

# CAPITULO 11

## AGUA MINERAL

El agua mineral es un recurso que va adquiriendo valor rápidamente creciente a medida que el deterioro mundial del medio ambiente, frenado pero irreversible, va produciendo la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

El consumo mundial de agua mineral embotellada va creciendo año a año y en Uruguay en un período analizado de 10 años (1985 - 1994) se ha producido un incremento sistemático del 10 % /año según datos de C.I.U.U. rama 3134, Fabricación de bebidas sin alcohol y aguas gaseosas. El consumo de verano es el doble que el de invierno y el crecimiento es de alrededor de 3 litros / año / habitante.

Se define universalmente el agua mineral siguiendo la propuesta de FOURMARIER (1958) que plantea que es toda agua subterránea con un contenido de sales superior al de las aguas potables fluviales normales.

Tienen dos tipos de origen: juvenil para las aguas termominerales de origen magmático hidrotermal con abundantes iones escasos en la superficie de la Tierra y que deben consumirse bajo prescripción médica; superficial que son aguas de lluvias que se infiltran en el subsuelo por descenso y en su recorrido modifican su composición química original.

Esas aguas minerales con posibilidades de exportación, en la medida que la contaminación industrial crezca y la demanda aumente a cifras suficientes como para permitir la factibilidad técnica y económica de empresas con ese fin, son siempre de origen superficial. Las aguas juveniles son de consumo exclusivo en su lugar de afloramiento donde se instala la estación termal.

Por otro lado en Uruguay, donde el agua potable de suministro público es de tan buena calidad, el incremento de consumo responde a épocas de ingreso turístico masivo y a mayor capacidad económica de un sector de la población.

Este recurso no se encara con fines de satisfacer necesidades del mercado interno, sino que se considera un rubro de interés fundamental para la exportación masiva a diferentes partes del mundo donde hay capacidad de consumo, aguas públicas demasiado cloradas y aguas subterráneas contaminadas de desechos industriales durante décadas.

La exportación de ciertas aguas minerales de primera calidad ya se está produciendo pero reducido a un consumo de elite. La idea del tratamiento en profundidad de este tema es incentivar la producción a gran escala con destino concreto a la exportación.

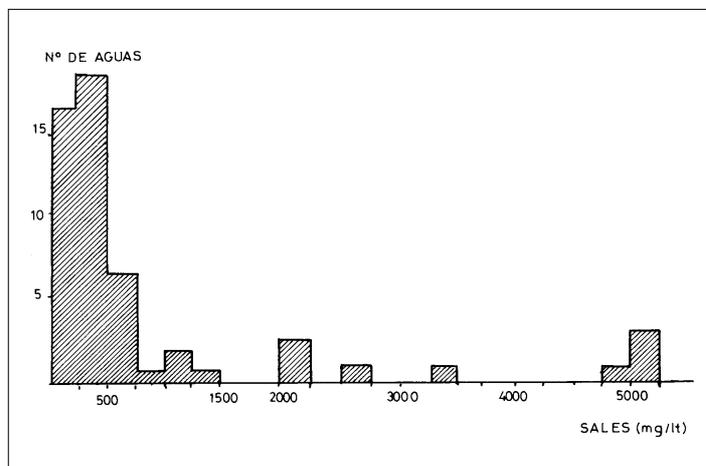
En 1996 el agua mineral Evian ocupaba el primer puesto en el mundo produciendo 1300 millones de litros y exportando a 107 países de los 5 continentes. Este modelo es lo que debería guiar un programa nacional hacia la producción y exportación de agua mineral.

Es cierto que el agua Evian posee cualidades sobresalientes por un bajo contenido en sodio, ausencia de nitratos y un adecuado equilibrio entre calcio y magnesio.

Según la revista Test de origen francés, en su número 222 de abril de 1982 publica que el agua mineral Evian tiene las siguientes características:

SOLIDOS TOTALES	
Ca <sup>++</sup>	100 Miligramos/Litro
Mg <sup>++</sup>	20 Miligramos/Litro
sólidos totales	325 Miligramos/Litro

El contenido en sales totales de las aguas minerales puede ser muy variado pero tomando 56 aguas minerales de 3 países industrializados (USA, Bélgica y Francia) resulta evidente que la mayoría contiene menos de 500 miligramos/litro (ppm). En la figura N° 11-1 se puede ver en histograma que las aguas más mineralizadas son menos frecuentes.



De hecho, las aguas muy fuertemente mineralizadas (con más de 1500 ppm) no pueden ser consumidas sin control médico.

Las aguas más populares tienen entre 180 y 500 ppm de sales totales disueltas.

Aguas con contenidos inferiores de sales solamente pueden comercializarse en zonas con grandes dificultades de obtención de agua potable.

Figura N° 11-1. Histograma de salinidad de las aguas minerales.

Según PULIDO (1978) las aguas minerales pueden clasificarse por su contenido iónico en tres grandes grupos principales:(ver figura N° 11-2)

- 1) Cálculo - bicarbonatadas (N°1 en la fig, N°11-2)
- 2) Cálculo - sódicas - cloruradas (N°2 en la fig, N°11-2)
- 3) Sódico - cálcico - magnésico - cloruradas (N°3 en la fig, N°11-2)

Las únicas aguas minerales con posibilidad de exportación son las cálcico - bicarbonatadas, donde los iones dominantes son calcio y bicarbonato. La presencia de sodio cloruro y/o sulfato son inconvenientes para las aguas de consumo diario.

