	Capital	Formosa
	Superficie	72.066 Km <sup>2</sup>
	Aglomerado Urbano	Ciudad de Formosa
	Departamentos	9
	Gobiernos Locales	37
	Municipios	27
	Comisiones de Fomento	10
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	503.404 habitantes (6,8 hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	35,85
	Porcentaje de población urbana. Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	77,7 (rural dispersa 84,5%)
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	19,2
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	69,37
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,764
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	33,6
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	51,60
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	6,0
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	64,7
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	21,7
	Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	65,8
	Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	25,0
<b>Áreas arsenicales</b>	Según datos disponibles no hay departamentos con concentraciones mayores a 50 ppb en la provincia.	

VER ANEXO 3a

La becaria de Chaco muestreó 36 puntos en la Provincia de Formosa (Pilcomayo, Pilagás, Pirané y Formosa) que fueron analizados en el Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Agroindustrias durante febrero de 2006. Asimismo, se obtuvo información sobre 14 puntos del Programa Agua Potable a Pequeñas Comunidades – Consejo Federal de Inversiones; y 18 puntos del Estudio de la Cuenca inferior del río Bermejo realizado por OEA –INCyTH.

Del análisis de los resultados se observó que sobre un total de 60 muestras relevadas, la mediana para la provincia fue de 10 ppb de As. Un 47% (28/60) presentaron niveles por encima de 10 ppb de As, sin encontrarse valores que superen el límite de 50 ppb. Los resultados se obtuvieron por HG-AAS.

Si bien el número de muestras relevadas fue escaso, es posible estimar que en los departamentos estudiados el riesgo para el desarrollo del HACRE es bajo.

## LA PAMPA

<b>Generalidades</b>	Capital	Santa Rosa
	Superficie	143.440 Km <sup>2</sup>
	Aglomerado Urbano	Gran Santa Rosa
	Departamentos	22
	Gobiernos Locales	79
	Municipios	58
	Comisiones de Fomento	21
	<p>El PBG provincial en el año 2000 representaba el 0,8% del PBI nacional. Dentro del mismo la actividad terciaria es la más significativa, representando el 64% del total provincial. Le sigue en importancia el sector primario con una participación del 19%, destacándose la producción agrícola y ganadera (17%). Por su parte, el sector secundario presenta una participación del 17%, donde la industria manufacturera apenas representa el 8%.</p>	
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	313.810 habitantes (2,1 hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	26,70
	Porcentaje de población urbana. Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	81,3 (rural dispersa 38%)
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	13,5
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	71,57
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,821
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	10,3
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	Santa Rosa-Toay 27,80
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	2,7
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	84,3
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	45,7
	Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	45,5
	Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	12,7
<b>Recursos hídricos</b>	<p>La provincia posee escasos recursos hídricos superficiales. Sus dos redes alóctonas son las únicas vías de drenaje de importancia (Ríos Colorado y Atuel-Salado-Chadileuvú). Las lagunas, los arroyos y los manantiales conforman elementos complementarios y característicos del sistema hidrográfico. Los acuíferos más importantes son: Valle Argentino; Santa Rosa – Anguil; Valle Chapalcó; General Pico – Dorila; Meauco; Speluzzi; La Puma – Trilí. Acueductos: Puelen-Chacharramendi; Punta de Agua- Santa Isabel-Algarrobo del Aguila; Agua de Torres-La Humada.</p>	
<b>Áreas arsenicales</b>	Departamentos con concentración de As en agua > 50 ppb: (45.758 Km <sup>2</sup> de superficie)	Catriló; Chalileo; Chapaleufú; Conhelom; Guatraché; Hucal; Maracó; Quemú Quemú Rancul; Toya; Trenel
<b>Población en</b>	Población total (2001)	140.450

riesgo potencial	Porcentaje población NBI por departamento		Porcentaje de analfabetismo por departamento	
	Departamento	Porcentaje	Departamento	Porcentaje
	Catrilo	10.7	Catrilo	2,8
	Chalileo	22.5	Chalileo	11,8
	Chapaleufu	8.9	Chapaleufu	2,3
	Conhelo	8.4	Conhelo	2,9
	Guatraché	17.5	Guatraché	2,6
	Hucal	6.2	Hucal	1,9
	Maracó	9.3	Maracó	2
	Quemú Quemú	5.3	Quemú Quemú	2,2
	Rancul	16.1	Rancul	5
	Toay	12	Toay	2,8
	Trenel	9.9	Trenel	3

Población con provisión de agua de red por departamentos seleccionados. La Pampa, 2001.

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	Catrilo		Conhelo		Chalileo		Chapaleufu		Guatraché		Hucal	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Con agua de red	5.578	83	4.397	30	2.005	83	8.199	76	6.712	72,5	6.452	84
Sin agua de red	1.129	17	10.124	70	409	17	2.549	24	2.537	27,5	1.277	16
Total	6.707	100	14.521	100	2.414	100	10.748	100	9.249	100	7.729	100

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	Maracó		Quemú Quemú		Rancul		Toay		Trenel	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Con agua de red	49.329	91	7.786	90	8.496	80	5.813	64	4.034	76
Sin agua de red	4.906	9	875	10	2.075	20	3.293	36	1.232	24
Total	54.235	100	8.661	100	10.571	100	9.106	100	2.566	100

Fuente: INDEC, 2001.

VER ANEXO 3a

## SAN LUIS

<b>Generalidades</b>	Capital	San Luis
	Superficie	76.748 Km <sup>2</sup>
	Aglomerado Urbano	Gran San Luis – El Chorrillo
	Departamentos	9
	Gobiernos Locales	64
	Municipios	17
	Comisiones Municipales	47
	<p>En términos de Producto Bruto Geográfico (PBG), en 1999 San Luis participó en un 1,2% del PBI nacional. Se advierte una elevada participación de la actividad secundaria (54,8%), en tanto la actividad terciaria (40%) se encuentra muy por debajo del 68% de la media del país. Por su parte, el sector primario (5,2%, correspondiente a las actividades agropecuarias y mineras) participa del valor generado por la economía en proporciones semejantes a las registradas para el promedio nacional.</p>	
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	390.918 habitantes (4,8 hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	30,38
	Porcentaje de población urbana. Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	87,1 (rural dispersa 48%)
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	24,1
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	70,79
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,801
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	15,6
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	34,90 San Luis-El Chorrillo
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	2,9
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	90,4
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	44,4
	Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	51,6
	Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	17,4
<b>Recursos hídricos</b>	<p>El sur de la provincia que se encuentra debajo del paralelo 34° -se caracteriza por un clima semi seco y lluvias escasas, corresponde a una zona medanosa poco poblada donde se utiliza, en general, aguas subterráneas (capa freática) llevadas a la superficie por bombas. Los ríos más importantes presentes en San Luis son en Quinto, el Conlara, el Chorrillo y el Desaguadero.</p>	
<b>Áreas arsenicales</b>	Departamentos con concentración de As en agua > 50 ppb: (39.173 Km <sup>2</sup> de superficie)	Coronel Pringles General Pederñera Gobernador Dupuy
<b>Población en riesgo potencial</b>	Población total (2001)	134.505
	Porcentaje población NBI por departamento	Coronel Pringles 20.4 General Pederñera 13.9 Gobernador Dupuy 27.8
	Porcentaje de analfabetismo por departamento	Coronel Pringles 4.1 General Pederñera 2.4 Gobernador Dupuy 8.9

Población con provisión de agua de red por departamentos seleccionados. San Luis, 2001.

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	Gral Pedernera		Cnel Pringles		Gdor Dupuy	
	N	%	N	%	N	%
Con agua de red	95.132	86	9.975	80	8.161	75
Sin agua de red	15.159	14	2.492	10	2.781	25
Total	110.291	100	12.467	100	10.942	100

Fuente: INDEC, 2001.

VER ANEXO 3a

## SAN JUAN

<b>Generalidades</b>	Capital	San Juan
	Superficie	155.488 Km <sup>2</sup>
	Aglomerado Urbano	Gran San Juan
	Departamentos	19
	Gobiernos Locales	19
	Municipios de 1 <sup>a</sup> y 2 <sup>a</sup>	9
	Comisiones Municipales	10
	<p>San Juan se ubicaba en el decimoquinto lugar en el ranking del Producto Bruto Geográfico de las provincias, de acuerdo a mediciones efectuadas en 1993, participando con sólo 1,05% del PBI total nacional.</p> <p>El PBG sanjuanino presentaba una estructura parecida al promedio nacional: estaba conformado en un 9% por el sector primario, 25% por el secundario y 66% por el terciario. En el sector industrial, prevalece el sector de Elaboración de Alimentos y Bebidas, en particular la elaboración de vinos y mosto. Otros sectores que le siguen en importancia son la fabricación de sustancias y productos químicos, cemento y el sector metalúrgico.</p>	
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	647.156 habitantes (6,9 hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	30,06
	Porcentaje de población urbana. Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	86,0 (rural dispersa 65%)
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	15,3
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	71,13
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,798
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	17,4
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	44 Gran San Juan
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	3,0
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	90,1
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	18,3
	Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	53,0
	Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	19,6
<b>Recursos hídricos</b>	El sistema hídrico sanjuanino está compuesto por ríos de montaña aprovechados económicamente para el regadío artificial de los valles que forman. De entre ellos destacan el San Juan y el Jachal.	
<b>Áreas arsenicales</b>	Departamentos con concentración de As en agua > 50 ppb: (4.549 Km <sup>2</sup> de superficie)	Capital 25 de Mayo
<b>Población en riesgo potencial</b>	Población total (2001)	127.971
	Porcentaje población NBI por departamento	Capital 9.3 25 de Mayo 31.4
	Porcentaje de analfabetismo por departamento	Capital 1.1 25 de Mayo 8.5

Población con provisión de agua de red por departamentos seleccionados. San Juan  
2001.

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	Capital		25 de Mayo	
	N	%	N	%
Con agua de red	110.909	99	9.631	63
Sin agua de red	799	1	5.562	37
Total	111.708	100	15.193	100

Fuente: INDEC, 2001.

