

ARSENICO EN AGUAS SUBTERRANEAS CRITERIOS PARA LA ADOPCION DE LIMITES TOLERABLES

Helio Vazquez; Vilma Ortolani; Gabriel Rizzo; Jorge Bachur; Verónica Pidustwa (*)
Colaboración Especial: Germán Corey, CEPIS-OPS

(*) Gerencia de Control de Calidad
Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ENRESS) de la Provincia de Santa Fe
Córdoba 844 - Piso 5 - (2000) ROSARIO
TE: 0341-4490535/1160 - FAX: 0341-4497774
E-mail: gccenress@sede.unr.edu.ar

Palabras Claves: Arsénico - Mapa de Riesgo - Regulación - Estudio Epidemiológico

Resumen:

Se presenta la metodología que se está utilizando en la provincia de Santa Fe para la adopción de medidas regulatorias con respecto a arsénico en agua de bebida, analizando los antecedentes y avances en la regulación a nivel internacional y describiendo el diseño y componentes del estudio epidemiológico que se está desarrollando a nivel local.

INTRODUCCION

Las aguas subterráneas de la Provincia de Santa Fe de modo natural contienen arsénico en diferentes concentraciones. En una discreta zona de la provincia el tenor de arsénico supera los 50 µg/l.

La Ley Provincial N° 11.220 de 1995 obliga a todos los servicios de agua potable a suministrar agua de bebida con concentraciones de arsénico de 50 µg/l (Límite Recomendado) o menos, dicho límite se basa en el valor guía recomendado por la Organización Mundial de la Salud (**OMS**) en 1985.

Para aquellos servicios de Agua Potable cuyas aguas subterráneas contienen arsénico en concentraciones superiores a 50 µg/l, la ley admite plazos para alcanzar condiciones normales de operación y el límite recomendado, período durante el cual debe el prestador cumplir con el límite obligatorio de 100 µg/l fijado en la ley.

A las incertidumbres propias de la metodología aplicada en la determinación del valor guía para el arsénico en agua de bebida propuesta por la **OMS** en el año 1985, se agrega hoy la propuesta de un nuevo valor provisorio de 10 µg/l, en sus últimas guías de 1993.

Ante la situación planteada y en armonía con las conclusiones de la Reunión Regional sobre Calidad de Agua Potable organizada por la Organización Panamericana de la Salud (**OPS**) en Lima, Perú, en mayo de 1996, donde se recomendó que antes de revisar o actualizar una norma o adoptar nuevos límites se efectúen estudios epidemiológicos locales que complementen las investigaciones realizadas en otras latitudes; el Ente Regulador de Servicios Sanitarios de la Provincia de Santa Fe (**ENRESS**) ha propiciado la realización de un estudio epidemiológico, con el asesoramiento y conducción de la **OPS**, organismo dependiente de la **OMS**.

Dicho estudio permitirá adoptar criterios normativos ajustados a la realidad local.

OBJETIVOS

Debatir durante la reunión la metodología utilizada en la Pcia. de Santa Fe para la aplicación de criterios normativos en calidad de agua de bebida. A tal fin se desarrollan los siguientes puntos:

- Analisis del estado actual de la regulación ambiental del arsénico de acuerdo con diferentes Normas y Guías de Calidad de Agua Potable. Puntos de debate e incertidumbres.
- Descripción del diseño y componentes del estudio epidemiológico que se está desarrollando. Grado de exposición de la población de la provincia según niveles de concentración de arsénico en el agua distribuída por los servicios centralizados de agua. Mapa de riesgo.

ANTECEDENTES

Situación del servicio de agua potable en la Provincia de Santa Fe

La población total provincial estimada a 1999 es de casi 3 millones de habitantes, de la cual el 91% (2.733.555 hab.) es urbana y el 9% (266.086 hab.) es rural. El 86% de la población urbana (2.357.651 hab.) consume agua a través de los 213 servicios centralizados de agua (**Figura 1**).

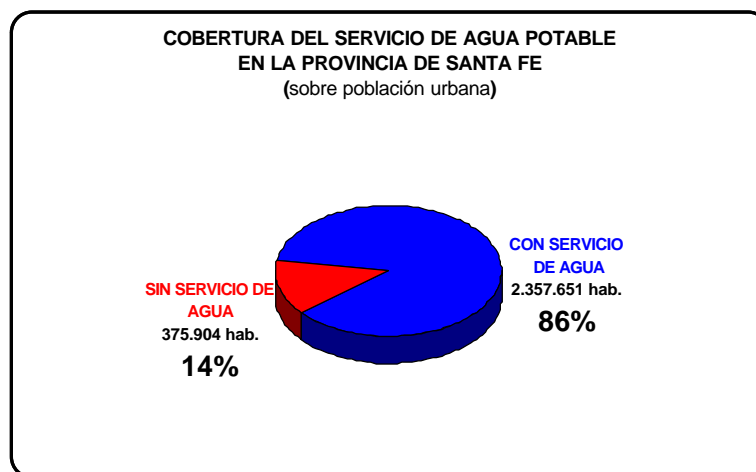


Figura 1

En la Provincia de Santa Fe los servicios centralizados de agua están a cargo de distintos prestadores: Comunas, Municipalidades, Cooperativas y Aguas Provinciales de Santa Fe S.A. (operador privado a cargo del servicio en 15 localidades).

En la **Figura 2** se muestra el número y distribución de los distintos servicios de agua potable según sea el prestador.

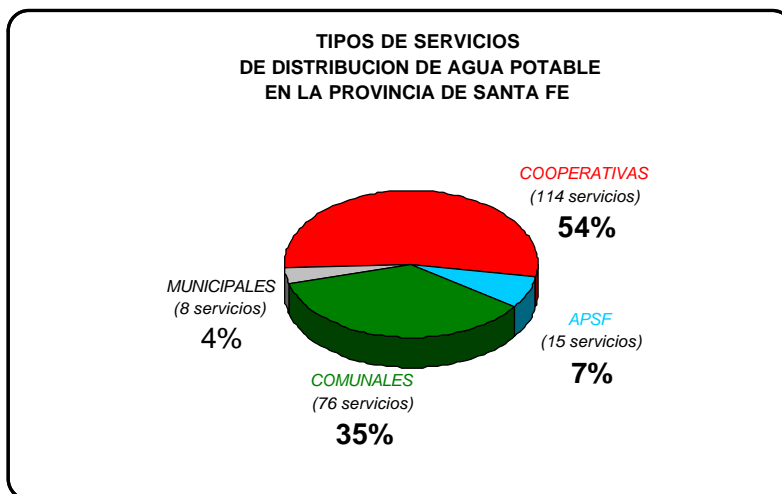


Figura 2

El **ENRESS** tiene a su cargo la regulación y el control de la prestación de los servicios sanitarios, en todo el ámbito de la Provincia de Santa Fe .