Las aguas minerales de mejor calidad, únicas que pueden servir para soportar una industria de exportación, deben tener menos de 750 ppm de sólidos totales, pH apenas alcalino, calcio como catión dominante y bicarbonato como anión más abundante.

Las aguas minerales más reconocidas y populares contienen entre 350 y 850 ppm de sólidos solubles totales y calcio - bicarbonato como iones dominantes.

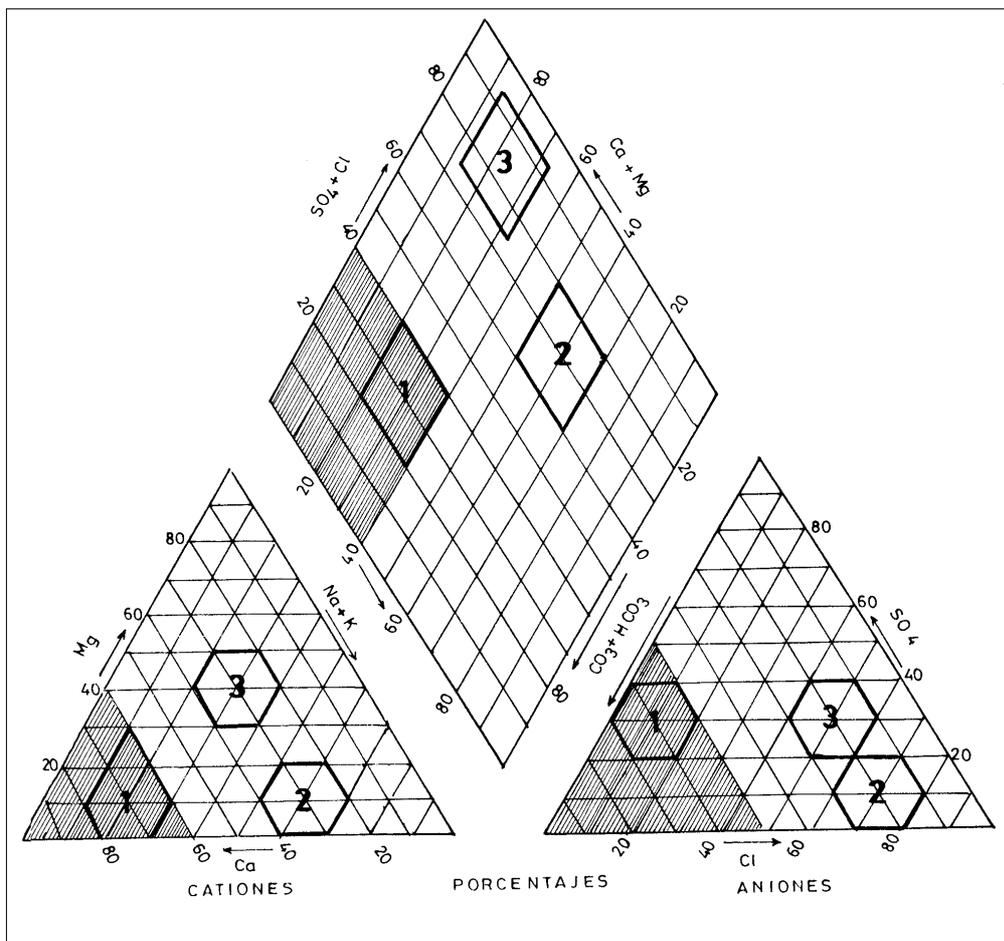


Figura N° 11-2. Clasificación de aguas minerales según Pulido 1978.

Según PULIDO (1978) es posible hacer una clasificación cuantitativa de la calidad de las aguas según su contenido iónico:

IONES	CONCENTRACIONES IONICAS (ppm)	
	CONVENIENTES	TOLERABLES
Calcio	100	200
Magnesio	50	100
Cloruro	250	350
Nitrato	30	30
Sulfato	200	400
Residuo Seco	750	1.500

Utilizando diagramas de STIFF es posible también clasificar las aguas minerales en excelentes y malas. Para los objetivos perseguidos en este capítulo, que es crear conciencia de la posibilidad de exportación de aguas minerales de Uruguay, sirve mostrar en la figura N° 11-3 los contenidos iónicos de aguas excelentes y malas.

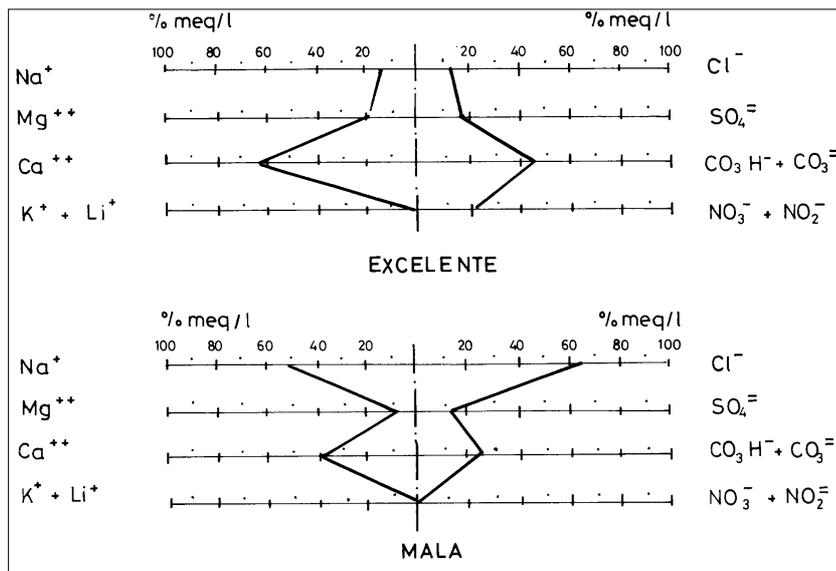


Figura N°11-3. Diagrama de STIFF. Clasificación de las aguas minerales según PULIDO (1978)

Allí puede verse nuevamente que dominan los iones calcio y bicarbonato en las aguas de excelente calidad.