VER ANEXO 3a

## CORDOBA

<b>Generalidades</b>	Capital	Córdoba
	Superficie	165.321 Km <sup>2</sup>
	Aglomerado Urbano	Gran Córdoba - Gran Río Cuarto
	Departamentos	26
	Gobiernos Locales	428
	Municipios	243
	Comunas	185
	El PBG representaba en 1993, aproximadamente, el 8% del PBI nacional. En cuanto a la composición del producto provincial, el sector terciario concentra, aproximadamente, un 64% del mismo. Dentro de este sector, las actividades más relevantes son "comercio, restaurantes y hoteles" (20%), "servicios comunales, sociales y personales" (20%), y "establecimientos financieros, seguros, bienes inmuebles y servicios a empresas" (17%). El sector secundario aporta el 27% del Producto provincial, destacándose la "industria manufacturera" (17%), "construcción" y "suministro de electricidad, gas y agua" (7% y 3% respectivamente). Por último, el sector primario representa un 9% del PBG, siendo la agricultura y la ganadería las actividades casi excluyentes.	
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	3.199.362 habitantes (18,6 hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	25,39
	Porcentaje de población urbana.	88,7
	Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	(rural dispersa 54%)
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	15,3
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	72,79
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,831
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	13,0
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	Gran Córdoba 34,20 Gran Río Cuarto 25,10
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	2,1
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	86,3
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	25,7
	Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	45,8
Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	14,3	
<b>Recursos hídricos</b>	La zona serrana está caracterizada por una gran abundancia de ríos, arroyos y vertientes, algunas lagunas y numerosos embalses artificiales. Las principales cuencas son las que tienen sus nacientes en las Sierras grandes: la del Río Suquía (anteriormente llamado Primero), la del Río Xanaes (ex Segundo), la del Río Ctlamochita (ex Tercero), el mayor río cordobés, con un importante sistema lacustre artificial en su cuenca alta, (seis embalses entre los que se destacan el del cerro Pelado, Tercero y Piedras Moras), y la del Río Chocancharava (ex Cuarto), que al unirse con el anterior originan el Río Carcarañá, tributario del Paraná. En el sur provincial, proveniente de San Luis, se halla la cuenca del Río Popopis (ex Quinto), que desagua en una serie de bañados como los de La Amarga. En el oeste, recorriendo el valle de tras la sierra, se halla la cuenca del Río de los Sauces, en la cual se encuentra el Embalse la Viña.	

<b>Áreas arsenicales</b>	Departamentos con concentración de As en agua > 50 ppb: (58.543Km <sup>2</sup> de superficie)	Sobremonte San Justo Pres. Roque Sáenz Peña Unión Marcos Juárez General Roca
	Población total (2001)	458.155
<b>Población en riesgo potencial</b>	Porcentaje población NBI por departamento	General Roca 15.3 Marcos Juárez 8.8 Pte R. Sáenz Peña 12.2 San Justo 9.3 Sobremonte 30.4 Unión 10.6
	Porcentaje de analfabetismo por departamento	General Roca 3.3 Marcos Juárez 2.25 Pte R. Sáenz Peña 2.6 San Justo 2.1 Sobremonte 8.3 Unión 2.9

Población con provisión de agua de red por departamentos seleccionados. Córdoba, 2001.

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	Gral. Roca		Marcos Juárez		Pte Sáenz Peña	
	N	%	N	%	N	%
Con agua de red	4.042	12	67.670	68	3.971	11.5
Sin agua de red	28.989	88	31.353	32	30.407	88.5
Total	33.031	100	99.023	100	34.378	100

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	San Justo		Sobremonte		Unión	
	N	%	N	%	N	%
Con agua de red	127.327	67.5	2.589	60	80.860	82
Sin agua de red	61.098	32.5	1.741	40	18.084	18
Total	188.425	100	4.330	100	98.944	100

Fuente: INDEC, 2001.

VER ANEXO 3a

## JUJUY

<b>Generalidades</b>	Capital	San Salvador de Jujuy
	Superficie	72.066 Km <sup>2</sup>
	Aglomerado Urbano	Ciudad de Jujuy – Ciudad de Palpalá
	Departamentos	16
	Gobiernos Locales	60
	Municipios	21
	Comisiones Municipales	39
	<p>Jujuy contribuye con menos del 0,9% en el PBI, ubicándose en el puesto 18 del ranking nacional, y junto con Santiago del Estero constituyen las dos provincias del NOA con menor PBI/ per cápita. Según la composición del PBG de 1993, los principales sectores productivos son el manufacturero (14%) con una fuerte presencia del sector alimenticio y el agropecuario (8%) –dos puntos más alto que el promedio nacional-, mientras que el sector terciario participaba con el 66% del valor.</p>	
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	634.722 habitantes (11,5 hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	33,13
	Porcentaje de población urbana. Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	85 (rural dispersa 60%)
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	17
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	68,38
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,772
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	28,8
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	51,20
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	4,7
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	92,6
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	48
	Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	54,2
	Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	19,2
	<b>Recursos hídricos</b>	<p>Los ríos jujeños pertenecen a tres cuencas hídricas: la del Bermejo, la del Pilcomayo y la cuenca endorreica de la puna. Dentro de la cuenca del Bermejo se encuentran los ríos más importantes de la provincia: el Grande de Jujuy y el San Francisco. A la cuenca del Pilcomayo pertenecen los ríos: Grande de San Juan, La Quiaca, Yavi y Sansana.</p>
<b>Áreas arsenicales</b>	Departamentos con concentración de As en agua > 50 ppb: (14.559 Km <sup>2</sup> de superficie)	Santa Bárbara El Carmen Susques
<b>Población en</b>	Población total (2001)	105.410

<b>riesgo potencial</b>	Porcentaje población NBI por departamento	El Carmen 38.8 Santa Bárbara 46.2 Susques 41.6
	Porcentaje de analfabetismo por departamento	El Carmen 7.5 Santa Bárbara 8.7 Susques 4

Población con provisión de agua de red por departamentos seleccionados. Jujuy, 2001.

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	El Carmen		Santa Bárbara		Susques	
	N	%	N	%	N	%
Con agua de red	2.485	72	14.245	83,5	78.543	93
Sin agua de red	967	28	2.834	16,5	5.907	7
Total	3.452	100	17.079	100	84.450	100

Fuente: INDEC, 2001.

VER ANEXO 3a

## SALTA

<b>Generalidades</b>	Capital	Salta
	Superficie	155.488 Km <sup>2</sup>
	Aglomerado Urbano	Gran Salta
	Departamentos	23
	Gobiernos Locales	59
	Municipios de 1 <sup>a</sup> y 2 <sup>a</sup>	28
	Comisiones Municipales	31
	<p>Salta registra una participación del 1,5% del PBI nacional, ubicándose en el puesto noveno. Junto con Tucumán son las provincias del NOA mejor posicionadas. El sector terciario participa con el 64% del PBG, siguiéndole en importancia el sector manufacturero con el 21% (con una fuerte presencia de la fabricación de derivados del petróleo y del sector alimenticio), mientras el sector primario con participación del 15%, duplica la relevancia que tiene este sector en el país.</p>	
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	1.122.260 habitantes (6,9 hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	34,52
	Porcentaje de población urbana.	83,4 (rural dispersa 66%)
	Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	21,1
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	68,94
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,792
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	31,6
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	49,10 Salta
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	4,7
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	89,9
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	51,1
	Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	60,4
	Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	16,9
<b>Recursos hídricos</b>	<p>Tres son los principales cauces que conforman la red fluvial de la Provincia de Salta: los ríos Pilcomayo, Bermejo y Juramento. El río Pilcomayo, de 1.125 km de extensión, se origina en las montañas orientales de Bolivia y sirve de límite entre Salta y las Repúblicas de Bolivia y Paraguay. El Bermejo nace en el noreste de Bolivia en el collado de Mecoya. Al ingresar en Argentina, por la Provincia de Salta, sirve de límite entre estos dos países a lo largo de 90 kms para luego internarse en dirección sudeste. Por último, el río Juramento, surge en el embalse Cabra Corral de la confluencia de los ríos Arias y Guachipas y constituye el tramo inicial o salteño del río Salado. Su cauce que discurre entre los valles de las sierras subandinas y la cordillera oriental tiene un gran poder erosivo, lo que ha permitido poner en contacto las zonas montañosas con la región chaqueña.</p>	
<b>Áreas arsenicales</b>	Departamentos con concentración de As en agua > 50 ppb: (73.532 Km <sup>2</sup> de superficie)	Rivadavia Anta Los Andes

<b>Población en riesgo potencial</b>	Población total (2001)	82.841	
	Porcentaje población NBI por departamento	Anta	43.9
		Los Andes	41.9
Rivadavia		65.5	
Porcentaje de analfabetismo por departamento	Anta	9.3	
	Los Andes	10.9	
	Rivadavia	16.6	

Población con provisión de agua de red por departamentos seleccionados. Salta, 2001.

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	Anta		Los Andes		Rivadavia	
	N	%	N	%	N	%
Con agua de red	40.599	82	4.488	81	10.478	38.5
Sin agua de red	9.057	18	1.044	19	16.743	61.5
Total	49.656	100	5.532	100	27.221	100

Fuente: INDEC, 2001.

VER ANEXO 3a

## TUCUMAN

<b>Generalidades</b>	Capital	San Miguel de Tucumán
	Superficie	22.524 Km <sup>2</sup>
	Aglomerado Urbano	Gran Tucumán – Tafí Viejo
	Departamentos	17
	Gobiernos Locales	112
	Municipios	19
	Comunas Rurales	93
	El Producto Bruto Geográfico (PBG) de la provincia de Tucumán representa aproximadamente el 2% del PBI nacional. Dentro del PBG provincial el sector terciario es el de mayor significación seguido por el sector secundario que comprende tanto agroindustrias como manufacturas. Entre las principales actividades que se desarrollan se encuentran los complejos agroindustriales del azúcar y el limón. Otras actividades son las industrias: automotriz, textil y calzado, golosinas, gaseosas y papel.	
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	1.387.220 habitantes (59,4hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	30,60
	Porcentaje de población urbana. Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	79,5 (rural dispersa 84%)
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	15,2
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	71,01
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,790
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	23,9
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	47,80 Gran Tucumán – Tafí Viejo
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	3,6
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	84,4
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	36,7
	Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	48,2
	Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	23,0
<b>Recursos hídricos</b>	Los ríos más importantes son: Salí, Santa María, Acequiones, Alurralde o Choromoro, Vipos, Balderrama, Seco, Gastona, Chico y Marapa. Con excepción del Santa María, todos nacen en el Aconquija y pertenecen a la cuenca del Salí, el más importante del territorio tucumano. El río Salí tiene un recorrido de 180 km desde Trancas hasta Santiago del Estero.	
<b>Áreas arsenicales</b>	Departamentos con concentración de As en agua > 50 ppb: (1.678 Km <sup>2</sup> de superficie)	Graneros
<b>Población en riesgo potencial</b>	Población total (2001)	13.063
	Porcentaje población NBI por departamento	42,4
	Porcentaje de analfabetismo por departamento	5,8

Población con provisión de agua de red por departamentos seleccionados. Tucumán, 2001.

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	Graneros	
	N	%
Con agua de red	7.347	56
Sin agua de red	5.688	44
Total	13.035	100

Fuente: INDEC, 2001.

Freidenberg de Jabif E. *Población rural y arsénico en la provincia de Tucumán*. XXIV Jornadas Interdisciplinarias de Toxicología. Buenos Aires, 2004. Acta Toxicol. Argent. 12 (2): 42-67

Se realizaron visitas a Ranchillos (Departamento Cruz Alta), a la escuela Capitán Diego Pereyra de Graneros, la escuela N° 273 Coronel Larrabure de Mancopa (Departamento Leales) y se examinaron a 234 personas, padres, alumnos, docentes y residentes de esas zonas.