De los 213 servicios de agua potable, 196 hacen uso de fuentes subterráneas de agua, abasteciendo a 867.522 hab y 17 servicios suministran agua de fuentes superficiales a 1.490.129 hab (**Figura 3 y 4**).



Figura 3

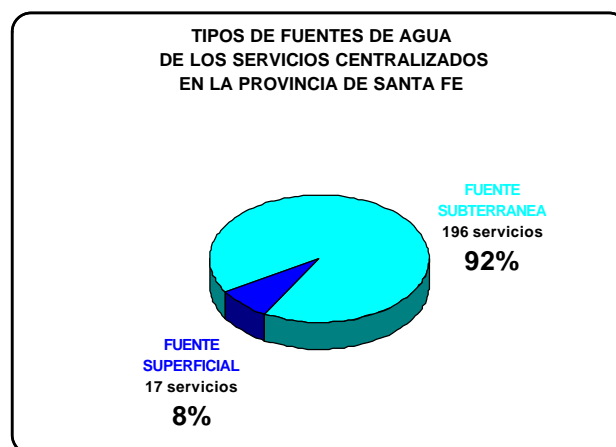


Figura 4

Calidad de las aguas subterráneas-Concentraciones de arsénico

En un sector de la Provincia de Santa Fe las aguas subterráneas poseen en forma natural concentraciones de arsénico mayores a 50 µg/l proveniente de la disolución de minerales, principalmente sulfuros de arsénico (arsenopirita: FeAsS), que se encuentran en mayor proporción en depósitos volcánicos presentes en algunos suelos.

El origen del arsénico en la Región Pampásica Argentina se explica para acuíferos muy profundos a los aportes de sólidos en suspensión provenientes de la Puna y de las Sierras Peripampásicas durante el período Cuaternario que quedaron retenidos en ambientes lagunares. Y para acuíferos menos profundos se debería a la presencia de cenizas volcánicas en los suelos llevadas antiguamente a la zona por acción eólica.

En una franja paralela al río Paraná que cruza la provincia de norte a sur, el acuífero más explotado es el que se encuentra alojado en las arenas Puelches y del cual se obtienen aguas con baja mineralización y de buena calidad en general. En cambio en buena parte del sector oeste de la provincia las arenas Puelches alojan aguas de alta salinidad y en esa zona sólo resultan aprovechables las capas superiores, de bajo caudal y calidad variable, existiendo áreas con ocurrencia de arsénico y flúor.

La Gerencia de Control de Calidad del **ENRESS** efectúa muestreos periódicos en los servicios centralizados de agua y a partir de los análisis de agua que se realizan en laboratorios propios dispone de gran cantidad de datos que describen la calidad de las aguas subterráneas de la provincia.

En la mayor parte de estas aguas el anión dominante es el bicarbonato, salvo en las aguas más salinas en donde predominan los cloruros y los sulfatos, en todas el catión dominante es el sodio. Suelen encontrarse los mayores niveles de arsénico en las aguas bicarbonatadas y de baja dureza, es decir con altas concentraciones de bicarbonatos y baja concentración de calcio y magnesio.

Según Nicolli et.al. existe una mayor movilidad del arseniato en aguas con altas concentraciones de bicarbonatos y pH mayores a 7,5; debido a una disminución en la adsorción del mismo en los óxidos de hierro y aluminio presentes en los sedimentos loésicos. Por lo tanto en las aguas subterráneas pueden encontrarse altas concentraciones de arsénico sólo si las condiciones geoquímicas favorecen su disolución. Existe una fuerte correlación entre arsénico y flúor debida a las condiciones fisicoquímicas del agua que favorecen la migración de ambos compuestos.

En el agua, el arsénico se encuentra en sus estados trivalentes (arsenitos) y pentavalentes (arseniatos), dependiendo del potencial de reducción de los mismos. Los resultados de análisis de especiación de arsénico en agua subterráneas provenientes de perforaciones de diferentes profundidades de tres zonas distintas de la provincia, mostraron que el arsénico se hallaba en su forma oxidada como arseniato.

AVANCES EN LA REGULACION AMBIENTAL DEL ARSENICO

En los últimos años se advierte una tendencia general en países industrializados a reducir los límites máximos permitidos de arsénico en agua de bebida, debido al riesgo carcinogénico del mismo para el ser humano en piel y algunos órganos internos (pulmón, hígado, riñón y vejiga).

En la **Tabla 1** se indican límites y valores guías de arsénico para Agua de Bebida según distintos organismos:

Valores Internacionales		
OMS (Organización Mundial de la Salud)	Valor Guía Provisional	10 µg/l
USEPA (Agencia de Protección Ambiental de U.S.)	Nivel Máximo de Contaminación (MCL)	50 µg/l
CEE (Comunidad Económica Europea)	Concentración Máxima Admisible (MAC)	50µg/l
Valores Nacionales y Provinciales		
CAA (Código Alimentario Argentino)	Concentración Máxima	50µg/l
Provincia de Santa Fe (Anexo A – Ley 11.220)	Límite Obligatorio Límite Recomendado	100µg/l 50µg/l

Tabla 1. Límites y valores guías de Arsénico en Agua de Bebida

La **OMS** en las últimas Guías de Calidad para el Agua Potable de 1993 reduce el valor guía de arsénico en agua de 50 µg/l a un valor provisional de 10µg/l, basándose en un estudio realizado por el Foro de Evaluación de Riesgo de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (**USEPA**) en 1986 sobre evaluación de riesgo.

En ese estudio, la **USEPA** estimó el riesgo de contraer cáncer de piel a partir de un importante estudio epidemiológico realizado en Taiwan (Tseng et al.,1968), donde se observaron más de 40.000 personas que consumían agua proveniente de pozos artesianos con altos contenidos de arsénico, en un rango de 10 a 1820 µg/l, con valores mas frecuentes entre 400 a 600 µg/l.

En la estimación del riesgo se utilizó un modelo de fases múltiples linearizado con respecto a la dosis. Se calculó que la concentración de arsénico en agua asociada con un riesgo individual adicional de contraer cáncer de piel del orden de una cienmilésima es de 0,17 µg/l para una persona de 70 kg que consume 2 litros de agua por día durante toda una vida de 70 años. Con estos antecedentes la **OMS** propone un valor guía provisional de 10 µg/l.