Otro criterio de clasificación se basa en el uso de coordenadas donde las abcisas representan el porcentaje en miliequivalentes (meq) de sodio sobre meq totales y las ordenadas las sales solubles totales expresadas en meq/l.

En ese diagrama se diferencian 4 campos: buenas, permisibles, dudosas e inadecuadas. Las aguas de buena calidad contienen menos de 40 % meq de Na<sup>+</sup> y menos de 12 meq de sales totales.

Allí se establece un límite máximo para el Na<sup>+</sup> de 3,6 meq/l (80 ppm).(ver figura N°11-4).

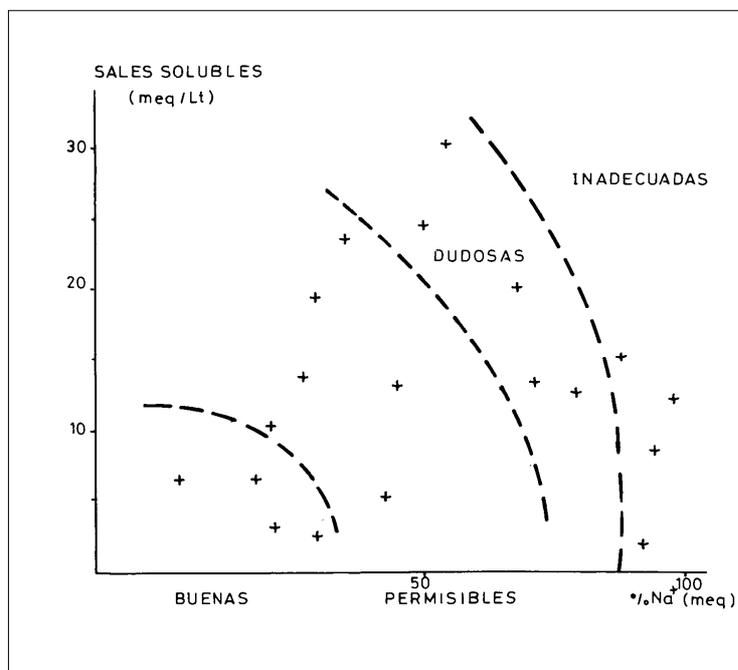


Figura N°11-4. Clasificación de aguas minerales según el contenido en Na<sup>++</sup>

Estas consideraciones generales sobre la calidad de las aguas minerales permiten concluir que las únicas capaces de soportar una empresa exportadora deben contener una composición muy próxima al modelo siguiente:

	% meq/litro
Ca <sup>++</sup>	65
Mg <sup>++</sup>	20
Na <sup>++</sup>	≤ 15
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	45
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	≤ 20
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	≤ 20
Cl <sup>-</sup>	≤ 15
Sales totales	300-600 ppm

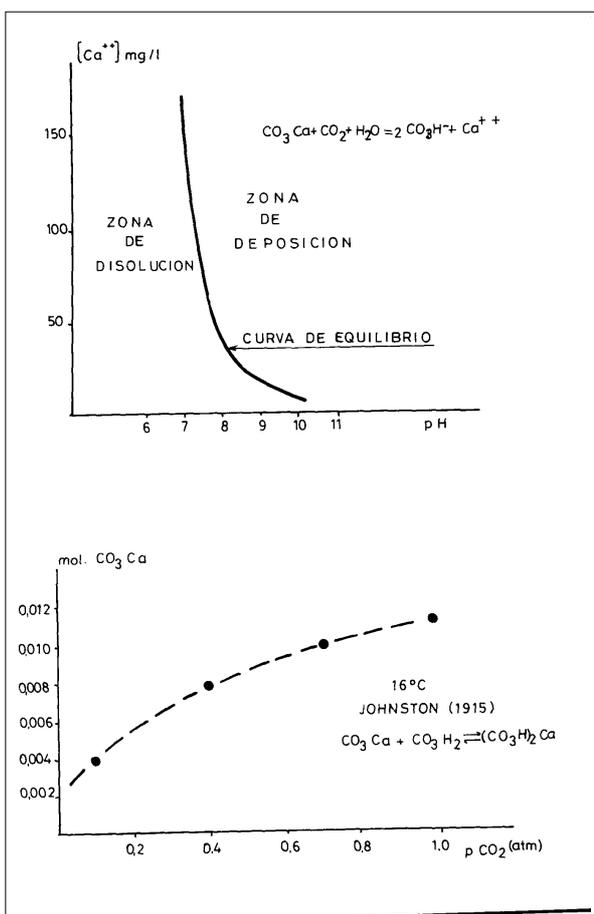


Figura N°11-5. Curvas de SMITH (1955) de solubilidad de Ca<sup>++</sup> en función del pH.