Se recolectaron datos individuales de las personas examinadas, se realizó un examen físico de la piel; y se recolectó pelo. También se recolectó agua de pozo que consumía esa población. El examen físico realizado en las 234 personas (38.46% eran menores de 10 años, 49.57% entre 11 y 20 años y 11.53% entre 21 y 70 años) reveló la presencia de alguna alteración cutánea descripta en el HACRE en un 8.11%. Las concentraciones de arsénico en el agua variaron entre 10 y 1000 ppb. Los valores de arsénico en pelo oscilaron entre 0,04 y 0,57 mg/g de pelo. El 16% de las muestras de agua superaron el valor máximo para agua potable en Tucumán, que es de 50 ppb.

Graieb O. *Evaluación del contenido de arsénico en agua de bebida en la zona de influencia de la localidad El Bracho, Tucumán*. Revista Ciencia, tecnología y medio ambiente. Año 2 N° 2, Dic 2002.

La investigación se llevo a cabo en el área de responsabilidad del hospital El Bracho (Cruz Alta). Se visitaron y encuestaron 121 familias (645 personas) y se recogieron muestras de agua de consumo. De acuerdo al tiempo de residencia y la presencia de manifestaciones clínicas de HACRE, se tomaron también muestras de pelos y uñas. Los resultados mostraron que el 86% de las familias se abastecen de pozos cuya profundidad no supera los 20 metros. El 64% residía en la zona por un periodo mayor a 10 años. Las mayores concentraciones de arsénico (> 100 ppb) se registraron en muestras de agua de La Fronterita y El Cortaderal II (Leales). El estudio no precisa la cantidad de personas con síntomas y signos de HACRE. En cuanto a las muestras biológicas, solo se realizó la determinación de arsénico en pelos y uñas de 5 casos (mayores de 50 años) de las cuales, 4 fueron positivas.

La cátedra de Toxicología de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de la Universidad Nacional de Tucumán ha venido realizando el análisis de muestras biológicas (pelos, uñas, orina, sangre y escaras) de individuos con diagnóstico presuntivo de HACRE referidos por el Sistema Provincial de Salud y provincias limítrofes. En el período comprendido entre 1999 y 2004 se analizaron 217 muestras de pelo. El 38% provenía de menores de 20 años. El 41% de las muestras tuvieron valores mayores a 2.5 ug/g. Por su parte, el 25% de los menores de 10 años tuvieron concentraciones de arsénico mayores a 8ug/g. No se especifica en este reporte de casos las frecuencias ni las características de los signos de HACRE.

VER ANEXO 3a

## SANTIAGO DEL ESTERO

<b>Generalidades</b>	Capital	Santiago del Estero
	Superficie	136.351 Km <sup>2</sup>
	Aglomerado Urbano	Ciudad de Santiago del Estero – Ciudad de la Banda
	Departamentos	27
	Gobiernos Locales	108
	Municipios de Primera 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> y 3 <sup>a</sup>	28
	Comisiones Municipales	80
	<p>El PBG provincial representa alrededor del 0,8% del PBI nacional, siendo una de las provincias de menor desarrollo relativo del país.</p> <p>El PBG provincial está conformado en un 7% por el sector primario, 15% por el secundario y 78% por el terciario. Dentro de este último, el sector público representa el 24% del mismo.</p> <p>La estructura productiva de la provincia se asienta sobre la producción primaria, fundamentalmente sobre los sectores agrícola, ganadero y forestal, dentro de los cuales se destacó, durante la última década, la actividad algodonera. Sin embargo, en los últimos años, dicha actividad está siendo desplazada por la creciente importancia del cultivo de la soja.</p>	
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	823.817 habitantes (5,9 hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	33,77
	Porcentaje de población urbana. Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	66,1 (rural dispersa 76%)
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	17,3
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	69,83
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,774
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	31,3
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	Sgo. del Estero-La Banda 48,10
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	6
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	64,7
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	13,9
	Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	63,7
	Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	14,2
<b>Recursos hídricos</b>	Los cauces hídricos más importantes de Santiago del Estero son los ríos Salado y Dulce, dos colectores pertenecientes a la pendiente del Paraná. Junto a ellos adquieren importancia en el contexto provincial, los ríos Horcones, Urueña y Abigasta.	
<b>Áreas arsenicales</b>	Departamentos con concentración de As en agua > 50 ppb: (16.201 Km <sup>2</sup> de superficie)	Banda, Copo
<b>Población en riesgo potencial</b>	Población total (2001)	155.371
	Porcentaje población NBI por departamento	Banda 28.9 Copo 43.5

Porcentaje de analfabetismo por departamento	Banda	4.8
	Copo	10.3

Población con provisión de agua de red por departamentos seleccionados. Santiago del Estero, 2001.

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	Copo		Banda	
	N	%	N	%
Con agua de red	15.939	59	107.523	84
Sin agua de red	10.985	41	20.639	16
Total	26.924	100	128.162	100

Fuente: INDEC. 2001.

Pacientes con HACRE según localidad y sexo. Departamento Banda. 1991-2001

Localidad	Pacientes	
	Masc.	Fem.
Colonia Maria Elena	6	8
Jumi Pozo	3	5
Gran Porvenir	3	8
Cóndor Huasi	0	1
Palmares	1	2
Siete Árboles	2	1
Palmitas	3	2
Bayo Muerto	1	0
Favorito	1	0
Tramo 16	5	6
Tramo 20	2	6
Total	27	39

Fuente: DE PADIAL M, PADIAL E.

Pacientes con HACRE según sexo. Departamento Copo. 1997-2006

	Número de pacientes	Mediana Edad (años)	Rango (años)	Mediana As en agua (ppb)	Rango (ppb)
Femenino	33	35	2 a 72	280	50 - 2200
Masculino	33	34	4 a 69	270	110 - 450

Fuente: Paredes G. Programa HACRE. Ministerio de Salud. Santiago del Estero.

VER ANEXO 3a

## SANTA FE

<b>Generalidades</b>	Capital	Santa Fe
	Superficie	133.007 Km <sup>2</sup>
	Aglomerados Urbanos	Gran Rosario; Gran Santa Fe; San Nicolás –Villa Constitución
	Departamentos	19
	Gobiernos Locales	363
	Municipios de 1 <sup>a</sup> y 2 <sup>a</sup>	47
	Comunas	316
	<p>El PBG de la provincia e representa aproximadamente el 8% del PBI nacional. Dentro del PBG provincial, la actividad terciaria es la de mayor significación con el 68% del total (incluye 58% de servicios privados y 10% de servicios públicos). El sector secundario contribuye con un 22% y por último, al sector primario le corresponde un 10%.</p> <p>La estructura productiva de la provincia tiene un perfil marcadamente agroindustrial.</p>	
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	3.135.972 habitantes (22,6 hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	25,14
	Porcentaje de población urbana. Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	89,2 (rural dispersa 53%)
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	6,7
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	72,29
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,821
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	14,8
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	Gran Rosario 28,50 Gran Santa Fe 36,90
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	2,5
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	79,9
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	38,8
	Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	42
	Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	13,9
<b>Áreas arsenicales</b>	Departamentos con concentración de As en agua > 50 ppb: (92.125 Km <sup>2</sup> de superficie)	Belgrano; Castellanos; General López; Iriondo; Las Colonias; 9 de Julio; San Cristóbal; San Jerónimo; San Martín; Vera
<b>Población en</b>	Población total (2001)	828.877

<b>riesgo potencial</b>	Porcentaje población NBI por departamento	Belgrano	9.8
		Castellanos	11.1
		General López	10.7
		Iriondo	10.6
		Las Colonias	7.6
		9 de Julio	31.1
		San Cristóbal	16.0
		San Jerónimo	14.3
		San Martín	7.8
		Vera	32.1
	Porcentaje de analfabetismo por departamento	Belgrano	1,9
		Castellanos	1,8
		General López	2,2
		Iriondo	2,4
		Las Colonias	1,4
		9 de Julio	7,9
		San Cristóbal	3,5
		San Jerónimo	3,2
		San Martín	1,9
		Vera	7,2

Población con provisión de agua de red por departamentos seleccionados. Santa Fe, 2001.

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	Belgrano		Castellanos		Grl. López		Iriondo		Las Colonias	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Con agua de red	27.259	66	117.524	73	71.328	39,5	54.066	84	67.588	71,5
Sin agua de red	13.999	34	43.667	27	109.457	60,5	10.480	16	26.936	28,5
Total	41.258	100	161.191	100	180.785	100	64.546	100	94.524	100

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	9 de Julio		San Cristóbal		San Jerónimo		San Martín		Vera	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Con agua de red	6.895	24,5	6.223	10	59.757	79	12.466	21	37.385	73
Sin agua de red	21.287	75,5	58.434	90	15.809	21	47.755	79	13.493	27
Total	28.182	100	64.657	100	75.566	100	60.221	100	50.878	100

Fuente: INDEC. 2001.

ENRESS. *Estudio epidemiológico sobre efecto crónico en salud por exposición al arsénico*. Santa Fe. 2002.

Personal del ENRESS, realizó un trabajo de recopilación de información sobre la calidad química de las aguas de los Servicios de Agua de la provincia, utilizando resultados de análisis propios y datos históricos provenientes de DIPOS con el fin de confeccionar un mapa de riesgo. Al mismo tiempo se diseñó y llevo a cabo un estudio epidemiológico para conocer la prevalencia del HACRE en la provincia.

Resultados:

- Aquella población que recibe agua de servicios centralizados que usan como fuente aguas subterráneas y cuyo contenido de arsénico es de 50 ó más ppb: Esta población a 1999 es del orden de 185.142 personas en la franja oeste y de 48.079 en la franja este, lo que da un total de **233.221** individuos en la Provincia, involucrando 60 servicios.
- Parte de aquella población de la Provincia que no está servida por los servicios de agua centralizados, que asciende potencialmente a 641.990 personas (21,4% de la población total de la Provincia) y cuyo nivel

de exposición no fue evaluado en este estudio: Es altamente probable que la totalidad de la población rural de la provincia (299.086 hab.) esté incluida en este grupo.

c. Entre los 1.123 individuos de 30 y más años de edad que fueron examinados por médico, en 28 de ellos se encontró un cuadro clínico de tipo dérmico compatible con el diagnóstico de HACRE. Esto representa una frecuencia general bruta del hallazgo del orden del 2.5% en la población de 30 y más años de edad.

d. Los 28 casos de HACRE se distribuyen en 18 casos masculinos y 10 casos femeninos, proporciones que coinciden con el perfil de distribución descrito para esta afección según sexo por la literatura nacional. En cuanto a distribución por edad, 19 casos tienen más de 60 años y sólo 4 son menores de 50 años, lo cual concuerda con la aparición de la enfermedad tras prolongados periodos de exposición.

e. El cuadro clínico de HACRE encontrado en el grupo de 28 casos se puede catalogar en general como moderado, benigno, salvo en los 4 casos de cáncer de piel. El signo dermatológico más frecuentemente detectado fue la hiperqueratosis palmar y plantar, prácticamente todas del tipo punteado. En su mayoría la hiperqueratosis fue una manifestación discreta, con la excepción de un solo caso que la presentó muy marcada.

