



PRESENCIA DE  
**FLUOR, ARSENICO**  
Y OTROS OLIGOELEMENTOS  
EN LAS AGUAS  
PARA CONSUMO HUMANO  
DE LA PAMPA

---

*Lic. Castro Eduardo <sup>(1)(3)</sup>*

*Lic. Schulz Carlos <sup>(1)(2)</sup>*

*Lic. Mariño Eduardo <sup>(1)</sup>*

<sup>(1)</sup> IAMA - Facultad de C. Exactas y Naturales de la U.N.L.Pam

<sup>(2)</sup> Facultad de Ciencias Humanas de la U.N.L.Pam

<sup>(3)</sup> Dirección de Aguas de la Provincia de La Pampa.

## Abstract

### THE PRESENCE OF FLUORIDE, ARSENIC AND OTHER TRACE ELEMENTS IN WATERS FOR HUMAN CONSUMPTION IN LA PAMPA

**T**he provincial, national and international organisations in charge of administering water resources adopt diverse criteria to establish the limit contents of Fluoride and Arsenic allowable for human consumption. Although such a situation is contemplated in the large existent bibliography, a criterion on the matter has not yet been defined. It is worth wondering then if rigid norms should be established or if they should be adapted to the possibilities of the region, on the basis of previous studies of a geographic, socioeconomic, cultural, and hydrological characterisation.

The present work, which finds support on the second alternative, has as a general objective a generalised analysis about the problem of the content of these ions in underground water for human consumption, starting from its physicochemical properties, in order to determine the factor conditioning the quality of the resource.

## Resumen

**L**os organismos provinciales, nacionales e internacionales encargados de la gestión de recursos hídricos adoptan diversos criterios para establecer los contenidos límites de Flúor y Arsénico permisibles para consumo humano. Si bien tal situación está contemplada en la numerosa bibliografía existente, aún no se ha definido un criterio al respecto. Cabe preguntarse entonces, si deben establecerse normas rígidas o adaptadas a las posibilidades regionales, tomando como base estudios previos de caracterización geográficas, socioeconómicas, culturales , hidrológicas, etc.

El presente trabajo, que se sustenta en la segunda alternativa, tiene como objetivo general el análisis integral sobre la problemática del contenido de estos iones en el agua subterránea destinada a consumo humano, a partir de sus propiedades físico-químicas, con el fin de determinar los factores que condicionan la calidad del recurso.

## Introducción

El agua, cuya constitución molecular es  $H_2O$ , prácticamente no existe en estado puro en la naturaleza sino que, como resultado de la interacción con los gases y polvo atmosférico primero, y luego de precipitada, el contacto con los sedimentos de los terrenos que las contienen o recorre después (puesto que es dinámica), va incorporando en solución diversas sustancias, algunas de ellas en cantidades apreciables, tales como el Cloro bajo forma de cloruros ( $Cl^-$ ), el Calcio ( $Ca^{++}$ ) o el Sodio ( $Na^+$ ) y otros elementos en cantidades menores o trazas, como el Flúor y el Arsénico, ambos de carácter tóxico cuando su presencia supera determinados límites, mientras que su ausencia también ocasiona trastornos en la salud.

En la Provincia de La Pampa, el agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento. Ello significa que depende casi exclusivamente de este recurso que, aún con limitaciones económicas coyunturales, constituye un elemento primordial para el desarrollo de la misma. La provincia, en consecuencia, tiene una dependencia de aprovisionamiento de agua potable de sus acuíferos que se encuentran ubicados en el centro-este de la misma.

En su gran mayoría, las áreas urbanas de La Pampa cuentan con servicios de provisión de agua. De la totalidad de la población, 242.000 habitantes cuentan con el servicio, representando un 93% de los mismos, mientras que el resto habita en el sector rural dependiendo también casi exclusivamente de estos acuíferos. Extensas regiones de nuestra provincia ven disminuidas las posibilidades de obtener agua potable por presentarse éstas con elevados concentraciones de elementos químicos, principalmente Flúor y Arsénico, lo que las hace no aptas para el consumo humano. Este aspecto plantea en consecuencia un grave inconveniente, ya que existen localidades en que la presencia del primero de ellos supera los 20 mg/l, siendo sus límites aprox. 2,0 mg/l, mientras que

el segundo elemento también supera holgadamente lo sugerible por la O.M.S. de 0.18 mg/l.