De hecho, cuando Ca<sup>++</sup> y CO<sub>3</sub>H<sup>-</sup> son los únicos iones dominantes, la salinidad total no puede pasar de 600 ppm porque a temperaturas del orden de 20°C y las presiones parciales normales de CO<sub>2</sub>, la concentración de Ca<sup>++</sup> no puede sobrepasar 8 meq/l (160 ppm).

La curva de SCHMITT (1955) muestra claramente esas relaciones y por eso se expone con fines ilustrativos en la figura N°11-5.

El agua mineral como recurso mineral con destino a exportación debe reunir una cantidad de condiciones para poder entrar por primera vez a mercados no tradicionales, aunque apoyados por la buena fama internacional de una de nuestras aguas minerales, no por el esfuerzo expreso de difusión, sino por la opinión de extranjeros de diversas actividades que llegan al país.

La primera condición es una composición hidroquímica excelente y constante: predominio de Ca<sup>++</sup> y CO<sub>3</sub>H<sup>-</sup>, salinidad total entre 300 y 600 ppm.

La segunda condición es disponer de fuentes de caudal permanente todo el año, con valores del orden de 20.000 l/hora. La constancia de caudal está asegurando un recorrido subterráneo prolongado y por lo tanto, independiente de las lluvias estacionales, condición fundamental para que pueda considerarse un recurso mineral explotable.

Merece señalarse, que a diferencia de todos los otros recursos minerales, es renovable, es decir que se va consumiendo y regenerando a escala humana.

La tercera condición se asocia a surgencia natural o a perforaciones en las que el nivel dinámico esté a pocos metros de la superficie para que no exija grandes costos de bombeo ni grandes inversiones en perforación. Como en Uruguay son conocidas varias surgencias naturales de aguas minerales bicarbonatadas cálcicas, este problema puede considerarse inexistente.

La cuarta condición es una ubicación geográfica adecuada para que no sea necesaria una inversión exagerada en infraestructura. Toda fuente de agua mineral que aspire a dimensiones internacionales debe tener un excelente parque y una pequeña capacidad de alojamiento para visitantes turistas o eventuales compradores. Sin embargo, si se encuentra próximo a centros poblados con buena caminaria puede montar su plantilla laboral con operarios de esas localidades, sin necesidad de construir viviendas en el predio. Ello disminuye de forma apreciable la inversión y viabiliza la factibilidad económica de la empresa.

Uruguay es un país especialmente apto para el hallazgo y aprovechamiento de aguas subterráneas por las tres características difíciles de coincidir a nivel mundial:

- Posee un clima templado con 1100 mm de lluvia anual homogéneamente distribuida a lo largo del año
- Dispone de un subsuelo extremadamente complejo con la existencia de fenómenos geológicos de gran envergadura en por lo menos 4 momentos de la historia geológica
- Contiene extensos depósitos de calizas, dolomitas y calizas dolomíticas con estructuras variadas desde prácticamente horizontales hasta intensamente plegadas, con abundantes desarrollos de estructuras kársticas.

Estas características han determinado la formación de extensas zonas donde las aguas subterráneas permanecen mucho tiempo circulando en estructuras kársticas y consiguen disolver cantidades de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  y  $\text{CO}_3\text{H}^-$  que las ubican químicamente entre las mejores del mundo.

## PROVINCIAS HIDROGEOLOGICAS

Analizando el comportamiento hidrogeológico del Uruguay a partir de los datos preliminares de HEINZEN et al (1986) y la reciente información geológica de BOSSI et al (1998) es posible definir provincias hidrogeológicas que orienten la ubicación del recurso mineral con las características exigidas para los objetivos planteados.

El Dr. Abrao HAUSSMANN, hidrogeólogo brasilero de la CORSAN de Río Grande del Sur, que puede considerarse el artífice de la Hidrogeología científica en Uruguay, al dictar el curso básico en la Primera Semana Hidrogeológica del Uruguay en 1964, soportada económicamente y científicamente por la Facultad de Agronomía y varias estadías posteriores durante 1966 - 69, definió una provincia hidrogeológica en estos términos:

*“Es el área territorial donde los acuíferos poseen características similares en lo que atañe a los caudales medios, profundidad de captación, velocidad de recarga, caudales específicos y propiedades químicas del agua.”*

Para el análisis del agua mineral como un recurso mineral con destino de la exportación las características químicas y el caudal representan los parámetros más importantes, porque los demás tienen normalmente soluciones tecnológicas accesibles y a costos razonables.

Según el grado de precisión con que se desee encarar el tema, se puede reconocer diferente número de provincias hidrogeológicas en el Uruguay, pero con los antecedentes disponibles es viable hacer solamente una división en grandes áreas de características homogéneas sobre base casi exclusivamente geológica.

La aparición reciente de la Carta Geológica del Uruguay a escala 1 /500.000 (BOSSI et al 1998) ha permitido poder diferenciar 11 provincias a partir de una suficiente precisión en el conocimiento de los materiales del subsuelo y su comportamiento hidrogeológico.

En la figura N° 11-6 se expone una carta esquemática en la que se indican las provincias propuestas. Todas estas regiones poseen recursos hidrogeológicos, aunque con caudales y seguridad de alumbramiento diferentes.