VER ANEXO 3a

## MENDOZA

<b>Generalidades</b>	Capital	Mendoza
	Superficie	148.827 Km <sup>2</sup>
	Aglomerado Urbano	Gran Mendoza
	Departamentos	18
	Gobiernos Locales	18
	Municipios	18
	En 1993, la provincia contribuía al Producto Bruto Interno con un 3,95%, según estimaciones de la Dirección Nacional de Cuentas Nacionales. Tomando los datos del año 2002 del PBG provincial, la actividad terciaria es la más significativa (55,5%), aunque con menor participación que en el promedio nacional. Le seguía en importancia el sector secundario (22,5%), cuya participación ha descendido en los últimos años. La actividad primaria contribuye con el 22% del total, debido especialmente al aporte del sector minero donde se destaca la extracción de petróleo y gas. Desde el año 1999 ha registrado un importante crecimiento en su participación relativa como consecuencia del incremento en el valor agregado de este último sector.	
<b>Perfil socio demográfico</b>	Población total (2003). INDEC	1.640.635 habitantes (10,6 hab/Km <sup>2</sup> )
	Porcentaje menores de 15 años (2003)	27,77
	Porcentaje de población urbana. Total. Censo de Población y Vivienda 2001. INDEC	79,3 (rural dispersa 83%)
	Tasa de crecimiento anual medio de la población por mil. (proyecciones 1991-2001) INDEC 2004	10,7
	Esperanza de vida al nacer en años, ambos sexos, 1990-1992 (proyecciones y estimaciones)	72,72
	Índice de Desarrollo Humano 1996 Programa Argentino de Desarrollo Humano (1999).	0,820
	Porcentaje población con NBI (2001) INDEC 2003	15,4
	Porcentaje de población en situación de pobreza (2005)	33,80 Gran Mendoza
	Porcentaje población mayor de 10 años en condición de analfabetismo Ambos sexos (2001)	3,2
	Porcentaje de población total con agua corriente (2001) INDEC 2003	86,5
	Porcentaje de población total con desagües cloacales (2001) INDEC 2003.	54,6
	Porcentaje de población no cubierta con Obra Social o Plan Médico (2001). Elaboración sobre datos INDEC 2002	50,6
	Tasa de mortalidad infantil por mil nacidos vivos (2003) - MSA Serie 5 N° 47/04	11,1
<b>Recursos hídricos</b>	Mendoza está recorrida por cuatro ríos del sistema del Desaguadero, que bajando desde los Andes, atraviesan todo su territorio: el Atuel, el Diamante, el Tunuyán y el Mendoza. El río Atuel nace a 4.000 m de altura y tiene una longitud de 375 km. Los saltos que genera fueron aprovechados para la construcción del dique El Nihuil y la instalación de tres centrales: Nihuil I, II y III, con sus respectivos diques derivadores y el embalse de Valle Grande. El Diamante tiene un régimen hidrológico glaciar y al descender de la montaña discurre por el cañón de Agua del Toro, donde se ha construido la represa hidroeléctrica homónima. El río Tunuyán desemboca en el Desaguadero y en su curso se ha construido el dique El Carrizal. Por último el Mendoza cruza la precordillera por el valle de Potrerillos. Desemboca en los bañados de Guanacache. Entre todos ellos, sólo totalizan el 2,5% de la superficie provincial, el resto es cubierto por desierto, con sólo 250 mm de precipitaciones anuales promedio.	

<b>Áreas arsenicales</b>	Departamentos con concentración de As en agua > 50 ppb: (10.212Km <sup>2</sup> de superficie)	Lavalle
<b>Población en riesgo potencial</b>	Población total (2001)	32.129
	Porcentaje población NBI por departamento	31,5
	Porcentaje de analfabetismo por departamento	8

Población con provisión de agua de red por departamentos seleccionados. Mendoza, 2001.

Abastecimiento de agua para beber y cocinar	Lavalle	
	N	%
Con agua de red	19.926	62
Sin agua de red	12.065	38
Total	31.991	100

Fuente: INDEC, 2001.

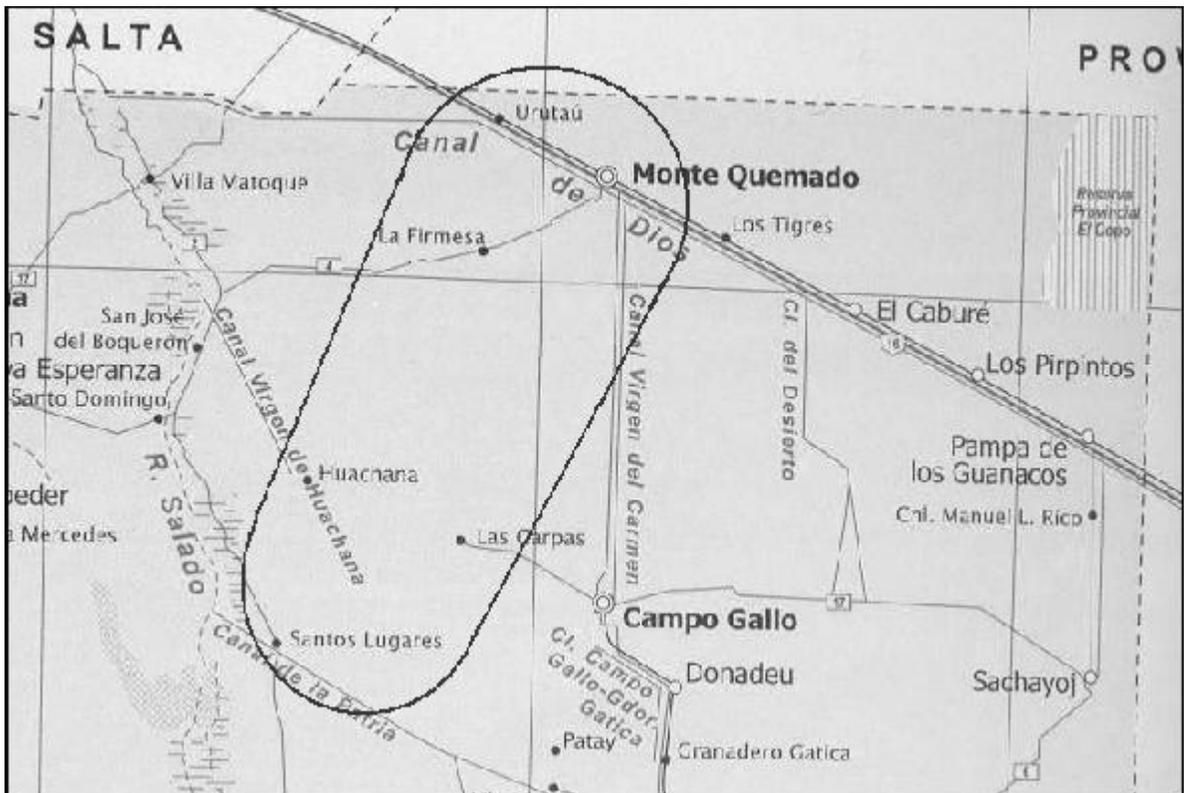
Bocanegra O. *Informe sobre HACRE en el departamento Lavalle*. Mendoza. 2002.

En la zona desértica del departamento Lavalle, Mendoza, vive una comunidad indígena Huarpe que se abastece exclusivamente de agua subterránea, en la que se ha detectado concentraciones de arsénico en el rango de 30 a 580 ppb. Se han diagnosticado 3 casos autóctonos de HACRE, de los cuales 2 han fallecido por cáncer de pulmón y piel; y el que sobrevive padece cáncer de pulmón y múltiples cánceres cutáneos.

VER ANEXO 3a

**COMPONENTE 2: Santiago del Estero**

Localidades de estudio. Departamento Copo. Santiago del Estero.  
Agosto-Septiembre de 2005.



**Tabla 1-** Resultados individuales de las muestras de agua analizadas

<b>N</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b>As µg/L (ppmm)</b>	<b>N</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b>As µg/L (ppmm)</b>
1	2L (Luján)	643	33	Pozo. Flia Cuellar	509
2	2L escuela Luján	697	34	Pozo de la Firmeza (A. Cuellar)	651
3	La Firmeza	138.0 ± 2.5	35	Santos Lugares	133.0 ± 2.6
4	Escuela 1005. La Firmeza	<10	36	Santos Lugares	401 ± 4
5	La Firmeza	< 10 D	37	Santos Lugares	449 ± 5
6	La Firmeza	530. ± 5	38	Santos Lugares	519 ± 5
7	La Firmeza	14.9 ± 1.0	39	Santos Lugares	378 ± 4
8	La Firmeza	50.2 ± 2.0	40	Urutaú	83.8 ± 2.0
9	La Firmeza	40.1 ± 1.5	41	Urutaú	< 10 D
10	La Firmeza	40.1 ± 1.5	42	Urutaú	11.2 ± 1.0
11	La Firmeza	< 10 D	43	Urutaú	13.2 ± 1.0
12	La Firmeza	< 10 D	44	Urutaú	< 10 D
13	La Firmeza	19.7 ± 1.0	45	Urutaú	< 10 D
14	Pozo de la Firmeza (R Santillan)	373	46	Urutaú	< 10 D
15	Pozo de la Firmeza (R Santillana)	529	47	Urutaú	< 10 D
16	Las Termas	< 10 D	48	Urutaú	< 10 D
17	Las Termas	< 10 D	49	Urutaú	< 10 D
18	Las Termas	278 ± 3	50	Urutaú	< 10 D
19	Las Termas	< 10 D	51	Urutaú	11.0 ± 1.0
20	Las Termas	< 10 D	52	Urutaú	< 10 D
21	Las Termas	69.5 ± 2.5	53	Urutaú	< 10 D
22	Las Termas	< 10 D	54	Urutaú	< 10 D
23	Malvinas	32.7 ± 1.5	55	Urutaú	< 10 D
24	Monte Quemado	<10 D	56	Urutaú	< 10 D
25	Monte Quemado	<10 D	57	Urutaú	< 10 D
26	Monte Quemado	<10 D	58	Urutaú	< 10 D
27	Monte Quemado	25.3 ± 1.2	59	Urutaú	11.5 ± 1.0
28	Monte Quemado	<10 D	60	Urutaú	< 10 D
29	Monte Quemado (hospital)	< 10	61	Urutaú	< 10 D
30	Pozo comunitario. Luján	515	62	Urutaú (Eren Cristian)	< 10
31	San Bernardo	490	63	Urutaú. Escuela	< 10
32	Monte Quemado (canal)	710	64	Venado Solo	926±9