La explotación en consecuencia, se encuentra sumamente restringida por el contenido en estos dos oligoelementos citados, representando un cierto grado de complejidad el poder delimitar zonas con distintos valores, principalmente de flúor, ya que su anárquico comportamiento es distinto según se lo considere en su distribución horizontal o vertical.

Se ha demostrado científicamente que no hay grandes diferencias entre el Flúor que contiene las aguas subterráneas y el que es añadido artificialmente. En ese sentido, existen numerosos estudios médicos que aseveran que la incidencia de las caries dentales, principalmente en la población infantil, disminuye en las zonas cuya agua de abastecimiento se ha fluorado debido a las bajas concentraciones naturales del mismo. Sin lugar a dudas, éstos estudios se circunscriben a grandes urbes, tales como Buenos Aires en nuestro país, donde este gran conglomerado urbano es abastecido mayoritariamente por aguas de origen superficial. Ello ha significado por consiguiente introducir falsas pautas culturales que han llegado hasta el límite de producir en forma masiva y sugerir publicitariamente el consumo de determinados productos de higiene dental fluorados, bifluorados y hasta trifluorados, cuando en realidad en zonas del interior del país, como es nuestro caso, se hacen ingentes esfuerzos, sanitarios y presupuestarios, tendientes a eliminar los excesos de Flúor existentes en el agua de consumo. Ejemplos de este tipo sobran en nuestra provincia, sobre todo en áreas que sobresalen del resto por sus elevados contenidos en Flúor y Arsénico, como son: el sector SE de la provincia representado por las localidades de Bernasconi, Gral. San Martín y Jacinto Aráuz, la zona central compuesta por Ataliva Roca, Eduardo Castex, y otras zonas tales como Uriburu,

Colonia Barón, Villa Mirasol, Arata, Ingeniero Luiggi, Embajador Martini, etc., donde existen valores que van desde los 3 mg/l hasta valores superiores a 15 mg/l. en lo que se refiere al Flúor y valores muy superiores a los permisibles en lo que hace el Arsénico.

En lo atinente a las condiciones de potabilidad que debe reunir el agua, desde el punto de vista organoléptico, ha existido y existe al respecto un marcado interés médico, a punto tal de constituir altas especializaciones al respecto. Sin embargo, dicho interés no se ha manifestado en el mismo sentido desde el punto de vista inorgánico o si se quiere, físico-químico. Es muy poco frecuente que el médico de una localidad de nuestra provincia, al menos en la mayoría de los que se ha entrevistado, conozca acabadamente las características físico-químicas de las aguas de la región y su zona de influencia, como así los límites permisibles para consumo humano y, por consiguiente, cual es la implicancia, riesgos y consecuencias que ello tiene para la salud. Tal vez en este aspecto juega a su favor que, en realidad no existen estadísticas hospitalarias al respecto que efectúe un monitoreo de esta circunstancia y las que desde hace pocos años existen a nivel odontológico, con buen criterio por parte del Ministerio de Bienestar Social de la Provincia, solo se circunscriben a la población infantil primaria sin efectuar un seguimiento posterior, así como tampoco la determinación de los lugares de nacimiento, tiempos de residencia de los mismos en otras localidades, etc.

### **Comportamiento Geoquímico del Flúor**

Si se tiene en cuenta que la roca base que origina los sedimentos que conforman el acuífero del cual posteriormente se extraerá agua, es lógico suponer que pueda contener minerales en cantidades importantes y que entre éstos contengan los que contienen Flúor y además que potencialmente puedan ser libe-

rados al flujo subterráneo. En ese sentido, Robinson, (et-al, 1946); ha señalado que alteraciones de muscovita, biotitas y hornblenda, todos de frecuente aparición en sedimentos de perforaciones en nuestra provincia, representan una fuente natural de Flúor. Otro factor importante a tener en cuenta y que a juicio de los autores habría que profundizar en las investigaciones científicas, es que puede afirmarse que la fijación del Flúor en arcillas obedece al reemplazo de grupos  $\text{OH}^-$  con el consecuente cambio de PH de las soluciones percolantes.