Sin embargo, según se expresa en las mismas Guías para la Calidad de Agua Potable de **OMS** (1993), “puede existir una sobreestimación del riesgo real, debido a la posible contribución de otros factores a la incidencia de esa enfermedad en la población y a posibles variaciones metabólicas dependientes de la dosis que no se tuvieron en cuenta” .

En Estados Unidos, el Máximo Nivel de Contaminante (**MCL**) permitido para arsénico en agua de bebida es de 50 µg/l, establecido por el Servicio Público de Salud, desde 1942. En Febrero de 1995 la Oficina de Agua de la **USEPA** propuso la revisión del **MCL** para arsénico y mediante el Acta de Agua Segura para la Bebida de 1996, se desarrolla una estrategia de investigación con el fin de reducir las incertidumbres asociadas a la valoración de los riesgos, posponiendo la revisión del **MCL** para enero del 2000. Los valores propuestos que se están evaluando son de 2, 5, 10 y 20 µg/l y la reglamentación final se dará en enero del 2001.

A nivel nacional se encuentra vigente mediante Ley N°18.284 el Código Alimentario Argentino (CAA) que en su Artículo 982° establece una concentración máxima de arsénico en agua de bebida de 50 µg/l desde el año 1994. Asimismo se establece que la autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario.

En la Provincia de Santa Fe, la Ley Provincial N°11.220 en vigencia desde el año 1995 obliga a todos los servicios de agua potable a suministrar agua de bebida con concentraciones de arsénico de 50 µg/l o menos. Considerando las características hidrogeológicas de la provincia, en aquellos servicios cuyas aguas subterráneas contienen arsénico en concentraciones superiores a 50 µg/l, la ley prevé se concedan plazos para alcanzar el límite recomendado, admitiendo en dicho período una concentración máxima obligatoria de 100 µg/l; durante dicho período los servicios deberán alcanzar mediante tratamientos correctivos el límite recomendado. El límite adoptado por la Ley 11.220 se basa en el valor guía recomendado por la OMS en 1985.

Puntos de Debate e Incertidumbres:

Existen elementos en debate e incertidumbres asociados a la evaluación del riesgo de efectos cancerígenos y no cancerígenos para el arsénico. Algunos de éstos son de orden general y otros específicamente relacionados con el uso del estudio de Taiwan (Tseng.et.al.,1968) para la cuantificación de los mismos.

Uno de los puntos más importantes de debate es el modelo matemático utilizado en la extrapolación del riesgo desde las dosis encontradas en Taiwan (por concentraciones de 400 a 600 µg/l como las más frecuentes) a dosis bastante más bajas, como ser por concentraciones entre 50 y 100 µg/l. Se ha utilizado un modelo lineal que ha sido cuestionado resultando quizás más apropiado un modelo sublineal.

Incertidumbres de orden general:

- Para el arsénico como carcinógeno se discute actualmente si existe un umbral de toxicidad carcinogénica. El Foro de Evaluación de Riesgo de la USEPA en las conclusiones del "Special Report on Ingested Inorganic Arsenic" indica que: "debido a la carencia de información definitiva sobre los mecanismos de acción carcinogénicos y farmacocinéticos del arsénico, se ha utilizado un modelo lineal para la extrapolación del riesgo desde altas a bajas dosis y la extrapolación lineal puede sobreestimar el riesgo a bajos niveles de exposición. Los riesgos pueden disminuir más rápidamente que lo previsto en un modelo lineal y hasta es posible la existencia de un umbral, pero es necesaria mayor información para desarrollar esta premisa".
- El arsénico es biometilado, predominantemente en hígado, a ácido metilarsónico y ácido dimetilarsínico, proceso fundamental en la desintoxicación porque estos metabolitos han mostrado menor toxicidad en algunos estudios experimentales sobre letalidad. La eficiencia de la metilación depende de la dosis de arsénico y existe una saturación cuando la ingesta supera los 0,50 mg diarios. De esto se deduce que el proceso de detoxificación puede ser diferente para las dosis encontradas en Taiwan con respecto a los niveles existentes en la Provincia de Santa Fe.
- Factores genéticos, dietéticos y otros provenientes del estilo de vida pueden afectar la capacidad de detoxificación en los humanos, factores éstos que no se tuvieron en cuenta en la estimación del riesgo.
- Existe una limitada evidencia de carcinogenicidad del arsénico en animales, en pruebas realizadas con varias formas químicas y por diferentes rutas de exposición en varias especies.

- Los antecedentes disponibles en cuanto a la importancia de realizar análisis de especiación de arsénico en agua son insuficientes y se discute si en la exposición crónica habría diferencia de toxicidad entre el As(III) y el As(V).

Incertidumbres relacionadas con el estudio de Taiwan:

- Las cantidades de arsénico consumido por la población no son bien conocidas, sólo se conocen concentraciones promedio; por lo tanto hay incertidumbres respecto a las diversas dosis de exposición.
- Existen cuestionamientos a la técnica analítica usada para medir los niveles de arsénico en agua.
- Se presume que en Taiwan el agua proveniente de los pozos artesianos contenía otras sustancias posiblemente cancerígenas, además de arsénico. Se ha sugerido, por ejemplo, que los ácidos húmicos presentes podrían ser la causa de la enfermedad del “pie negro” .
- En general, las dietas de los taiwaneses sometidos al estudio, pobres en proteínas, pudieron comprometer su habilidad para detoxificar el arsénico.

El Comité Asesor de Ciencias (Science Advisory Board-**SAB**) de EEUA, en Agosto de 1989 reporta que: (a) los datos de Taiwan son adecuados para concluir que las altas dosis de ingesta de arsénico pueden causar cáncer de piel, (b) el estudio de Taiwan no es concluyente para determinar riesgo de cáncer a los niveles ingeridos en los Estados Unidos, (c) la **SAB** concluye que la curva dosis respuesta es no-lineal a dosis bajas, dato que no se aplicó en la evaluación de riesgo y (d) niveles de As(III) por debajo de 200-250 µg por día pueden ser detoxificados por adición de grupos metilos.

ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO

Los antecedentes sobre contenido de arsénico en el agua de bebida en la provincia son más que suficiente para encarar la realización de un estudio epidemiológico, que permita evaluar el tipo y magnitud de eventuales efectos adversos y definir los criterios regulatorios que el **ENRESS** debe aplicar al otorgar plazos a los prestadores para el cumplimiento del límite recomendado en la ley para el parámetro arsénico.

Este estudio se está realizando con el asesoramiento y conducción de un experto de la **OPS** y encuentra en sus primeras etapas de desarrollo (**Figura 5**).