**Tabla 2-** Resultados de Arsénico Total en Orina

<b>Muestra</b>	<b>Arsénico total en orina (µg/g creat.)*</b>	<b>Muestra</b>	<b>Arsénico total en orina (µg/g creat.)*</b>	<b>Muestra</b>	<b>Arsénico total en orina (µg/g creat.)*</b>
1-U	20	23-U	53	45-VS	3400
2-U	42	24-U	20	46-LF	262
3-U	42	25-U	42	47-LF	433
4-U	21	26-SL	842	48-LF	438
5-U	24	27-SL	949	49-SL	615
6-U	31	28-SL	1566	50-SL	2299
7-U	36	29-VS	1186	51-SL	564
8-U	38	30-VS	2919	52-SL	1048
9-U	30	31-VS	1357	53-SL	1094
10-U	20	32-VS	1497	54-SL	1512
11-U	37	33-VS	2581	55-SL	1058
12-U	61	34-VS	2813	56-LF	215
13-U	36	35-VS	1069	57-LF	511
14-U	11	36-VS	2104	58-LF	111
15-U	26	37-VS	3918	59-LF	137
16-U	15	38-VS	1352	60-LF	68
17-U	21	39-VS	2459	61-MQ	44
18-U	355	40-VS	1390	62-MQ	29
19-U	345	41-VS	1973	63-MQ	52
20-U	220	42-VS	2530	64-MQ	11
21-U	31	43-VS	1723	65-MQ	61
22-U	79	44-VS	2638	66-CH	17

U = URUTAU ; VS = VENADO SOLO ; LF = LA FIRMEZA ; SL = SANTOS LUGARES ; MQ = MONTE QUEMADO ; CH = CHACO  
\* = microgramos de As por gramo de creatinina

**Tabla 3-** Concentraciones de Asu ( $\mu\text{g/L}$ ) medias y medianas, máximas y mínimas de las poblaciones según localidad.

<b>Localidad</b>	<b>N</b>	<b>Media (<math>\mu\text{g/g creat}</math>)</b>	<b>Mediana (<math>\mu\text{g/g creat}</math>)</b>	<b>Mínimo <math>\mu\text{g/g creat}</math></b>	<b>Máximo <math>\mu\text{g/g creat}</math></b>
URUTAU	25	68	36	11	355
LA FIRMEZA	8	272	238	68	511
V. SOLO	17	2183	2281	1069	3918
M. QUEMADO	6	43	44	29	61
S. LUGARES	10	1119	1053	482	2200

**Tabla 4** Resultados de Arsénico Total en Alimentos

<b>Nº de muestra</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Alimento</b>	<b><math>\mu\text{g As/ gr peso húmedo}</math></b>
1	Escuela Urutaú	Guiso de arroz con carne	0,04
2	Escuela Urutaú	Guiso de fideos	0,02
3	Escuela Urutaú	Pan de carne con tortilla de acelga	0,01
4	Escuela Urutaú	Sopa	0,03
5	Escuela Urutaú	Sopa	0,02
6	Santos Lugares	Estofado	1,18
7	Santos Lugares	Sopa de polenta	1,15
8	Santos Lugares	Fideo con tuco y carne	1,10
9	Santos Lugares	Carne frita de cabrito	0,71
10	Santos Lugares	Guiso	0,48
11	Santos Lugares	Bife de hígado	0,85
12	Santos Lugares	Sopa	1,33
13	Santos Lugares	Guiso	1,37
14	Santos Lugares	Fideos con tuco	1,35
15	La Firmeza	Fideos	1,20
16	La Firmeza	Sopa	1,29
17	Escuela de Luján	Arroz con leche	1,07
18	Escuela de Luján	Pan	0,08

**Tabla 5:** Resultados obtenidos de las muestras provenientes de la Provincia de Santiago del Estero:

Ind.	Sexo	Edad (años)	Localidad	As en agua (ppb)	IM	ICH	IR	Micro-núcleo	Índice de daño
1	F	35	M.Quemado	<10 ppb	S/D	S/D	S/D	9,00	114
2	M	40	M.Quemado	<10 ppb	S/D	S/D	S/D	17,00	126
3	F	28	M.Quemado	<10 ppb	S/D	S/D	S/D	18,00	106
4	F	44	Urutaú	<10 ppb	S/D	S/D	S/D	S/D	214
5	F	53	Urutaú	<10 ppb	S/D	S/D	S/D	17,00	106
6	F	34	Urutaú	<10 ppb	S/D	S/D	S/D	S/D	132
7	M	63	Urutaú	<10 ppb	S/D	S/D	S/D	15,00	110
8	F	64	M.Quemado	<10 ppb	S/D	S/D	S/D	12,00	120
10	M	43	Urutaú	<10 ppb	4,15	S/D	2,075	15,00	126
11	F	26	Urutaú	<10 ppb	3,45	S/D	1,885	9,50	124
12	M	32	Urutaú	<10 ppb	S/D	S/D	S/D	26,50	104
13	M	73	Urutaú	<10 ppb	S/D	S/D	S/D	12,00	194
14	F	52	Urutaú	<10 ppb	6,90	7,650	2,155	12,00	176
15	M	57	Urutaú	<10 ppb	S/D	S/D	S/D	13,50	184
18	M	58	Urutaú	<10 ppb	4,80	7,235	1,965	11,50	216
19	F	40	Urutaú	<10 ppb	4,40	9,150	2,380	10,50	166
20	M	66	Urutaú	<10 ppb	6,55	7,325	2,395	4,00	162
21	F	70	Urutaú	<10 ppb	S/D	S/D	S/D	6,00	S/D
22	M	41	Urutaú	<10 ppb	4,85	8,855	2,040	7,00	114
23	M	44	Urutaú	<10 ppb	S/D	S/D	S/D	14,00	S/D
30	M	25	La Firmeza	530 ppb	2,05	7,710	2,080	14,50	148
31	M	68	La Firmeza	530 ppb	S/D	S/D	S/D	20,50	118
32	F	34	Sts. Lugares	378 ppb	S/D	S/D	S/D	19,50	160
33	F	12	Sts. Lugares	378 ppb	S/D	S/D	S/D	24,00	234
34	F	22	Sts. Lugares	450 ppb	3,95	8,675	2,375	20,00	114
35	F	47	Sts. Lugares	450 ppb	2,65	8,170	2,210	S/D	100
36	M	52	Sts. Lugares	450 ppb	3,20	10,440	2,180	25,00	126
37	F	52	Sts. Lugares	620 ppb	S/D	S/D	S/D	23,00	214
38	M	57	Sts. Lugares	620 ppb	3,20	8,145	2,120	26,00	122

Ind.	Sexo	Edad (años)	Localidad	As en agua (ppb)	IM	ICH	IR	Micro-núcleo	Índice de daño
39	M	48	Sts. Lugares	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	228

S/D : Sin dato

**Tabla 6:** Población con bajo nivel de arsénico en el agua de bebida (Localidad de Urutaú, con agua de red: nivel de As en el agua de consumo <10 ppb)

Individuo	IM	ICH	IR	Micronúcleos en Mucosa Oral	Índice de daño
1	S/D	S/D	S/D	9,00	114
2	S/D	S/D	S/D	17,00	126
3	S/D	S/D	S/D	18,00	106
4	S/D	S/D	S/D	S/D	214
5	S/D	S/D	S/D	17,00	106
6	S/D	S/D	S/D	S/D	132
7	S/D	S/D	S/D	15,00	110
8	S/D	S/D	S/D	12,00	120
10	4,15	S/D	2,075	15,00	126
11	3,45	S/D	1,885	9,50	124
12	S/D	S/D	S/D	26,50	104
13	S/D	S/D	S/D	12,00	194
14	6,90	7,650	2,155	12,00	176
15	S/D	S/D	S/D	13,50	184
18	4,80	7,235	1,965	11,50	216
19	4,40	9,150	2,380	10,50	166
20	6,55	7,325	2,395	4,00	162
21	S/D	S/D	S/D	6,00	S/D
22	4,85	8,855	2,040	7,00	114
23	S/D	S/D	S/D	14,00	S/D
<b>PROMEDIO</b>	<b>5,014</b>	<b>8,043</b>	<b>2,128</b>	<b>12,750</b>	<b>144,11</b>
<b>ERROR ESTANDAR</b>	<b>0,477</b>	<b>0,400</b>	<b>0,0743</b>	<b>1,217</b>	<b>9,080</b>

S/D : Sin dato

**Tabla 7:** Población con alto nivel de arsénico en el agua de bebida (Localidades de Santos Lugares y La Firmeza)

Individuo	Nivel de As en el agua de consumo	IM	ICH	IR	Micronúcleos en Mucosa Oral	Índice de daño
30	530 µg/L	2,05	7,710	2,080	14,50	148
31	530 µg/L	S/D	S/D	S/D	20,50	118
32	378 µg/L	S/D	S/D	S/D	19,50	160
33	378 µg/L	S/D	S/D	S/D	24,00	234
34	450 µg/L	3,95	8,675	2,375	20,00	114
35	450 µg/L	2,65	8,170	2,210	S/D	100
36	450 µg/L	3,20	10,440	2,180	25,00	126
37	620 µg/L	S/D	S/D	S/D	23,00	214
38	620 µg/L	3,20	8,145	2,120	26,00	122
39	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	228
<b>PROMEDIO</b>		<b>4,1792 *</b>	<b>8,3355</b>	<b>2,155</b>	<b>15,462 **</b>	<b>148,5</b>
<b>ERROR ESTANDAR</b>		<b>0,4200</b>	<b>0,3100</b>	<b>0,0473</b>	<b>1,217</b>	<b>8,076</b>

S/D : Sin dato . \* Significativo (p = 0,01); \*\* Altamente significativo (p<0,001). Análisis de varianza (ANOVA) de una vía entre las poblaciones de alta exposición y baja exposición al arsénico.

**Tabla 8:** Comparación de los biomarcadores por sexo.

Biomarcador	Bajo nivel de Arsénico en el agua		Alto nivel de Arsénico en el agua	
	femenino (X media ± ES)	masculino (X media ± ES)	femenino (X media ± ES)	masculino (X media ± ES)
<b>IM</b>	4,92 ± 1,03	5,09 ± 0,51	3,27 ± 0,38	2,62 ± 0,57 *
<b>ICH</b>	8,40 ± 0,75	7,80 ± 0,53	8,33 ± 0,17	9,07 ± 1,36
<b>IR</b>	2,14 ± 0,14	2,12 ± 0,90	2,23 ± 0,07	2,13 ± 0,05
<b>Micronúcleos en Mucosa Oral</b>	11,75 ± 1,43	14,50 ± 1,91	21,62 ± 1,11 **	20,33 ± 3,32
<b>Índice de daño</b>	139,78 ± 12,45	148,54 ± 12,71	158,00 ± 22,54	154,00 ± 25,55

\* Significativo (P < 0,044); \*\* Significativo (P < 0,001) Test de Mann-whitney no apareado de 2 colas entre las poblaciones de alta exposición y baja exposición al arsénico.