Si se tiene en cuenta la configuración sedimentológica del acuífero madre de La Pampa, puede explicarse la presencia de este fenómeno en el acuífero ubicado al E de Anguil estudiados por Castro, E y Tullio J., 1989, en oportunidad de efectuar la II Etapa del estudio hidrogeológico de exploración y explotación del Plan Director de Agua y Saneamiento para Santa Rosa. En efecto, se cree que el fenómeno de inversión de flúor en ese sector del acuífero se debe a la circunstancia descripta y a algunas otras cuestiones de tipo hidrodinámico.

El comportamiento generalmente errático del Flúor y Arsénico demuestra la complejidad extrema sobre la determinación de su presencia y su predicción. Existen serias dificultades para relacionar las variaciones de las concentraciones de estos elementos con los restantes iones mayoritarios en el agua debido a la anarquía de patrones de distribución en los acuíferos. Puede citarse a Usunoff, E., 1988 a y b), estudioso del tema en cuestión que dice: " ....las variables principales que definen el mayor o menor grado de interacción del Flúor con el medio sólido, son: el PH, la solubilidad de minerales portadores de flúor, la composición de las soluciones percolantes, el intercambio de Fluoruros por grupos  $\text{OH}^-$ , la presencia y tipo de óxidos minerales, etc".

Desde el punto de vista teórico, los químicos explican y pueden predecir has-

ta las concentraciones que tendrá el agua en base al control que ejerce la fase mineral portadora del Flúor que se encuentre presente y que posea la menor solubilidad. No obstante ello, puede decirse desde la hidrogeoquímica, que esta posición es extremadamente simplista por las condiciones ideales que debe cumplir:

- a) El Fluoruro tiene que ser la única especie de Flúor que presente la solución.
- b) No se consideran las interacciones con otros iones y otros minerales,
- c) El mineral portador de Flúor está presente en cantidades limitadas,
- d) El PH es constante y se corresponde con el que requiere el equilibrio con el mineral portador,
- e) No se tienen en cuenta los fenómenos de cinética química.

Como puede observarse, las condiciones requeridas para poder predecir concentraciones del elemento en cuestión son prácticamente imposibles de su existencia en una normal y natural distribución acuífera.

Sí puede citarse en cambio que, aunque desarrollada en forma parcial, es posible avanzar en el concepto del equilibrio parcial o local y que puede explicarse mas acertadamente mediante el postulado de Kraynov, 1980; que indica..." que un sistema que regionalmente se encuentra en desequilibrio (como es el caso de varios acuíferos de nuestra provincia); puede ser dividido o sectorizado en varias partes menores o celdas que cumplen con la condición de equilibrio químico en un momento dado. Estas zona mas pequeñas que se encuentran en equilibrio local, no están en equilibrio entre sí, lo que reflejaría el estado de desequilibrio general del sistema hidroquímico mayor". Esta situación podría explicar, en alguna manera, los desequilibrios que presentan algunos acuíferos en nuestra provincia cuando en muy poca distancia y a las mis-

mas profundidades, las variaciones del Flúor son por demás significativas como para interpretarse y relacionarse solamente estas variaciones temporales al productos de los efectos de las precipitaciones y/o explotaciones. Aunque numerosos, citaremos solo un ejemplo de esta naturaleza: la localidad de Ing. Luiggi.

No resulta para nada sencillo en consecuencia establecer los mecanismos que gobiernan el aporte de sales por parte de los sedimentos que conforman la zona no saturada (ZNS) y zona saturada (ZS) al agua subterránea en el tiempo de contacto entre ésta y el material que la contiene. En este fenómeno deben contemplarse una serie de factores y parámetros tales como la alterabilidad de los materiales ante el disolvente universal, las condiciones climáticas, la química de las aguas de recarga, los tiempos de contacto, la sinuosidad del camino recorrido, los procesos biológicos que se han llevado a cabo en su transcurso, los parámetros hidrogeológicos tales como la Transmisividad, Permeabilidad, Coeficiente de Almacenamiento, etc., todos factores éstos que escapan a los propósitos del presente trabajo.