Los objetivos del estudio epidemiológico se sintetizan a continuación:

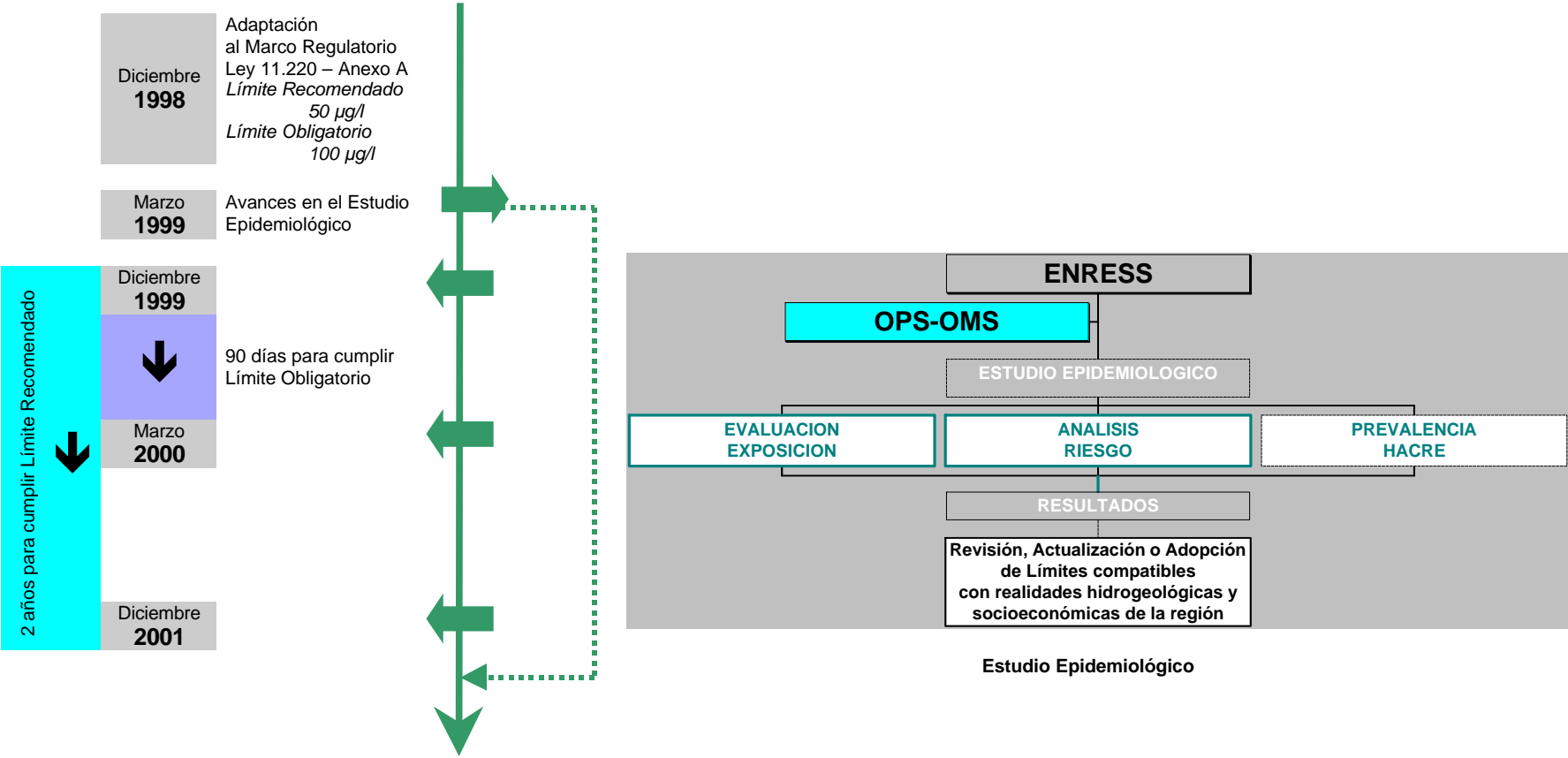
OBJETIVO GENERAL

Evaluar tanto las condiciones y niveles de exposición al arsénico en la Pcia. de Santa Fe, como la ocurrencia de efectos adversos asociados a la misma.

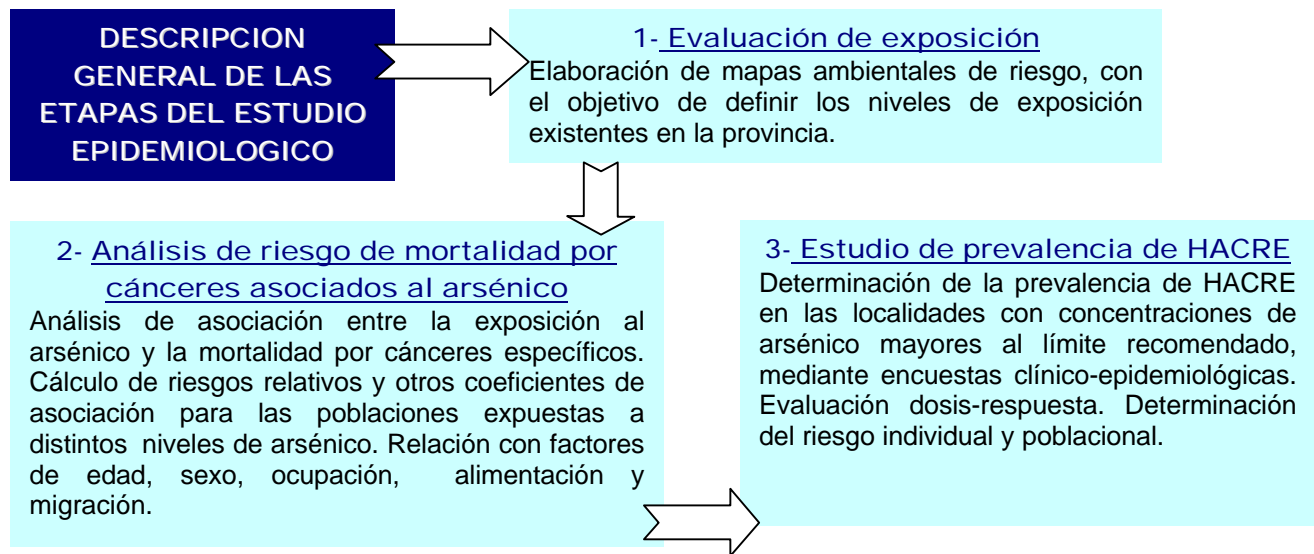
OBJETIVOS PARTICULARES

- Valorar el riesgo de la población que consume agua con concentraciones de Arsénico mayores a 50 µg/l.
- Determinar el límite recomendable máximo compatible con riesgos aceptables .