**Tabla 9:** Comparación de valores obtenidos para poblaciones con bajo y alto nivel de arsénico y estándar del laboratorio para los diferentes biomarcadores

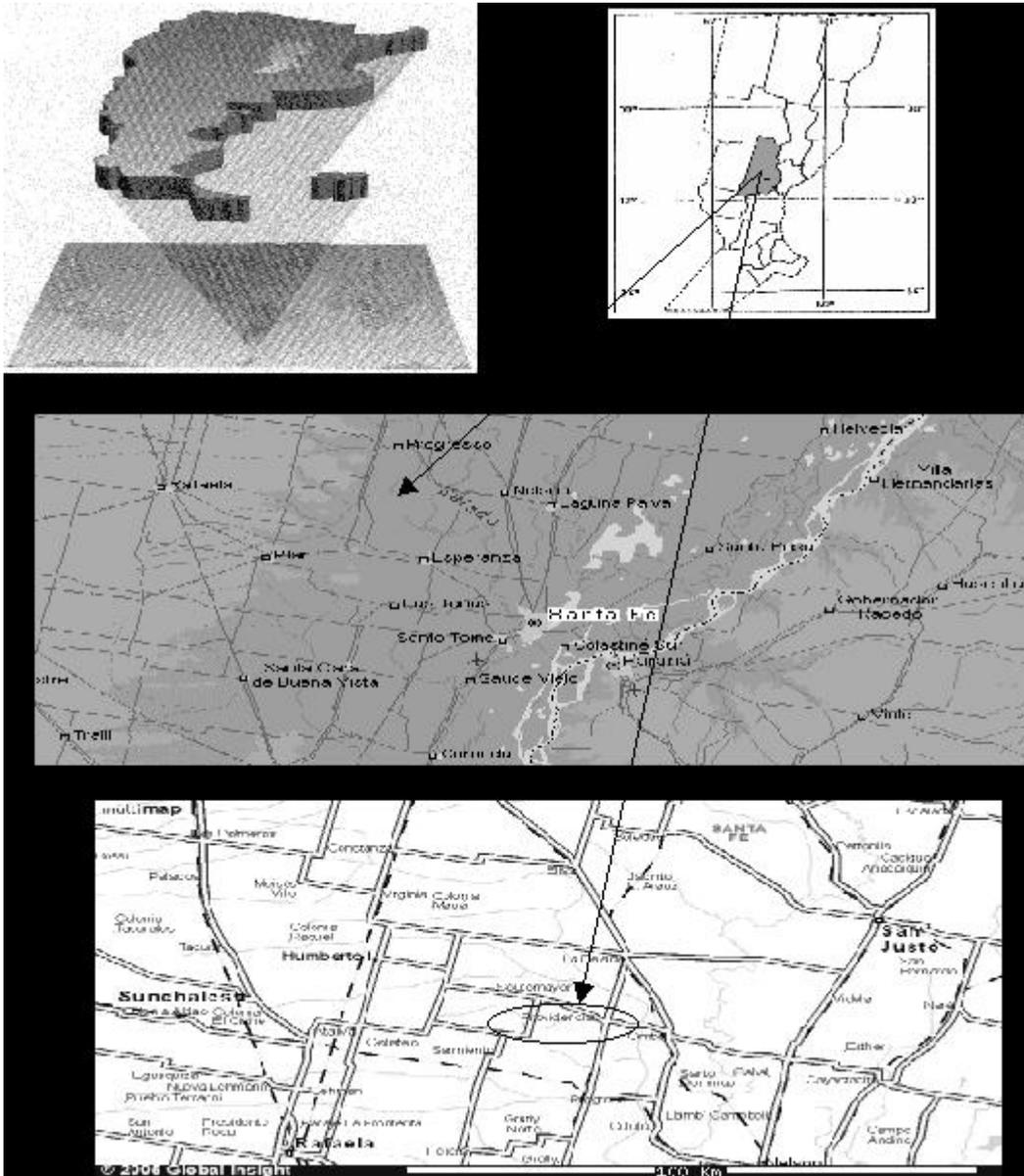
	IM	ICH	IR	MN	Índice de daño
<b>Población con bajo nivel de As en agua de consumo</b>	5,01 ± 0,47	8,04 ± 0,40*	2,13 ± 0,07**	12,75± 1,21***	144,11 ± 9,08
<b>Población con alto nivel de As en agua de consumo</b>	4,18 ± 0,42	8,34 ±0,30*	2,16 ±0,05**	21,56±1,32***	148,50 ±8,08
<b>Valores históricos del laboratorio</b>	4,92 ± 0,48	5,96 ± 0,66	1,88 ± 0,05	1,23 ± 0,49	148,50 ± 8,08

\*Significativo ( $p < 0,017$ ); \*\* Significativo ( $p < 0,025$ ) \*\*\*Altamente significativo ( $p < 0,0001$ ). Test de Bonferroni entre subpoblaciones de baja y alta exposición y estándares del laboratorio.

**ANEXO 5**

**COMPONENTE 2: SANTA FE**

Localidades de estudio. Departamento Las Colonias. Santa Fe. 2005.



## MUESTRAS DE AGUA Y ORINA

### Muestras de agua

Identificación de la muestra	Concentración de As ng/ mL		
	HGAAS 22/06/05	HGAAS 24/08/05	ICP-MS
A1	132.6	-	135.0
A2	68.0	-	-
A3	81.1	-	-
A4	43.1	-	-
A5	168.0	-	189
A6	47.8	-	-
A7	110.8	-	116.0
A8	111.3	123.8	106
A9	-	82.0	-
A10	27.3	-	-
A11	45.4	-	-
A12	31.7	-	-
A13	39.6	-	-
A14	37.3	-	-
E1	6.4	-	2.67
E2	24.2	-	-
E3	18.6	-	13.9
J1	28.8	-	-
J2	18.9	-	-
J3	21.6	-	21.32
J4	47.7	-	-
J5	22.5	24.3	17.5
J6	86.7	-	-
J7	48.4	-	45.6
J8	99.1	110.3	95.3
J9	51.3	-	49.6
J10	41.3	-	-
J11	19.8	-	-
J12	40.5	-	-
J13	60.2	-	-

Epidemiología del HACRE en la República Argentina  
ANEXO 5

Identificación de la muestra	Concentración de As ng/ mL		
	HGAAS 22/06/05	HGAAS 24/08/05	ICP-MS
J14	75.5	-	-
J15	30.0	-	-
J16	36.4	-	-
J17	101.7	-	-
J18	36.0	-	-
J19	39.6	-	-
J20	130.7	-	-
K1	50.2	48.6	49
K2	23.9	-	20.7
K3	28.7	-	-
K4	15.2	-	-
K5	22.8	-	-
K6	24.3	-	20.5
K7	42.5	-	-
K8	32.9	-	-
K9	42.7	-	-
K10	13.6	-	8.43
K11	36.5	-	-
K12	118.4	-	-
K13	115.8	-	-
K14	32.7	-	-
L1	60.7	-	-
L2	75.7	-	-
L3	91.1	-	-
L4	95.0	-	-
L5	32.5	-	-
L6	93.3	-	-
L7	86.2	-	-
L8	87.1	-	-
L9	201.9	-	217.4
L10	47.7	-	-
L11	83.0	-	-
L12	86.6	-	-

Identificación de la muestra	Concentración de As ng/ mL		
	HGAAS 22/06/05	HGAAS 24/08/05	ICP-MS
L13	125.9	-	-
L14	25.5	-	-
L15	77.2	-	-
L16	19.3	-	-
L17	51.3	-	49.7
R1	7.7	-	3.9
R2	45.4	-	-
R3	53.2	-	-
R4	164.2	-	172
R5	15.6	-	-
R6	71.1	-	-
R7	121.0	-	-
R8	27.1	-	-
R9	47.9	-	37.1
R10	46.9	-	-
R11	14.3	-	-
R12	21.5	-	-
R13	78.5	-	-
R14	20.3	-	-

### MUESTRAS DE ORINA

ID muestra	Conc. As (ug/L)	Creatinina (g/L)	ug As/g creatinina
A1-1	84.30	0.98	86.02
A1-2	48.30	0.94	51.38
A4-7	4.90	0.50	9.80
A7-16	71.80	1.24	57.90
A10-22	25.20	1.22	20.66
A10-23	45.70	1.26	36.27
A10-24	36.10	1.96	18.42
A11-26	36.20	1.23	29.43
A11-28	27.10	1.38	19.64
A14-37	25.01	1.40	17.86
A14-38	57.48	1.10	52.25
A14-42	50.15	1.25	40.12
J1-1	56.90	1.82	31.26
J3-3	62.70	2.48	25.28
J3-4	158.10	2.20	71.86

Epidemiología del HACRE en la República Argentina  
ANEXO 5

ID muestra	Conc. As (ug/L)	Creatinina (g/L)	ug As/g creatinina
J5-5	36.60	1.00	36.60
J6-6	50.10	1.20	41.75
J9-13	43.80	0.84	52.14
J10-14	15.00	0.83	18.07
J10-15	7.80	1.14	6.84
J12-21	76.50	1.28	59.77
J12-22	124.30	0.96	129.48
J13-24	58.50	1.90	30.79
J13-27	18.50	0.76	24.34
J16-32	33.00	1.26	26.19
J16-33	55.30	2.04	27.11
J19-38	56.90	2.70	21.07
J19-39	51.50	1.94	26.55
J20-40	189.00	2.00	94.50
J20-41	94.40	1.40	67.43
K1-3	55.10	1.02	54.02
K2-7	17.40	1.68	10.36
K5-16	51.40	1.92	26.77
K6-18	29.40	1.10	26.73
K6-19	28.10	1.20	23.42
K7-20	147.00	2.46	59.76
K7-21	53.50	1.26	42.46
K8-25	39.20	1.40	28.00
K9-26	79.70	1.96	40.66
K9-27	109.30	1.58	69.18
K10-33	39.00	1.74	22.41
K11-41	18.30	1.16	15.78
K11-42	14.90	0.85	17.53
K11-43	15.50	0.90	17.22
K11-44	51.60	2.21	23.35
K12-46	92.30	1.12	82.41
K13-47	27.70	2.16	12.82
K13-48	36.80	2.46	14.96
K13-49	40.60	1.92	21.15
K14-51	49.10	0.91	53.96
K14-52	26.30	1.40	18.79
K14-53	57.50	2.00	28.75
K14-54	78.20	1.60	48.88
L1-1	36.10	1.62	22.28
L1-2	35.60	1.10	32.36
L3-4	100.00	0.98	102.04
L3-5	41.20	0.80	51.50
L8-11	19.00	1.00	19.00
L8-12	24.60	1.22	20.16
L8-13	123.50	1.82	67.86
L9-17	141.70	1.52	93.22
L12-25	31.00	0.72	43.06
L13-26	61.61	0.68	90.60
L17-33	No detectable	0.78	-
L17-34	35.00	1.42	24.65
R4-22	48.08	0.70	68.69
R4-23	74.50	1.20	62.08