### **Comportamiento Geoquímico del Arsénico:**

El Arsénico se ubica como el 53° elemento en abundancia en la corteza terrestre y están ampliamente distribuidos en asociación con otros minerales, siendo los mas comunes aquellos en que el Arsénico está combinado con el Azufre, Fe y Ni (rejalgar), etc. El contenido de As en aguas naturales dulces varía en un amplio rango, dependiendo su concentración de la geoquímica de la región, la proximidad de trabajos industriales que lo originen y a otras actividades humanas.

Básicamente, puede existir con los estados de valencia -3, 0, +3 y +5 y forma

una amplia variedad de compuestos con una gran cantidad de elementos. No obstante, los dos estados mas comunes en la naturaleza son el  $As^{+3}$  y  $As^{+5}$ . El primero de ellos se presenta como Arsenito que es la forma predominante en condiciones anaeróbicas y puede estar presente en aguas superficiales si la oxidación del  $As^{+5}$  es incompleta. El  $As^{+5}$  como Arsenato y es la forma mas estable en condiciones aeróbicas y aguas. Estudios recientes han sugerido que la actividad bacteriana puede convertir el arsenato en arsenito en el océano abierto y aguas superficiales. Presenta además, el  $As^{+3}$ , una fuerte afinidad con el Azufre y adsorbe y coprecipita con otros sulfuros metálicos. No obstante conviene citar que, tanto el  $As^{+3}$  como el  $As^{+5}$  forman cadenas estables con el Carbono resultando varios compuestos órgano-arsenicales, algunos de los cuales son muy tóxicos produciendo la inactivación de las enzimas. De allí su toxicidad.

### **Algunos de los efectos que el Flúor y el Arsénico causan en el hombre:**

En lo que concierne al Arsénico, es de destacar los inconvenientes que ocasiona su consumo en exceso, tales como el hidroarsenicismo crónico, enfermedad endémica de nuestro país, países de Latinoamérica y países de los llamados del tercer mundo, que contiene implícito un grave inconveniente de alto contenido social. En ese sentido es profusa la bibliografía existente que no se circunscribe solamente a la descripción de los daños tales como cáncer de piel y pulmón, sino como se ha constatado en trabajos citados en la bibliografía, efectos crónicos de tipo general tales como pérdida de apetito, peso, daños hepáticos, distintos tipos de dermatosis, enfermedades vasculares periféricas, mutagénesis, teratogénesis, etc. Está comprobado fehacientemente por estudios médicos que datan desde comienzos del siglo, que el Arsénico es un metaloide de reconocida capacidad tóxica, cuya ingesta en valores elevados y muy superiores a los permisibles para consumo, produce hidroarsenicismo crónico mani-

festado en traumatismos en la piel, aparato respiratorio, aparato digestivo, aparato genito urinario, etc. El contacto ambiental prolongado y la exposición ocupacional, llevan a la hiperpigmentación y/o dermatitis, ulceración crónica de la piel y neuritis periférica (Wagner, 1972, Smith, 1972). Si bien se cita en el mismo estudio que en los humanos el arsénico no se acumula en órganos tales como riñón, hígado o piel, la exposición al mismo tiene un efecto acumulativo en algunos tejidos del cuerpo.

En síntesis, hay evidencias que indican que el Arsénico es carcinógeno para los seres humanos en cuanto se superan los límites establecidos para su consumo, teniendo en cuenta que su ausencia también es perjudicial, debido a que interviene activamente, por ejemplo, en el crecimiento y rigidez de las uñas. No obstante ello, existe al respecto cierta anarquía de criterios en sus valores limitantes, puesto que en nuestro país, por ejemplo, se establece en líneas generales valores entre 0,15 a 0,18 mg/l, mientras que en otros países, como los Estados Unidos de América, Canadá, etc., los límites máximos no superan los 0.05 mg/l (Cohen. P.,1977; Carriker et-al, 1976; Foley.S. y Misinghan,P. 1977).

Los efectos que produce el Flúor en el hombre se pueden considerar desde dos puntos de vista antagónicos: a) beneficiosos y b) perjudiciales o nocivos. En el primero de los casos, las aguas empleadas para bebida humana que contienen una proporción no mayor de 1,0 a 1.5 mg/l de flúor protegen las dentaduras de los niños desde los primeros años de sus vidas hasta la adolescencia y, además, numerosos estudios en los últimos 25 años han demostrado que el flúor, en determinadas concentraciones, produce un aumento significativo en el volumen y formación del hueso en tratamientos para reponerlo debido a pérdida por resorción, dependiendo dicho tratamiento de la dosis administrada y del tiempo

del mismo (Correo Farmacéutico Nº 27).