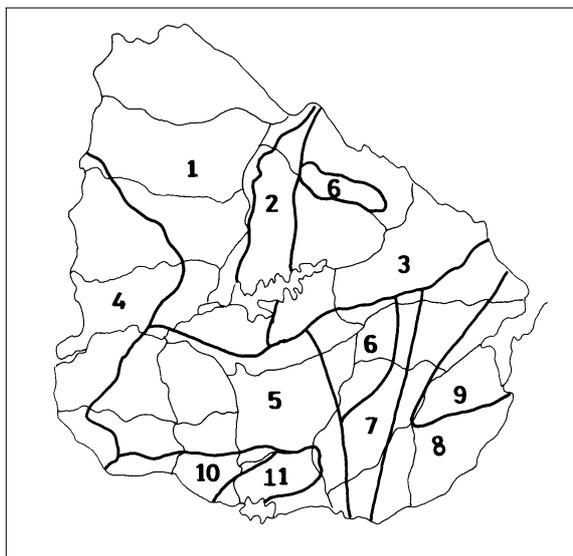


Figura N°11-6. Provincias hidrogeológicas identificadas en el Uruguay

Para el objetivo polarizado a obtener agua mineral de calidad de exportación, solamente la provincia N° 7, que abarca parte de los departamentos de Maldonado, Lavalleja y Treinta y Tres, contiene esos recursos minerales.

Cada una de las provincias separadas en la figura N° 11-6 fue investigada desde el punto de vista geológico, hidrogeológico y calidad de las aguas. Por uno u otro motivo las otras provincias no reúnen las características necesarias para considerarse de interés para contener o prospectar aguas minerales.

En lo que sigue se indicarán brevemente las características de cada una de las provincias identificadas.

La **provincia N°.1** contiene basalto en espesores importantes (200- 900 m) sobre areniscas del Grupo Batoví Dorado también en espesores considerables. Las rocas basálticas contienen agua en fracturas conectadas con la superficie y brindan caudales de 2000 a 8000 l/hora a profundidades entre 30 y 50 metros.

Los pocos datos químicos disponibles (HAUSMAN y FERNANDEZ,1967) indican que se tratan de aguas bicarbonatadas cálcicas y salinidad total de 300 a 500 ppm ( HEIZEN et al, 1986). Tienen poco caudal específico y a veces contienen mucho hierro. En esta etapa de las investigaciones no pueden considerarse recursos minerales por falta de datos suficientemente confiables.

Debajo de los basaltos aparecen areniscas que brindan fuentes termales con caudales realmente muy importantes pero que desde el punto de vista hidroquímico contienen cantidades importantes de  $\text{Na}^+$  y  $\text{CO}_3\text{H}^-$ .

La **provincia N°.2** abarca el área aflorante de las areniscas infrabasálticas. Forman el denominado grupo Batoví Dorado con un perfil de la cima a la base de areniscas eólicas, areniscas subacuáticas y areniscas eólicas según la descripción original de FERRANDO y ANDREIS (1986). Los datos hidroquímicos de las aguas subterráneas indican baja salinidad y predominio de  $\text{CO}_3\text{H}^-$  y  $\text{Na}^+$ .

La **provincia N°.3** tiene escasos recursos en aguas subterráneas; los 200 - 300 metros superiores contienen areniscas finas muy arcillosas y las areniscas acuíferas de la base, contienen mucho hierro y pH ácido por la existencia de abundantes niveles piritosos que afectan la calidad de las aguas. Esta provincia no justifica investigaciones en procura de agua mineral.

La **provincia N° 4** contiene el acuífero sedimentario compuesto por areniscas del Cretácico Superior (fm Mercedes). A profundidades entre 80 y 120 metros se encuentran acuíferos

con caudales específicos de 1400 l/h/m pudiendo obtenerse caudales del orden de los 6000 l/h. Son aguas bicarbonatadas pero contienen tanto  $\text{Na}^+$  como  $\text{Ca}^{++}$  lo que les quita valor como recurso mineral de exportación.

La **provincia N°.5** abarca la cuenca lechera de Montevideo. Las rocas del subsuelo son predominantemente ígneas, plutónicas y metamórficas de modo que las aguas subterráneas están alojadas en fracturas. Los caudales medios se ubican en 3000 l/h con caudales específicos muy variables. La calidad de las aguas no es conocida en detalle, pero normalmente tienen elevada salinidad y más sodio que  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  aunque el anión dominante es  $\text{CO}_3\text{H}^-$ .

La **provincia N°.6** está constituida por rocas ígneas y metamórficas de alto grado, con fuerte relieve topográfico y elevada densidad de drenaje. La naturaleza predominantemente granítica del subsuelo determina caudales poco importantes con valores medios de 2000 l/h y aguas con  $\text{Na}^+$  mayor que  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Cl}^-$  equivalente a  $\text{CO}_3\text{H}^-$ .

La **provincia N°.7** es una faja de rumbo regional NNE que se extiende desde Piriápolis (Maldonado) hasta Parao en el Dpto. de Cerro Largo. El rasgo dominante de esta provincia es la abundancia de rocas carbonatadas, desde calizas puras hasta dolomitas puras, pasando por calizas magnesianas. Dentro de la faja así definida pueden diferenciarse zonas de comportamiento variable, pero siempre las aguas subterráneas serán bicarbonatadas cálcicas. En las distintas zonas varía el relieve, el grado de fracturación, los caudales puntuales y la viabilidad de surgencia natural, pero la composición química se mantiene constante.