Figura 5 REGULACION DE ARSENICO EN LA PCIA DE SANTA FE



El estudio epidemiológico consta de tres etapas principales que se detallan:



Etapa1: Descripción de la población de la Pcia. de Santa Fe según nivel de exposición al arsénico en agua de bebida-Mapa de Riesgo (Finalizada).

Esta etapa del trabajo se ha completado. Se ha logrado identificar con criterio espacial y geográfico, a las poblaciones de acuerdo con los diferentes niveles de concentración de arsénico en el agua suministrada por los servicios de agua centralizados de la provincia.

En base a la información disponible, se elaboró un mapa donde se delimitan áreas geográficas de acuerdo a tres categorías de concentraciones de arsénico total: menor a 50 µg/l, entre 50 y 100 µg/l, y mayor a 100 µg/l (**Figura 6**). Las concentraciones de arsénico citadas se refieren a las medidas realizadas en muestras de agua tomadas en la red de distribución de los distintos servicios.

La provincia se encuentra dividida en 19 Departamentos. De acuerdo a las características geoquímicas de los suelos de la provincia, se puede a *grosso modo* trazar de norte a sur una línea que divide a la provincia en dos sectores:

- La franja Este, cuyas aguas subterráneas principalmente provienen del acuífero Puelche, que presenta bajos contenidos de arsénico y en general con una buena calidad química. Este sector es adyacente a la principal fuente superficial de la provincia: el sistema del Paraná en donde según los datos de 1999 el 77% de la población cubierta por servicios centralizados de agua (1.476.419 hab.) recibe agua de fuente superficial (**Figura 7**).
- La franja Oeste, cuyas aguas subterráneas tienen de modo natural concentraciones elevadas de arsénico, y donde para el año 1999 el 97% de la población cubierta por servicios centralizados (422.930 hab.) recibe agua proveniente de fuente subterránea (**Figura 7**).



Figura 6

Los 196 servicios centralizados con aguas subterráneas sirven a un total de 867.522 personas. De estos 196 servicios, 85 se encuentran en la franja oeste, sirviendo a 422.930 habitantes; de esta población, el 44% (185.142) ha estado consumiendo agua con concentración de arsénico de 50 y más $\mu\text{g/l}$ suministrada por 48 de los 85 servicios (Tabla 2-Figuras 8 y 9).

Los 111 servicios centralizados con agua subterránea restantes se encuentran ubicados en la franja este y sirven a 444.592 personas; de éstas sólo el 11% (48.079) ha estado consumiendo agua con arsénico de 50 $\mu\text{g/l}$ y más (Tabla 2- Figuras 8 y 9). De los 2.357.651 habitantes cubiertos en la Provincia por servicios centralizados de agua, 233.221 individuos (10%) han estado consumiendo agua con contenido de arsénico por sobre 50 $\mu\text{g/l}$.

Se desconoce este perfil para el resto de los 641.990 habitantes de la Provincia que no están cubiertos por servicios de agua.

	Población total abastecida	Total de servicios	< 50 $\mu\text{g As/l}$		50 y más $\mu\text{g As/l}$	
			Población	Nº de servicios	Población	Nº de servicios
FRANJA ESTE	444.592 (100%)	111	396.513 (89%)	99	48.079 (11%)	12
FRANJA OESTE	422.930 (100%)	85	237.788 (56%)	37	185.142 (44%)	48
TOTAL	867.522 (100%)	196	634.301 (73%)	136	233.221 (27%)	60

Tabla 2. Distribución de población y de los 196 servicios centralizados con aguas subterráneas, según nivel de arsénico en el agua, y según franjas este y oeste, en la Pcia. de Santa Fe, 1999

Para interpretar la **Tabla 2** y dado que interesa destacar la exposición a largo plazo ocurrida en las poblaciones según los niveles de arsénico en los diferentes servicios, cabe aclarar que en este caso se ha distribuido la población de acuerdo a la exposición histórica al arsénico, independientemente de si algunos servicios han incorporado recientemente el tratamiento con ósmosis inversa u otras alternativas que han mejorado la calidad del agua. Si se quisiera reflejar la situación actual real considerando a estos servicios que han mejorado su situación, las cifras de la columna de "<50 $\mu\text{g/l}$ " se verían incrementadas.

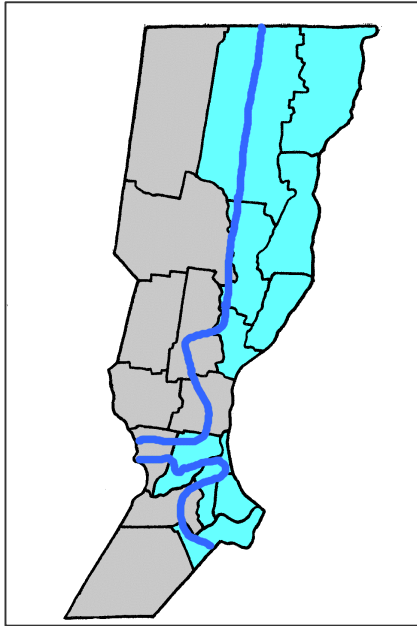
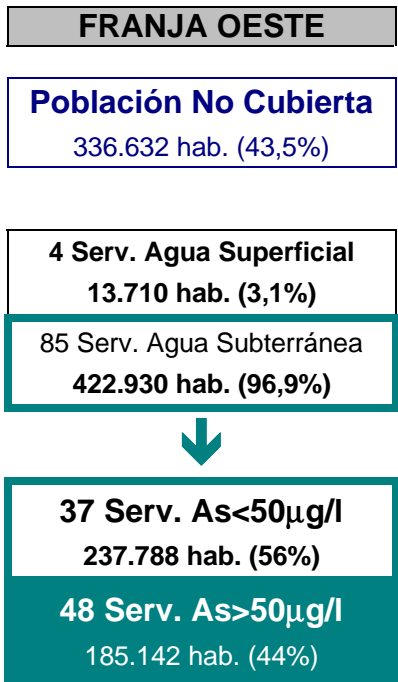