En el segundo de los casos, b), si el contenido en el agua sobrepasa ciertos límites, 3,0 mg/l o más, aparecerá en un 30% o más de los adolescentes con el esmalte de la dentadura moteado o vetado, en algunos casos con un tinte amarillento o bien si la concentración es mayor a la citada, el tinte se intensificará más aún cuando aumenta el contenido de flúor en el agua de bebida, por ejemplo mayor que 3.5 a 4 mg/l, llegando en algunos casos no solo al color vetado, intensamente marrón o negro, sino también a la malformación dentaria por irregular implantación de las piezas. Otro inconveniente que origina el exceso de flúor es a nivel óseo. En efecto, la osteósis fluórica u osteopetrosis y osteomalacia, son ejemplos de las mismas. Además de ello, se han comprobado por las mismas causas alteraciones en los ligamentos y músculos, con osificaciones, lo que ocasiona en el paciente dolores intensos y limitación en los movimientos. Estas últimas circunstancias han sido estudiadas por el Dr. Kay Roholm, 1937, quién consideró tres bases principales del cambio estructural del sistema óseo. En la primera fase afecta a la columna lumbar y los huesos de la pelvis, con aumento de su densidad. En la segunda fase se agrega la afectación de las costillas y en la tercera fase afecta al cráneo, dañando los huesillos del oído, produciendo sordera.

No obstante lo citado precedentemente, tampoco en este caso existen límites rígidos y uniformes que establezcan una unanimidad de criterios referente a las cantidades standard aptas para consumo. Sin embargo, de acuerdo a las últimas tendencias con respecto a la fijación de valores máximos y mínimos permisibles para consumo humano, se ha puesto mucho énfasis en tener en cuenta la temperatura media. Si bien es cierto que no son muchos los estudios científicos existentes, o al menos conocidos por los autores, que hagan referencia

específica a este tema, se sabe que la Temperatura es un elemento o factor que interviene fundamentalmente en la disolución en medio naturales de minerales que contengan flúor y consecuentemente también la temperatura modificará algunos fenómenos físicos, como los cinéticos que, en última instancia, controlarán estos procesos. Se sabe por Arrhenius, 1889; que la  $T^{\circ}$  juega un rol fundamental en la modificación de soluciones químicas, así es que postuló que:

$$K = A e^{-E_a/RT}$$

siendo K = Constante de Avance de la reacción, A = factor pre-exponencial;  $E_a$  = Energía de activación expresada en K cal/mol  $^{\circ}$ K; R = Const. Univer.de los Gases ( $1.987 \times 10^{-3}$  K cal/mol  $^{\circ}$ K) y T es la Temperatura absoluta en  $^{\circ}$  K.

Como puede fácilmente deducirse de la ecuación, a mayor temperatura, mayor será la energía cinética del sistema y por lo consiguiente mayor será la constante de avance de la reacción.

En el cuadro siguiente, se pueden observar las concentraciones límites de flúor en función de la temperatura, datos éstos extraídos del Documento Técnico 1 de las Normas de Calidad de Aguas de Bebidas, editado por el Consejo Federal de entidades de Servicios Sanitarios:



Temperaturas Medias Anuales	Límite Inferior	Límite Superior
10 a 12 ° C	0.9 mg/l	2.5 mg/l
12.1 a 14.6	0.8	1.5
14.7 a 17.6	0.8	1.3
17.7 a 21.4	0.7	1.2
21.5 a 26.2	0.7	1
26.3 a 32.6	0.6	0.8

Fuente de Información: Maier, Franz, et-al. Fluoración de Agua Potable.

Publicación Científica N° 203 - OPS-OMS, 1971.-

Como puede observarse en la tabla que precede, parece ser que la tolerancia del organismo es inversamente proporcional a la temperatura y esto tiene una explicación que tiene que ver con lo descrito anteriormente (mayor energía cinética, Arrhenius).