Es dentro de esa unidad que deberán emprenderse los trabajos de prospección y evaluación de aguas minerales con calidad adecuada para acceder a los mercados internacionales.

La **provincia N° 8** tiene nuevamente subsuelo cristalino y prácticamente puede identificarse desde el punto de vista de su comportamiento hidrogeológico con la provincia N°.6. Las aguas son más  $\text{Na}^+$  que  $\text{Ca}^{++}$  y contienen tanto  $\text{Cl}^-$  como  $\text{CO}_3\text{H}^-$ .

La **provincia N°.9** corresponde a la planicie de la cuenca de la laguna Merín. Allí el acuífero está constituido por niveles arenosos de origen marino depositados debajo de 20 a 30 metros de limos cuaternarios. Estas aguas dan caudales interesantes (5000 a 8000 l/h) pero contienen mucho  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$  de su deposición submarina original que no fue todavía lavada por la circulación de aguas dulces continentales.

La **provincia N°.10** contiene el llamado acuífero "Raigón"; toma el nombre de la fm. Raigón propuesta por GOSO (1965) aunque no ocupa toda la extensión de la referida formación ni las aguas del subsuelo provienen solamente de su nivel arenoso. Buena parte de las aguas subterráneas pertenecen a la formación Camacho instalada inmediatamente por debajo. A profundidades entre 20 y 40 metros se obtienen caudales superiores a 10.000 l/h y caudales específicos de 4000 l/h/m según HEINZEN et al (1986). El residuo seco también es favorable porque tiene valores en los alrededores de 600 ppm pero son aguas en las que el  $\text{Na}^+$  ( $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ ) y los  $\text{Cl}^-$  son equivalentes a los  $\text{CO}_3\text{H}^-$ .

La **provincia N° 11** abarca gran parte del Dpto. de Canelones donde los acuíferos pertenecen a sedimentos cretácicos de las formaciones Mercedes y Migueles. Aquí los caudales son erráticos aunque pueden obtenerse valores de más de 10000 l/h, pero la calidad química de las aguas descarta su posible interés porque los iones dominantes son  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^- / \text{CO}_3^-$ .

Esta rápida revisión de los datos hidrogeológicos disponibles en cada una de las provincias que hoy es posible separar en base a criterios principalmente geológicos, indica con toda claridad que las aguas bicarbonatadas cálcicas están exclusivamente en la provincia N°.7 que coincide con lo que BOSSI y NAVARRO (1991) denominaron grupos Lavelleja y Carapé, aunque ahora, nuevas evidencias geológicas indican límites y edades diferentes (ver BOSSI et al 1998).

En la figura N°11-7 se superponen en un diagrama de PIPER las áreas típicas ocupadas por las aguas bicarbonatadas cálcicas de excelente calidad y las composiciones químicas de las

aguas subterráneas de las distintas provincias identificadas, cada una con el número correspondiente. Resulta evidente de ese primer ensayo de discriminación, que solamente las aguas subterráneas de la provincia N° 7- que se propone denominar provincia Lavalleja para simplificar la nomenclatura- contienen relaciones iónicas de calidad internacional.

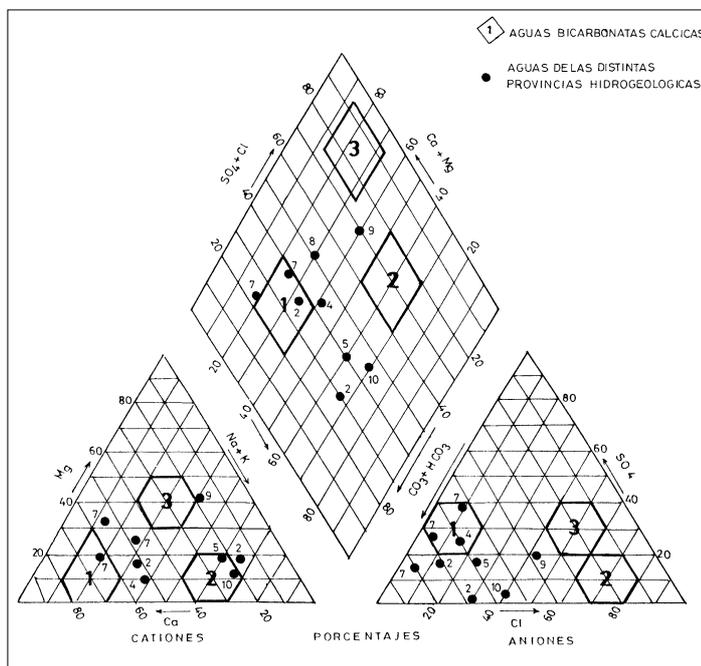


Figura N°11-7. Diagrama de PIPER

En la figura N° 11-8 se establecen otros límites de calidad en base al % de Na en meq y los meq totales.