Figura 7. Franja Este y Oeste

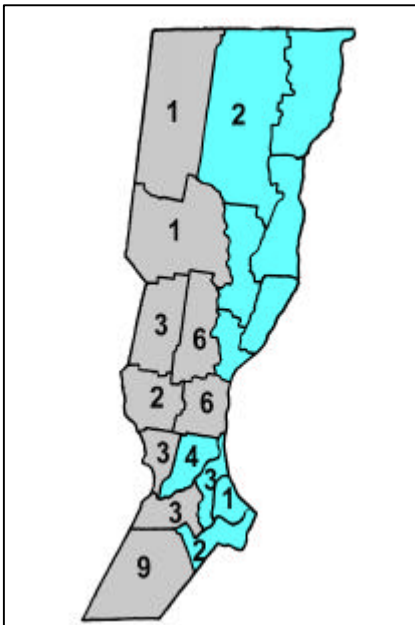
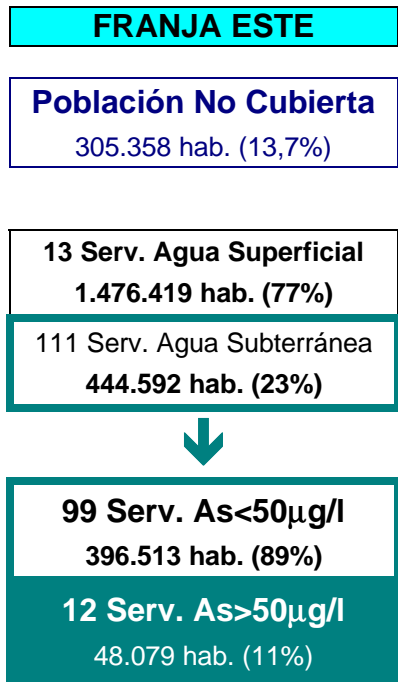


Figura 8. Número de localidades con [As] entre 50 y 100 µg/l por departamento

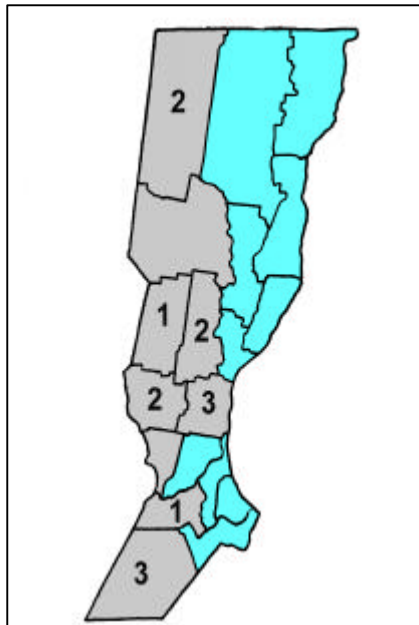
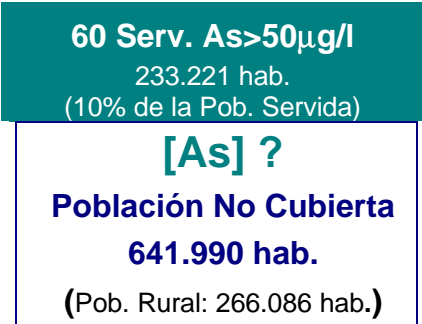


Figura 9. Número de localidades con [As] mayor a 100 µg/l por departamento

En conclusión, la población actualmente bajo riesgo de desarrollar HACRE corresponde a:

- a) Aquella población que recibe agua de servicios centralizados que usan como fuente aguas subterráneas y cuyo contenido de arsénico es de 50 ó más $\mu\text{g/l}$. Esta población a 1999 es del orden de 185.142 personas en la franja oeste y de 48.079 en la franja este, un total de 233.221 individuos en la Provincia, involucrando 60 servicios. El desglose de esta población y del número de localidades, de acuerdo con el nivel de arsénico en agua (nivel de riesgo), se muestra en la **Tabla 3**.
- b) Parte de la población de la Provincia que no está servida por los servicios de agua centralizados y que podría estar consumiendo agua con tenores de arsénico mayores a 50 $\mu\text{g/l}$.

Se presume que la prevalencia de hidroarsenicismo crónico debiera ser mayor en estos grupos y la investigación debe centrarse de preferencia en este tipo de poblaciones, en las localidades con mayores niveles de arsénico en agua y/o con bajas coberturas.

$\mu\text{gAs/L}$	Habitantes	Servicios
50 - 99	192.916	46
100-149	30.280	10
150-199	5.680	2
200 y más	4.345	2
TOTAL	233.221	60

Tabla 3. Habitantes y servicios según niveles de arsénico en agua de servicios centralizados con aguas subterráneas, Provincia de Santa Fe, 1999.

Obs: concentraciones de arsénico sin considerar tratamiento u otra alternativa de mejora incorporada.

Comentarios:

- De los aproximadamente 3.000.000 de habitantes de la Provincia de Santa Fe en 1999, se ha podido identificar claramente a un total de 233.221 individuos que pueden considerarse con riesgo de desarrollar potencialmente HACRE.
- Estas 233.221 personas representan una fracción del universo provincial que recibe agua potable de servicios centralizados (que equivale a 2.357.651 usuarios) y corresponde a un 9,9% de dicho universo.
- Este grupo es motivo de interés primario e inmediato por parte del **ENRESS** y es el sector de la población a ser seleccionado como universo para estudiar la prevalencia del HACRE según diversos niveles de exposición al arsénico.

Etapa 2: Análisis de mortalidad por neoplasias asociadas al arsénico (En desarrollo)

Se efectuará un análisis de asociación y un enfoque de riesgo entre la frecuencia de tumores que podrían estar asociados a la exposición al arsénico a través del agua (piel, pulmón, hígado, riñón y vejiga), según criterios temporales, espaciales, de edad y sexo, mediante la aplicación de software estadísticos apropiados. Se evaluarán factores de confusión como ser el hábito de fumar, factores ocupacionales y migracionales.

Etapa 3: Investigación de HACRE en la Provincia de Santa Fe (En desarrollo)

Esta investigación no es un estudio de causalidad sino que apunta a evaluar la magnitud local de una asociación causa-efecto ya ampliamente demostrada por investigaciones etiológicas previas.

Se evaluarán las poblaciones bajo riesgo de la Provincia de Santa Fe a través de muestras representativas; considerándose población bajo riesgo a aquella que consume agua con contenido de arsénico de más de 50 µg/l. Estas poblaciones y los sectores geográficos en donde se ubican están claramente identificados como ya se explicó en la Etapa 1.

El análisis se hará por localidades ordenadas según diversas categorías de concentraciones de arsénico por encima de 50 µg/l. La población se evaluará además en función de estratos por edades, dada la premisa de que el efecto acumulativo de la exposición al arsénico debiera resultar en una mayor frecuencia del daño a medida que se avanza en edad.