Epidemiología del HACRE en la República Argentina  
ANEXO 5

ID muestra	Conc. As (ug/L)	Creatinina (g/L)	ug As/g creatinina
R5-24	57.20	1.92	29.79
R5-25	24.30	1.14	21.32
R6-30	159.62	1.96	81.44
R6-31	112.42	1.34	83.90
R6-33	156.30	1.20	130.25
R7-35	108.85	1.10	98.95
R7-37	135.03	1.60	84.39
R7-39	112.80	1.95	57.85
R10-51	91.39	1.90	48.10
R11-56	9.60	0.84	11.43
R11-57	68.07	2.14	31.81
R12-59	29.70	1.62	18.33
R12-60	62.20	2.76	22.54
R13-64	26.50	1.14	23.25
R14-66	35.25	1.86	18.95
R14-67 *	8.40	0.82	10.24
R14-68 *	10.54	1.06	9.94

N° vivienda	ID vivienda	As agua (ng/mL)	Orina ug As/g creatinina
1	A1	132.6	86.02
1	A1	132.6	51.38
2	A4	43.1	9.80
3	A7	110.8	57.90
4	A10	27.3	20.66
4	A10	27.3	36.27
4	A10	27.3	18.42
5	A11	45.4	29.43
5	A11	45.4	19.64
6	A14	37.3	17.86
6	A14	37.3	52.25
6	A14	37.3	40.12
7	J1	28.8	31.26
8	J3	21.6	25.28
8	J3	21.6	71.86
9	J5	22.5	36.60
10	J6	86.7	41.75
11	J9	51.3	52.14
12	J10	41.3	18.07
12	J10	41.3	6.84
13	J12	40.5	59.77
13	J12	40.5	129.48
14	J13	60.2	30.79
14	J13	60.2	24.34
15	J16	36.4	26.19
15	J16	36.4	27.11
16	J19	39.6	21.07
16	J19	39.6	26.55
17	J20	130.7	94.50
17	J20	130.7	67.43

Epidemiología del HACRE en la República Argentina  
ANEXO 5

N° vivienda	ID vivienda	As agua (ng/mL)	Orina ug As/g creatinina
18	K1	50.2	54.02
19	K2	23.9	10.36
20	K5	22.8	26.77
21	K6	24.3	26.73
21	K6	24.3	23.42
22	K7	42.5	59.76
22	K7	42.5	42.46
23	K8	32.9	28.00
24	K9	42.7	40.66
24	K9	42.7	69.18
25	K10	13.6	22.41
26	K11	36.5	15.78
26	K11	36.5	17.53
26	K11	36.5	17.22
26	K11	36.5	23.35
27	K12	118.4	82.41
28	K13	115.8	12.82
28	K13	115.8	14.96
28	K13	115.8	21.15
29	K14	32.7	53.96
29	K14	32.7	18.79
29	K14	32.7	28.75
29	K14	32.7	48.88
30	L1	60.7	22.28
30	L1	60.7	32.36
31	L3	91.1	102.04
31	L3	91.1	51.50
32	L8	87.1	19.00
32	L8	87.1	20.16
32	L8	87.1	67.86
33	L9	201.9	93.22
34	L12	86.6	43.06
35	L13	125.9	90.60
36	L17	51.3	3.00
36	L17	51.3	24.65
37	R4	164.2	68.69
37	R4	164.2	62.08
38	R5	15.6	29.79
38	R5	15.6	21.32
39	R6	71.1	81.44
39	R6	71.1	83.90
39	R6	71.1	130.25
40	R7	121.0	98.95
40	R7	121.0	84.39
40	R7	121.0	57.85
41	R10	46.9	48.10
42	R11	14.3	11.43
42	R11	14.3	31.81
43	R12	21.5	18.33
43	R12	21.5	22.54
44	R13	78.5	23.25

N° vivienda	ID vivienda	As agua (ng/mL)	Orina ug As/g creatinina
45	R14	20.3	18.95
45	R14	20.3	10.24
45	R14	20.3	9.94

### Pruebas de genotoxicidad

**Tabla 10:** Población analizada de la Localidad de Providencia, Provincia de Santa Fe.

Individuo	Sexo	Edad	Nivel de As en el agua de consumo	IM	ICH	IR
51	M	48	22,8 ppb	2,20	5,44	1,925
52	M	39	71,1 ppb	6,00	8,33	2,175
53	M	56	164,2 ppb	5,00	5,73	2,400
55	F	54	164,5 ppb	4,20	7,25	2,355
56	F	54	83 ppb	4,80	5,78	1,520
60	M	40	42,7 ppb	4,15	6,36	2,110
62	F	43	37,3 ppb	5,40	4,93	1,960
65	M	45	37,3 ppb	4,90	6,08	1,880
67	F	39	45,4 ppb	4,50	6,60	1,915
68	M	33	111,3 ppb	7,40	5,85	2,315
69	F	53	50,2 ppb	4,85	6,03	1,820
70	F	35	21,5 ppb	5,20	9,55	1,545
75	M	41	45,4 ppb	6,95	6,15	2,400
76	F	19	22,8 ppb	6,00	6,10	2,080
77	F	51	118,4 ppb	3,20	5,71	2,135
79	F	46	77,2 ppb	3,50	7,29	1,980
80	F	42	87,1 ppb	4,90	5,58	2,195
85	M	27	121,0 ppb	5,40	4,48	2,355
87	M	35	164,2 ppb	4,85	6,31	2,090
88	M	18	45,4 ppb	4,25	6,42	2,160

**Tabla 11:** Población con bajo nivel de arsénico en el agua de bebida (< 50 ppb)

Individuo	Nivel de As en el agua de consumo	IM	ICH	IR
51	22,8 ppb	2,20	5,440	1,925
60	42,7 ppb	4,15	6,365	2,110
62	37,3 ppb	5,40	4,930	1,960
65	37,3 ppb	4,90	6,085	1,880
67	45,4 ppb	4,50	6,600	1,915
69	50,2 ppb	4,85	6,035	1,820
70	21,5 ppb	5,20	9,550	1,545
75	45,4 ppb	6,95	6,150	2,40
76	22,8 ppb	6,00	6,100	2,080

88	45,4 ppb	4,25	6,425	2,160
<b>Promedio</b>		<b>4,8400</b>	<b>6,3680</b>	<b>1,9790</b>
<b>Error estándar</b>		<b>0,3970</b>	<b>0,3860</b>	<b>0,0721</b>

**Tabla 12:** Población con alto nivel de arsénico en el agua de bebida (> 50 µg/L)

Individuo	Nivel de As en el agua de consumo	IM	ICH	IR
52	71,1 ppb	6,00	8,33	2,175
53	164,2 ppb	5,00	5,73	2,400
55	164,5 ppb	4,20	7,25	2,355
56	83 ppb	4,80	5,78	1,520
68	111,3 ppb	7,40	5,85	2,315
77	118,4 ppb	3,20	5,71	2,135
79	77,2 ppb	3,50	7,29	1,980
80	87,1 ppb	4,90	5,58	2,195
85	121,0 ppb	5,40	4,48	2,355
87	164,2 ppb	4,85	6,31	2,090
<b>Promedio</b>		<b>4,925</b>	<b>6,232</b>	<b>2,152</b>
<b>Error estándar</b>		<b>0,3810</b>	<b>0,3480</b>	<b>0,0821</b>

**Tabla 13:** Comparación de los biomarcadores por sexo

Biomarcador	Bajo nivel de Arsénico en el agua		Alto nivel de Arsénico en el agua	
	femenino (X media ± ES)	masculino (X media ± ES)	femenino (X media ± ES)	masculino (X media ± ES)
IM	5,19 ± 0,25	4,49 ± 0,76	4,12 ± 0,34 *	5,73 ± 0,46
ICH	6,64 ± 0,78	6,09 ± 0,17	6,32 ± 0,39	6,14 ± 0,62
IR	1,86 ± 0,09	2,10 ± 0,09	2,04 ± 0,14	2,27 ± 0,06

**Tabla 14:** Comparación de los biomarcadores por grupo etario

Biomarcador	Bajo nivel de Arsénico en el agua		Alto nivel de Arsénico en el agua	
	Menor de 40 años	Mayor de 40 años	Menor de 40 años	Mayor de 40 años
IM	4,82 ± 0,35	4,86 ± 0,77	5,91 ± 0,55	4,27 ± 0,31
ICH	7,01 ± 0,64	5,73 ± 0,24	6,24 ± 0,80	6,22 ± 0,33*
IR	1,96 ± 0,11	2,00 ± 0,10	2,23 ± 0,06	2,10 ± 0,13

**Tabla 15:** Comparación de los biomarcadores por exposición a herbicidas y/o insecticidas.

Biomarcador	Bajo nivel de Arsénico en el agua		Alto nivel de Arsénico en el agua	
	Expuesto a insecticida	No expuesto a insecticida	Expuesto a insecticida	No expuesto a insecticida
<b>IM</b>	4,917 ± 0,388	4,956 ± 0,508	4,588 ± 0,479	4,980 ± 0,659
<b>ICH</b>	6,948 ± 1,365	6,396 ± 0,301	5,521 ± 0,380	6,381 ± 0,364
<b>IR</b>	1,872 ± 0,169	2,044 ± 0,069	2,194 ± 0,058	2,114 ± 0,166

**Tabla 16:** Comparación de valores promedio obtenidos para las poblaciones con bajo y alto nivel de arsénico y valores históricos de laboratorio

	<b>IM</b>	<b>ICH</b>	<b>IR</b>
<b>Población con bajo nivel de As en agua de bebida</b>	<b>4,84 ± 0,40</b>	<b>6,37 ± 0,39</b>	<b>1,98 ± 0,07</b>
<b>Población con alto nivel de As en agua de bebida</b>	<b>4,93 ± 0,38</b>	<b>6,23 ± 0,35</b>	<b>2,15 ± 0,08</b>
<b>Valores históricos de laboratorio</b>	<b>4,92 ± 0,48</b>	<b>5,96 ± 0,66</b>	<b>1,88 ± 0,05</b>