No obstante, debe convenirse que en esta cuestión de valores limitantes, se pone de manifiesto cierta dinámica en los criterios empleados. En Abril de 2000, la Environmental Protection Agency de los EEUU, ha actualizado los valores máximos para consumo humano de agua de bebida y fija para **Arsénico en 0,05 mg/l y para Flúor 4 mg/l**. Estos nuevos valores varían todos los parámetros anteriores y como consecuencia de ello exige un replanteo integral en cuanto a la forma de visualizar, tanto desde el punto de vista sanitario como hidrológico, la gestión del recurso, puesto que esta circunstancia modificaría en forma sustancial la cuantificación de las reservas de agua apta para consumo humano.

Es a partir de lo expuesto y de manera muy genérica, que los autores trataron de profundizar en el comportamiento de los elementos constitutivos del agua, con énfasis en el Flúor y Arsénico y relacionar, mediante una encuesta, la presencia de estos elementos con la ingesta de agua en algunas localidades de nuestra provincia que presentan esta problemática.

### **Información y Análisis de la Encuesta realizada en Quemú Quemú**

Se realizó en la localidad de Quemú Quemú una encuesta sobre 252 familias usuarias del servicio de agua potable que opera la Cooperativa. En este sentido, se cree necesario puntualizar las características más salientes de este servicio que fue realizado en la década del '70, dotándolo de una planta de intercambio iónico por medio de fosfato tricálcico. Dicha planta dejó de operar cinco años más tarde, no obstante su óptimo rendimiento, por falta de presupuesto para dotarlo de su insumo principal, es decir el fosfato tricálcico.

En virtud de los acontecimientos mencionados en el párrafo anterior, se realizó años más tarde un nuevo estudio de fuentes hídricas subterráneas tendiente a dotar de agua potable a la localidad. Como ocurrió en casi toda la provincia, se encontraron acuíferos alternativos en las inmediaciones y a partir del año 1988 se construyó una nueva batería de pozos de explotación que brindan en la actualidad agua potable a la localidad.

Como se consigna en el cuadro siguiente, la encuesta se realizó sobre 252 propiedades, involucrando un total de 911 individuos, muestras éstas que se consideran representativas de la localidad de referencia.

Del análisis de la totalidad de los datos recogidos, se expone la síntesis en el siguiente cuadro:

	Cantidad	Origen	%	Obs.
<b>Familias Entrevistadas</b>	252		100	
<b>Habitantes Involucrados</b>	911		100	
<b>Enfermedades Hídricas</b>	33	Bacteriológico	3,6224	
<b>Personas con Fluorosis</b>	334		36,633	
De 0 a 10 años	27		8,033	
De 10 a 20 años	68		20,359	
De 20 a 40 años	122		36,627	
De 40 a 70 años	117		35,030	
<b>De 20 a 70 años</b>	<b>239</b>		<b>71,5</b>	
<b>Personas con Fracturas</b>	43		4,72	
De 0 a 10 años	7		16,27	
De 10 a 20 años	9		20,93	
De 20 a 40 años	6		13,95	
De 40 a 70 años	21		48,84	
De 20 a 70 años	27		62,7	

Como se desprende del cuadro respectivo, casi 1,5 individuos de cada familia tiene fluorosis.

Es importante observar el alto porcentaje que representan la suma de los individuos entre 20 y 70 años con esta problemática. En efecto, representan el 71 % del total. Esto equivale decir que si tenemos en cuenta la edad de los mismos, hay una coincidencia llamativa entre la fecha de ingesta de flúor en el agua con la fecha en que la población consumía agua de extracción casera por bombeadores ante la ausencia de servicio de provisión de agua potable domiciliaria, tal cual se menciona en párrafos anteriores. En consecuencia, se pue-

de afirmar, con un alto grado de certeza, que la fluorosis que presentan los individuos entre estas edades, se debe fundamentalmente al consumo de agua con elevados tenores de flúor.

En lo que respecta al grupo que va en los individuos desde los 0 a 10 años, se observa un notable decrecimiento en esta patología y un porcentaje comparativamente bajo con respecto al resto, es decir solo el 8,033 %, guarismos éstos que deben relacionarse teniendo en cuenta nuestra región y no otras regiones del país donde estos porcentaje serían preocupantes.