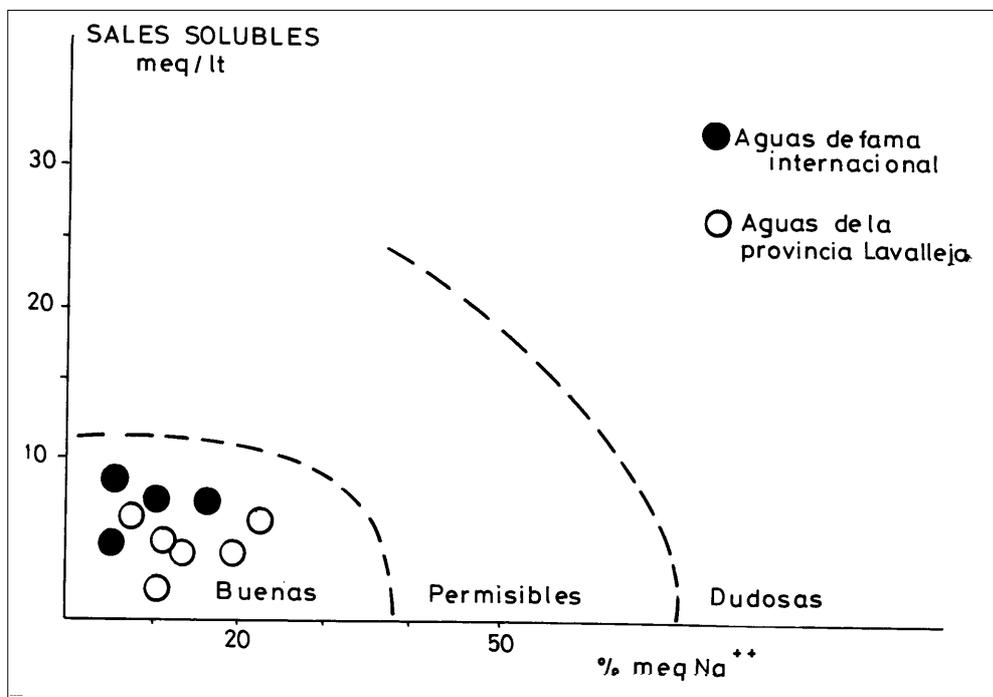


Figura N°11-8. Comparación de aguas uruguayas con aguas de fama internacional.

## PROVINCIA LAVALLEJA

Esta provincia puede definirse por lo menos en dos grandes regiones acompañando rasgos geológicos diferentes: una región en el Sur abarca los alrededores de la ciudad de Minas, con intensos plegamientos, predominio de bancos calcáreos verticales y desarrollo entre dos grandes elevaciones de rumbo NS a N30E; otra región en el Norte, donde los plegamientos son menos pronunciados, el metamorfismo es de grado bajo, abundan los buzamientos de 10 a 50° y ocupa la cuenca superior del río Olimar con fuertes elevaciones solamente en el Este.

Esto justifica dividir la provincia Lavalleja en la subprovincia Minas-Pan de Azúcar en el Sur y la subprovincia Olimar en el Norte. Estos nombres no pretenden establecer normas de nomenclatura de ningún tipo; se ha propuesto solamente para facilitar la descripción de los rasgos geológicos y ubicar algunos datos puntuales concretos que soportan la propuesta de aprovechar las aguas minerales de excelente calidad para generar empresas de exportación.

En la figura N° 11-9 se expone en forma esquemática la totalidad de la provincia Lavalleja y se indica la posición geográfica de las dos subprovincias arriba mencionadas. Se señala también la posición de las sierras de Animas, Ballena y de Arbolito que determinan las áreas de fuerte pendiente en cada región.

En la figura N° 11-10 se expone la carta geológica de la subprovincia Minas-Pan de Azúcar señalando especialmente los grandes bancos de caliza y dolomita, las grandes fallas transcurrentes y cabalgantes y algunas fuentes conocidas con aguas subterráneas de las características de excelencia química exigida para esta propuesta. Al pie de la carta se expuso un corte geológico de rumbo EW para mostrar con más detalle las estructuras geológicas dominantes y la posición topográfica de las áreas carbonatadas.

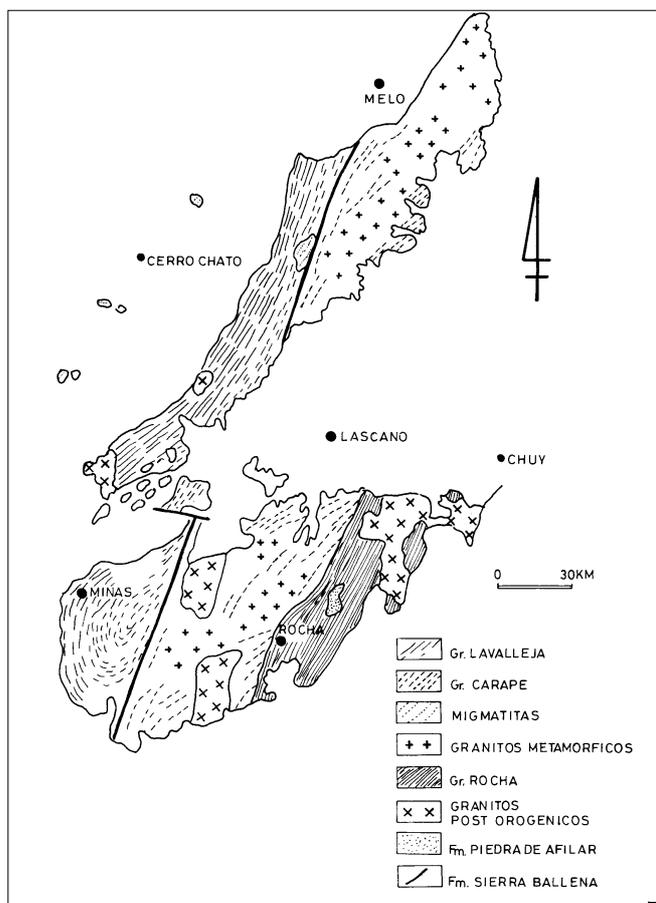


Figura N°11-9. Provincia Lavalleja.