**Tabla 1.** Resultados de ensayos continuos.

<b>Serie</b>	<b>Ensayo</b>	<b>pH</b>	<b>C<sub>ClO<sub>2</sub>0</sub></b> <b>(mMol / dm<sup>3</sup>)</b>	<b>V<sub>esp</sub></b> <b>(1 / h)</b>	<b>As</b> <b>sorbido</b> <b>%</b>
1	1 - 1	8,0	0,089	5,882	89,2
	1 - 2	8,0	0,089	4,412	90,8
	1 - 3	8,0	0,089	2,941	93,5
2	2 - 1	8,0	0,179	5,882	93,8
	2 - 2	8,0	0,179	4,412	95,0
	2 - 3	8,0	0,179	2,941	96,2
3	3 - 1	8,0	0,269	5,882	96,5
	3 - 2	8,0	0,269	4,412	97,3
	3 - 3	8,0	0,269	2,941	98,1
4	4 - 1	7,4	0,089	5,882	86,9
	4 - 2	7,4	0,089	4,412	91,2
	4 - 3	7,4	0,089	2,941	92,3
5	5 - 1	7,4	0,179	5,882	91,5
	5 - 2	7,4	0,179	4,412	94,6
	5 - 3	7,4	0,179	2,941	95,4
6	6 - 1	7,4	0,269	5,882	93,8
	6 - 2	7,4	0,269	4,412	95,0
	6 - 3	7,4	0,269	2,941	95,8
7	7 - 1	7,0	0,089	5,882	75,4
	7 - 2	7,0	0,089	4,412	84,2
	7 - 3	7,0	0,089	2,941	92,7
8	8 - 1	7,0	0,179	5,882	77,3
	8 - 2	7,0	0,179	4,412	88,1
	8 - 3	7,0	0,179	2,941	94,6
9	9 - 1	7,0	0,269	5,882	84,2
	9 - 2	7,0	0,269	4,412	90,8
	9 - 3	7,0	0,269	2,941	94,2

## **Métodos de abatimiento de arsénico en aguas**

Los procedimientos más utilizados para la eliminación de arsénico son:

- 1 ósmosis inversa
- 2 alúmina activada
- 3 intercambio iónico
- 4 hierro férrico como agente floculante
- 5 hierro como agente reductor

### **Ósmosis inversa**

Es un proceso de hiperfiltración a través de membranas de acetato de celulosa, poliamida y un delgado film de composite. Clifford y Lin (1995), utilizando el proceso de ósmosis inversa eliminaron más del 95 % de As(V) y 75 – 90 % de As(III) en ensayos con aguas de subsuelo de San Isidro, New Mexico y Hanford, California.

Sancha y otros (1998), confrontaron varios procedimientos con aguas provenientes de salares en Calama y Antofagasta, Chile, donde las mismas poseen valores en el rango de 400 a 500 ppb de arsénico.

Además de ser un procedimiento caro, la ósmosis inversa es muy difícil de adaptar a nivel domiciliario ya que es imprescindible la disponibilidad de energía eléctrica y de mano de obra especializada.

### **Alúmina activada**

En este procedimiento, el agua a purificar se hace pasar a través de un reactor de lecho fijo cargado de una sustancia adsorptiva, la alúmina activada, que es una mezcla de óxidos de aluminio cristalinos y amorfos de composición aproximada  $Al_2O_3$ . A escala de laboratorio, Rosenblum y Clifford (1984) estudiaron la influencia que sobre la capacidad de adsorción de la alúmina activada tienen el pH, la temperatura, la presencia de otros aniones en el agua que compiten con los del As(V). Kepner y otros (2000) ensayaron la adición de óxido de manganeso a la

alúmina activada a efectos de mejorar su capacidad de adsorción. Este procedimiento mostró ser también muy efectivo, Heinonen y otros (1999), en aguas de subsuelo de Finlandia, donde la adsorción de arsénico fue superior a 99% a partir de contenidos iniciales de 50 a 500 ppb de As. A escala de planta piloto, CH2Mhill (1999) presenta una interesante propuesta para aguas de la ciudad de Albuquerque (New Mexico).

La ventaja principal del uso de alúmina activada es que constituye un procedimiento relativamente bien conocido y está disponible comercialmente. Los principales problemas para aplicación de esta técnica en pequeñas instalaciones son: la necesidad de reajustes del pH del agua cruda y tratada, la regeneración de la alúmina agotada con hidróxido de sodio (que produce lejías muy contaminantes que deben ser tratadas previa a su deposición) y la necesidad de mano de obra especializada.

### **Intercambio iónico**

El intercambio iónico es un proceso de adsorción que utiliza resinas base poliestireno. Estas resinas tienen la capacidad de intercambiar iones de menor preferencia presentes en la resina por iones de mayor preferencia presentes en el agua, cuando ésta es pasada a través de un lecho de resina. El ión propio intercambiable de una resina aniónica es el ión cloruro. En trabajos a escala de laboratorio realizados en la Universidad de Houston y de campo efectuados en McFarland y Hanford (California), Clifford y otros (1999) estudiaron la aplicación de diferentes versiones de procesos de intercambio aniónico. A escala de planta piloto, CH2Mhill (1999) propone el tratamiento de aguas para consumo en la ciudad de Albuquerque (New Mexico). La ventaja de esta tecnología es que se trata de un procedimiento disponible comercialmente. Los principales problemas para aplicación de esta técnica a nivel domiciliario son: elevado costo inicial, alta tecnología de operación, mantenimiento y regeneración de la resina. La regeneración produce lejías altamente contaminantes que deben ser tratadas previo a su deposición.

### **Hierro como agente reductor**

Nikolaidis y otros (1998) de la Universidad de Connecticut, E.E.U.U., proponen un procedimiento que parte de la premisa que el hierro elemental en presencia de soluciones acuosas se puede oxidar aeróbica y anaeróbicamente, proporcionando los electrones para la reducción de otras especies químicas redox sensibles, tales como arseniatos, arsenitos y sulfato, y propone la utilización de un lecho de limaduras de hierro para la inmovilización de las especies arsénicas inorgánicas como coprecipitados de hierro, precipitados mezclados y, en presencia de sulfatos, arsenopirita. El agua contaminada con arsénico inorgánico, a la que se le agrega pequeñas concentraciones de sulfatos si carecieran de ese ión, pasa a través de un lecho de arena con limaduras de hierro. Esto da lugar a la remoción de la mayor parte del arsénico de la solución.

Una modificación a este procedimiento presentada por Kahn y otros (2000), usa tres recipientes en serie: el primero tiene chips de hierro y arena gruesa, el segundo carbón vegetal y arena fina y el tercero es el colector para el agua filtrada.

Esta forma de eliminar el arsénico es muy apropiada para ser utilizada en pequeñas instalaciones ya que es una tecnología muy simple de operar y que utiliza materiales de muy bajo costo.

### **Cloruro férrico como agente floculante**

La utilización de cloruro férrico para la eliminación del arsénico de aguas es un procedimiento muy conocido y difundido. Consiste en oxidar con cloro el agua a tratar, agregar cloruro férrico (el cual forma por hidrólisis un sol de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  que atrae a los aniones de la solución) y finalmente separar por filtración un floculo de hidróxido férrico que contiene el arsénico.

Existen importantes experiencias de plantas en gran escala que trabajan por este procedimiento. Fields y otros (2000) presentan resultados de un año de operación de una planta en E.E.U.U. que utiliza este procedimiento.

En el norte de Chile (Sancha y otros, 1998), existen cuatro plantas con una capacidad de tratamiento de 1,73 m<sup>3</sup>/s, para proveer agua a las ciudades de Antofagasta y Calama.

Hay adaptaciones a pequeñas instalaciones domiciliarias de esta técnica. En Argentina, Castro de Esparza (1999) efectuó una experiencia utilizando una mezcla de un agente oxidante, un agente floculante (sales férricas y de aluminio) y arcilla para ayudar a la separación del floculo por decantación. En Calcutta (School of Environmental Studies, 2000) se desarrolló en 1993 un procedimiento basado en una tableta conformada con un agente oxidante, Fe<sup>+3</sup> y carbón. La técnica utiliza un filtro de vidrio fritado para la separación del floculo.

Las ventajas del uso de este procedimiento han provocado su amplia difusión a pequeña y gran escala.

### **Otros procedimientos que utilizan ión férrico**

Se utiliza un procedimiento biológico para la remoción de arsénico (Lehimas y otros, 2000). La filtración biológica es un tratamiento ya utilizado desde 1992 en el Reino Unido para la eliminación de hierro en aguas de subsuelo; en condiciones apropiadas de pH, temperatura y oxigenación puede colonizarse arena con biomasa capaz de llevar a cabo la oxidación del hierro presente en el agua cruda. El hierro precipita en un filtro construido con esa arena, produciendo agua de elevada calidad para consumo humano. Basado en este principio este autor, lleva a cabo estudios a nivel de planta piloto para adaptar la filtración biológica a la remoción de arsénico. Bajo condiciones optimizadas de pH, temperatura y oxigenación, la filtración biológica permite la eliminación simultánea de As(III) y hierro; el parámetro crítico es la concentración inicial de hierro. Sin embargo, si el nivel natural de hierro es bajo, se puede agregar sulfato ferroso para completar la remoción de arsénico.

ANSTO (2001) utiliza la foto oxidación de hierro para la eliminación de arsénico de aguas de drenaje de minas en E.E.U.U. y para mitigar el problema de consumo de aguas contaminadas en Bangladesh. El hierro y el arsénico presentes en el agua

son oxidados por la luz solar. Alternativamente puede ser usado un reactor de lámpara UV para acelerar la oxidación. Luego de ésta, el arsénico es removido con el hidróxido de hierro formado.

Se emplea también como procedimiento el uso de un reactor de dos columnas para remover arsénico y cadmio de aguas contaminadas (Wang y Reardon , 2001). El agua de alimentación pasa por la primera columna rellena con siderita ( $\text{FeCO}_3$ ) a la que también entra una corriente de  $\text{CO}_2$ ; esto produce la disolución de la siderita y un incremento de  $\text{Fe(II)}$ . El agua es luego conducida a la parte superior de la segunda columna que está rellena con  $\text{CaCO}_3$  y a la que se le introduce aire; el ión ferroso se oxida rápidamente a  $\text{Fe(III)}$  y precipita como hidróxido de hierro, que es un efectivo adsorbente de  $\text{As(V)}$ . La aireación también remueve el  $\text{CO}_2$  disuelto y esto causa la precipitación de  $\text{CdCO}_3$ . Este procedimiento reduce contenidos iniciales de 1 ppm de arsénico y 3 ppm de cadmio a valores menores que 5 y 10 ppb, respectivamente.

Otro procedimiento (Cáceres y otros, 2002) propone inicialmente clorar el agua cruda para oxidar las especies arsénicas a arseniatos y luego conducir el agua a través de un lecho fijo de lana o limaduras de hierro. Se forma in situ el hierro férrico que actúa como agente adsorbente y floculante. La separación del flóculo se lleva a cabo por adsorción en un filtro de arena silíceo. El proceso muestra ser efectivo para la eliminación de arsénico de aguas contaminadas.