Diseño del estudio:

- Se usará un diseño epidemiológico de tipo transversal (de prevalencia). Dado que el objetivo primario es determinar la prevalencia del HACRE en la Provincia, este diseño es el más indicado, aún cuando no existan evidencias sólidas de que la prevalencia pudiera ser suficientemente alta.
- La distribución del HACRE en la población se analizará en función de la edad, sexo, lugar de residencia actual y anteriores y tiempo en los lugares de residencia. El lugar de residencia se clasificará según el servicio de agua centralizado que lo sirve, según si es agua superficial o subterránea y según los niveles de concentración de arsénico en el agua.
- La magnitud de la exposición se evaluará en función de la concentración promedio del arsénico en el agua de consumo y del tiempo de exposición.

RECOMENDACIONES

La adopción de Límites en una Norma de Calidad de agua para parámetros que tengan **incidencia en la salud**, a partir de Valores guías propuestos por la OMS donde se advierta **cierto grado de incertidumbre y dificultad para alcanzarlo**, debe ser precedido por **estudios epidemiológicos locales**.

Estos estudios permitirán a las autoridades y organismos de control **fundar la revisión, actualización o adopción de límites en agua de bebida** asumiendo riesgos aceptables para diferentes tiempos de exposición **compatibles con las realidades hidrogeológicas y socioeconómicas de la región**.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen la valiosa participación del Dr. Germán Corey, epidemiólogo ambiental del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (**CEPIS**), perteneciente a la **OPS**, quien elaboró el diseño de los estudios de análisis de riesgo y trabajó en el desarrollo de la primer etapa del mismo.

También agradecen la colaboración del personal técnico de los laboratorios de Rosario y Santa Fe del **ENRESS** que participó en tareas de análisis y recopilación de antecedentes.

BIBLIOGRAFIA

1. Bojanich E.; Recursos Hídricos Subterráneos de la Provincia de Santa Fe, Insituto de Investigaciones Científicas y Técnicas, Facultad de Edafología, Universidad Católica de Santa Fe, 1992.
2. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EUA, Agencia para Sutancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, Toxicidad por Arsénico, Estudios de casos en Medicina Ambiental, 1990.
3. Faiguenbaum I.A.; Algunas reflexiones y proposiciones en torno a límites máximos de contenido de arsénico en el agua, XXIV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 1995.

4. Galvao L.A., Evaluación de Riesgos y la salud, Evaluación de Dosis-Respuesta, Seminario de Riesgos Ambientales, 1993.
5. Goransky R., Natale O.; Bases Metodológicas para el Establecimiento de Normas Locales de Calidad de Agua para Consumo Humano, Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental N°26, Junio 1996.
6. Hopenhayn C., Biggs M.L., Fuchs. A., Bergoglio R., Tello E.E., Nicolli H. and Smith A.H.; Bladder Cancer Mortality Associated with Arsenic in Drinking Water in Argentina, Epidemiology 7:117-124, 1996.
7. IARC Monographs Supplement 7, Arsenic and Arsenic Compounds (Group 1).
8. Nacional Research Council, Arsenic in Drinking Water, 1999.
9. Nicolli H., Suriano J., Gomez Peral M., Ferpozzi L., Baleani O.; Groundwater Contamination with Arsenic and Other Trace Elements in an Area of the Pampa, Province of Córdoba, Argentina, Environ. Geol. Water Sci., Vol 14, N°1, 3-16, 1989.
10. Oliva L.; Cáncer y Ambiente. Bases Epidemiológicas para su Investigación y Control, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Programa de Salud Ambiental, OPS-OMS, México, 1990.
11. Organización Mundial de la Salud, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Arsénico, Serie Vigilancia 3, Luis A. Galvao-Germán Corey, 1987.
12. Seminario de Potabilización de Aguas con Arsénico y la Experiencia Chilena en Abatimiento de Arsénico, Colegio de Profesionales de la Ingeniería Civil de la Provincia de Santa Fe, 1997.
13. Smedley P., Nicolli H., Barros A., Tullio J.; Origin and Mobility of arsenic in groundwater from the Pampean Plain, Argentina.
14. Smith A. H. et al, Cancer Risk from Arsenic in Drinking Water Environmental Health Perspectives, vol.97, 1992.
15. Tello E. E.; Arsenicosis Hídricas: Que es el Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico Argentino (HACREA)?, Arch. Argent. Dermat. T. XXXVI, 1986.
16. Trelles R. E.; Arsenicosis Crónica, Cáncer Arsenical, Enfermedad de Bell Ville o Mal de Ayerza, de Investigaciones Técnicas de OSN.
17. Tseng et al.; Prevalence of Skin Cancer in an Endemic Area of Chronic Arsenicism in Taiwan, National Taiwan University, China, 1968.
18. USEPA, Risk Assessment Forum, Special Report on Ingested Inorganic Arsenic, Skin Cancer; Nutritional Essentiality, EPA/625/3-87/013, 1998.
19. USEPA, Office of Water, Arsenic in Drinking Water, Regulatory History, Treatment Technologies Removal, Occurrence of Arsenic, Analytical Methods, Arsenic Research Plan, Health Effects Research, Revised Nov. 17, 1997.
20. USEPA, Arsenic-Freshwater Human Health Criterion for Fish Consumption Appendix A: Agency RFD and Cancer Assessment Process, and Integrated Risk Information System. Appendix B: Health Effects of Arsenic.
21. USEPA, Science Advisory Board, Review of issues related to the regulation of Arsenic in Drinking Water, 1995.
22. Varillas A. E., Analisis Químico de Arsénico en Aguas, Consejo de Investigación-Fac. de Cs. Exactas, Univ. Nac. de Salta, 1995.
23. World Health Organization, Guidelines for drinking-water quality, Geneva, Vol.1, Recomendaciones, 1993.
24. Integrated Risk Information System, Arsenic inorganic, CASRN 7440-38-2, 1993.
25. World Health Organization, Environmental Health Criteria 18, Arsenic, Geneva, 1981.
26. Sancha A.M., O Ryan R., Marchetti N., Ferrecio C., Analisis de Riesgo en la Regulación Ambiental de Toxicos: Caso del Arsénico en Chile.

PLAN DE ACCION

Para desarrollar durante 1999 las actividades relacionadas con los estudios relativos a arsénico en agua y salud, se sugiere el siguiente plan de trabajo, de acuerdo con las tres grandes tareas a desarrollar:

1. Elaborar mapas ambientales de riesgos según las concentraciones de arsénico en los servicios de agua centralizados:

Tiempo y fecha estimados: dos meses, Julio y Agosto de 1999.