Con relación al grupo restante, es decir desde los 10 a los 20 años, se observa un notable crecimiento con respecto al anterior. En efecto, se observa en este caso un porcentaje de 20,359 % y es dable consignar que un gran número de entrevistados con edades muy cercanas al límite del tópico, comprenden la mayoría de individuos con este problema. Quiere decir entonces que la causa es coincidente con lo manifestado en el grupo de entre los 20 a los 70 años.

En lo que refiere a las fracturas que es otro de los inconvenientes manifestados en la salud humana, citados en el presente trabajo, que se origina a partir de la ingesta de aguas subterráneas con altos tenores de flúor, la encuesta parece demostrar que el problema no tiene igual magnitud o importancia que la fluorosis dentaria, ya que son bajos los porcentajes determinados, sólo 43 casos del total, lo que representa un 4,7 % de los entrevistados. No obstante ello, puede observarse una tendencia, con respecto a las edades, distinto al analizado en el caso anterior. Obviamente, si analizamos los dos últimos grupos, es decir los individuos que están en el intervalo que va desde los 20 a los 70 años, representan el 62,79 % del total de los fracturados. No obstante ello, si consideramos a la osteoporosis como la patología que se origina en el individuo por los

altos consumos de flúor y consecuentemente los inconvenientes de descalcificación que se producen, la franja a considerar se nos reduce notablemente. En efecto, esta patología ósea afecta principalmente a personas de mayor edad. En consecuencia, solo se debería considerar el último grupo, es decir entre los 40 y 70 años que representa un porcentaje del 48,84 %, cifra ésta significativa si pudiera comprobarse su origen. Las fracturas a personas menores a 20 años, no se consideran por los motivos expuestos anteriormente.

Las enfermedades de origen hídricas fueron incluidas en la encuesta. En ese sentido se detectaron un porcentaje que, si bien es cierto no es alarmante, si es para tener en consideración. Pese a ello, puede afirmarse que están relacionadas y originadas a partir desde el punto de vista bacteriológico y no físico-químico y, que el líneas generales, tienen que ver con condiciones sanitarias ante la carencia en la localidad de sistema cloacal. En consecuencia, no profundizaremos en el análisis de ésta cuestión ya que otro es el motivo del presente trabajo.

### **Conclusiones:**

1.- Se puede afirmar, en función de los datos expuestos, que vastos sectores de la provincia presentan acuíferos con elevados tenores de Flúor y Arsénico, que los tornan no potables.

2.- Este inconveniente se ve agravado en función de que los oligoelementos citados se presentan en forma cuantitativamente muy heterogénea y su distribución varía en forma vertical y horizontal.

- 3.- La mayor incertidumbre de la evolución química, se manifiesta en sentido vertical, pues presenta una estratificación hidroquímica muy pronunciada con respecto al Flúor. La restricción de este oligoelemento por la Dureza, parece mantenerse, pero la relación R.Seco-Dureza se comporta en forma opuesta a lo que ocurre lateralmente, existiendo un ablandamiento del agua en profundidad.
- 4.- Se evidencia, aunque de manera genérica, que la Dureza especialmente cuando supera los 200 mg/l, ejerce control sobre los tenores del Flúor. Este efecto es notable en algunos lugares, tanto en sentido lateral como vertical.
- 5.- En la relación Residuo Seco-Dureza, la evolución química vertical es opuesta a lo que ocurre espacialmente, puesto que se verifica, como se ha dicho, un ablandamiento del agua en profundidad.
- 6.- La presencia del Flúor y el Arsénico no tiene relación con las características hidrogeológicas regionales, sino más bien parece estar relacionada con particularidades de tipo local.
- 7.- El mecanismo que controla la disolución del Flúor es una combinación de factores de velocidad de flujo (hidráulicos) y reacciones físico-químicas con la superficie del mineral en mayor medida.
- 8.- No existen relación ni patrones hidrogeoquímicos que nos permitan relacionar, con rigurosidad científica, el comportamiento homogéneo o sistemático, con otros iones presentes en las aguas.

9.- Los últimos estudios llevados a cabo por la EPA de los Estados Unidos dan como límite máximo para consumo humano, 4 mg/l con respecto al Flúor, dejando de lado los patrones de latitud-temperatura.

10.- Estos nuevos valores límites tienen una directa implicancia sobre la cantidad de agua para consumo humano, ya que con un valor límite de 4 mg/l, se ampliarían notablemente las reservas disponibles. Cabe aclarar que las cuantificaciones anteriores de los acuíferos, incluido el que provee de Agua potable a Santa Rosa, se calcularon en base a un valor límite de 1,8 mg/l.

## Bibliografía

CASTRO, E. y SCHULZ C., 1997. Caracterización Hidrogeoquímica de las Aguas Subterráneas de la Provincia de La Pampa. Diagnóstico del Flúor y Arsénico. Trabajo de Investigación de la Facultad de Ciencias Humanas de la UNLPam. 130 Pág. Graf., Cuadros, etc.

CASTRO, E; SCHULZ, C y MARIÑO, E., 1997, Análisis Hidrogeoquímico del Flúor en la Provincia de La Pampa. Actas y Resúmenes del Congreso Internacional sobre Aguas-Workshop sobre Química Ambiental y Salud. AIH. Grupo Montevideo. Facultad de Derecho de la UBA. Buenos Aires. Pag. Secc. III-59.

CASTRO, E, SCHULZ, C. y MARIÑO, E., 1998. El Agua Potable en la Provincia de La Pampa. Consecuencias por problemas en Flúor y Arsénico. Actas de la 2º Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Instituto de Geología y Minería. Universidad Nacional de Jujuy. Pág.43-55.

CASTRO, E., TULLIO J., 1989. Estudio Hidrogeológico Anguil-Catriló. Etapa II del Plan Director Agua Potable y S. Ambiental de Santa Rosa. Dirección Recursos Hídricos. APA.

CUSTODIO, E. y M. LLAMAS, 1976. Hidrología Subterránea. 2T. Omega. Barcelona. España

MALÁN, J., 1980. Reflexiones sobre la importancia del agua subterránea en La Pampa., como factor de desarrollo. Revista Pampa Geológica. Año 1, N° 1. Pag. 3-5.-

MALÁN, J., 1981. Aspectos Geohidrológicos mas salientes de la Provincia de la Pampa.. 1º Jornadas de Geología de la Provincia de La Pampa. Fascículo 5. Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Santa Rosa. La Pampa.

MURRAY, J. (Editor)., 1986. Appropriate use of fluorides for human health. Word Health Organization. 131 pág. Ginebra.

OBRAS SANITARIAS DE LA NACIÓN, 1942. El problema del Agua Potable en el interior del país. Ministerio de Obras Públicas de la Nación. 2T. Buenos Aires.

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. Editor: Maier J.M., 1971. Fluoruración del agua potable. Washington. EUA.

Organizacion Mundial de la Salud, Editores: Huisman L, y Wood W., 1974. Slows Sand Filtration, Geneva.

RODIER, J. (1981), Análisis de las Agua, Ed. Omega, Barcelona, España

ROHOLM, K., 1937. Fluorine Intoxication. E.U.A.-O.M.S.

SCHULZ, C; y N. LASTIRI; 1992. Sobre Flúor y Arsénico. El Agua en La Pampa. Revista de la Administración Provincial del Agua N° 1 y 2. Santa Rosa. La Pampa.

SCHULZ, C., CASTRO, E y MALÁN, J., 1995. Regiones Hidrogeológicas de la Provincia de La Pampa, Posibilidades de Contaminación y pautas para su preservación. Actas de la Primera Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Problemática Geoambiental y desarrollo Sustentable. Editor M. Cantú. Universidad Nacional de Rfo IV. T 1, Pag. 1-14.

TULLIO J. , M.MALAN., 1980. Consideraciones Hidrogeológicas sobre el contenido de Flúor en Aguas Subterráneas y sus posibles causas. Informe Interno. M.O.S.P. - APA- Dir. Hidrología. Biblioteca APA. Ej.36, Est. 13.Santa Rosa. La Pampa.

USUNOFF, E.J., 1988a. Factors affecting the movement and distribution of fluoride in aquifers. Ph.D. Dissertation. 348 pp. Universidad de Arizona, Tucson. USA.

USUNOFF, E.J., 1988b. Sorption characteristics of fluoride in sand columns. Proceeding of the Ground Water Geochemistry Conference. 481-500. Denver.USA.-

WELCH, A.,1987. Arsenic in Ground Water of the Western United States: Revisit Ground Water. Vol 26. N° 3. USA.