Acciones:

- a. Elaborar/obtener mapas separados por Departamentos de la Provincia, todos a la misma escala.
- b. Identificar en cada mapa departamental las localidades y sus áreas geográficas que están cubiertas por los servicios centralizados, tanto con aguas subterráneas como superficiales.
- c. Establecer una escala de colores para diferenciar las áreas con diferentes concentraciones promedio de arsénico según la escala de valores de: $<50 \mu\text{g/l}$, $50-100 \mu\text{g/l}$, $100-150 \mu\text{g/l}$, $150/200 \mu\text{g/l}$ y $>200 \mu\text{g/l}$.
- d. Identificar el nivel promedio de arsénico que tenían previamente los servicios con aguas subterráneas que tienen osmosis inversa recientemente (ubicados en los Departamentos de Castellanos, Las Colonias, Nueve de Julio, San Cristóbal y Vera) y clasificarlos en los mapas según (c) según su condición antes de la osmosis inversa.
- e. En estos mapas identificar el área y su población (número, por descarte) no cubiertos por los servicios centralizados. Esto tendrá importancia para asignar riesgo en los estudios de cáncer y de HACRE.
- f. Obtener la información generada por instituciones provinciales tales como Ministerio de Agricultura, Facultades de Agronomía y otras respecto a estudios sobre contenido de arsénico en productos agrícolas y/o distribución geográfica en los departamentos de las actividades agrícolas mayores que involucran cultivos que concentran preferencialmente arsénico, tales como follajes en general (alfalfa, acelga, espinaca, lechuga, etc.) y bulbos, tubérculos y raíces (papas, rábanos, betarraga, etc.), Esto incidirá en la interpretación de los resultados de los estudios epidemiológicos.

Recursos:

- Mapas departamentales a nivel de localidades.
- Documentos con información hidrogeoquímica de la Provincia.
- Documentos con información sobre distribución de la producción agrícola de la Provincia.
- Software para programa básico de GIS (no estrictamente necesario).

- **Costo estimado:** u\$s 5000 (cinco mil).-

2. Estudio de asociación entre distribución de la mortalidad por cánceres asociados al arsénico y los niveles históricos promedio del arsénico en el agua de bebida. El análisis de la distribución de los cánceres seleccionados se hará según criterios temporales, espaciales, de edad y de sexo. Esta tarea se desarrollará en tres etapas, tanto in situ como coordinadas a distancia por un consultor externo.

Etapa 1: Organización del trabajo.

Tiempo y fecha estimados: 2 semanas, en Junio, la primera semana se puede hacer a distancia vía e-mail y luego una visita del consultor de cinco días.

Incluye:

- Precisar los objetivos del trabajo.
- Analizar la información disponible, cantidad de datos, series históricas, calidad y consistencia.
- Identificar otros parámetros necesarios a usar.
- Revisar la forma como se encuentran archivados los datos, formularios, medios magnéticos, compatibilidad, etc.
- Definir y crear la estructura de base de datos a usar.
- Instalar la base de datos y dejarla funcionando.

Etapa 2: Rescate de información.

Tiempo y fecha estimados: 5-6 semanas, Julio-Agosto, aunque ello dependerá de la cantidad de información y del recurso humano del nivel local, que será el responsable de esta etapa.

Incluye:

- Captura de datos en la base, por digitación, traspaso de datos, etc.

Etapa 3: Análisis de la información.

Tiempo y fecha estimados: 4-6 semanas, Septiembre-Octubre, si hay buena coordinación y una contraparte local que se maneje bien en los programas la mayor parte de este trabajo puede ser vía e-mail, con una visita al final del período por tres a cinco días (fines de Septiembre).

Incluye:

- Validar técnica y estadísticamente los datos contenidos en la base de datos.
- Definir y elaborar tablas de cálculo.
- Definir cruces de variables y como estructurar la información.
- Aplicar programas estadísticos.
- Analizar epidemiológica y estadísticamente la información.
- Interpretar los datos.
- Elaborar informe final si se requiere.

Recursos:

- PC Pentium II, mínimo 64 MB de RAM
- Software: MS Office 97 incluyendo Word, Excel, Access Fox-Pro para WINDOWS (solo si fuera necesario) Epi-Info, Stata (para análisis estadístico)
- Otros a precisar según necesidad.

- **Costo estimado:** u\$s 15.000.- (quince mil).

3. Estudio epidemiológico de prevalencia de efectos adversos, especialmente de HACRE, por exposición oral al arsénico. Esta tarea se hará en tres etapas, tanto in situ como por acciones a distancia por un consultor externo.

Tiempo total y fechas estimados: 8 meses, a partir de Julio-Agosto de 1.999.

Etapa 1: Acciones preparatorias (Mayo-Agosto de 1.999).

- a. Explorar en medios clínicos locales (Cátedras de Dermatología, Asociación Dermatológica de Santa Fe, Asociación Médica de Santa Fe, etc.) así como en las revistas nacionales sobre dermatología, la información que oriente sobre prevalencia del HACRE encontrada en estudios locales.
- b. Precisar los objetivos del estudio.

- c. Invitar al Ministerio de Salud, Facultades de Medicina y Servicios de Dermatología, a participar en el estudio.
- d. Definir la participación de las instituciones colorantes e identificar una contraparte profesional en cada una de ellas.
- e. Elaborar el protocolo de la investigación, definir las necesidades de recursos humanos, de laboratorio, de apoyo logístico y de recursos financieros que se necesitarán.
- f. Elaborar la encuesta clínico epidemiológica.
- g. Capacitar a los encuestadores.
- h. Validar la encuesta con una prueba en terreno.
- i. Elaborar la estructura de la base de datos para capturar y procesar los resultados de la encuesta.

Items (a), (c) y (d) deben ser efectuados por funcionarios del Ente Regulador de Servicios Sanitarios de preferencia entre Mayo y Julio. Items (b), (e), (f) e (i) serán efectuados por consultor externo entre Julio y Agosto. Items (g) y (h) deben ser hechos por el Ministerio de Salud, dermatólogos y/o Facultad de Medicina, durante Agosto.

Etapa 2: Acciones en terreno (Septiembre-Noviembre 1999):

- a. Aplicar encuesta en terreno a muestra representativa de la población; acción desarrollada por equipos de encuestadores supervisados por profesionales institucionales designados.
- b. Captura de resultados en la base de datos, con recursos humanos locales.

Etapa 3: Análisis de la información y resultados (Noviembre-Diciembre 1999):

- **Costo estimado:** u\$s 50000 (cincuenta mil).-

Advertir que los Costos estimados para éstas tareas eventualmente podrían modificarse.-