En esta subprovincia son conocidas por los autores de este ensayo alrededor de 10 fuentes surgentes con caudales iguales o superiores a 20.000 l/h y con composición química típicamente bicarbonatada cálcica. La mayoría de esas fuentes tienen estructura kárstica porque mantienen temperaturas entre 23 y 25 °C en forma constante durante todo el año.

Uno de los ejemplos más estudiados, con cartografía geológica de detalle y control de temperatura, caudal y composición química durante un año, dio como resultados, caudales de 23.000 l/h, temperatura media de  $23 \pm 1$  °C y la composición química indicada en la tabla adjunta:

Ca <sup>++</sup>	8 medidas	36 ± 3 ppm	48 meq %
Mg <sup>++</sup>	7 medidas	20 ± 2 ppm	43 meq %
Na <sup>+</sup>	8 medidas	6 ± 0.6 ppm	8 meq %
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	10 medidas	215 ± 7 ppm	86 meq %
Solidos Totales	6 medidas	240 ± 20 ppm	-----

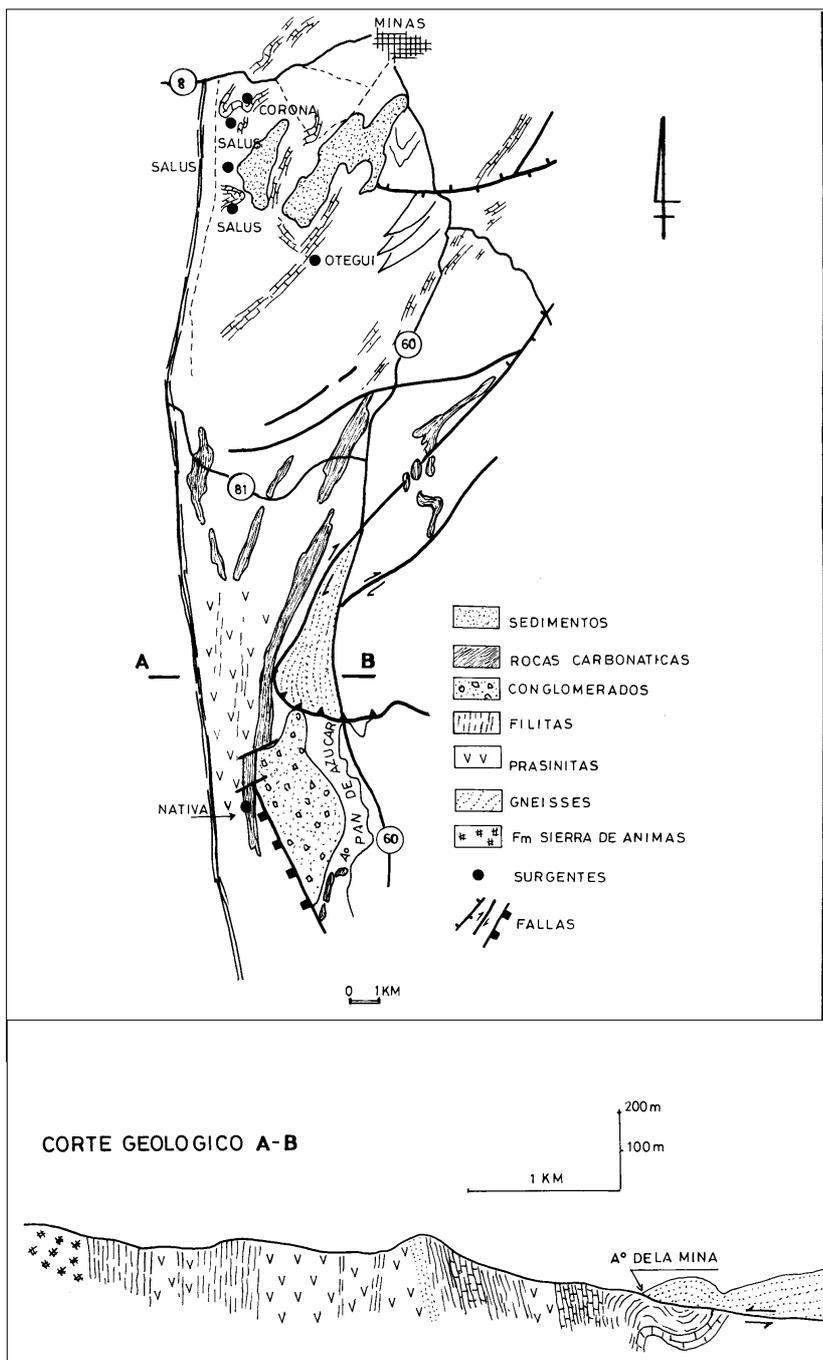


Figura N°11-10. Carta geológica de subprovincia de Minas -Pan de Azúcar y corte geológico de la zona rumbo EW.

La carta geológica de detalle junto con un corte geológico a la misma escala horizontal pero con exageración de la escala vertical, se muestran en la figura N° 11-11. La circulación del agua dentro de las fisuras de las rocas dolomíticas es prolongada, lo que se demuestra por la composición iónica y la estructura geológica.

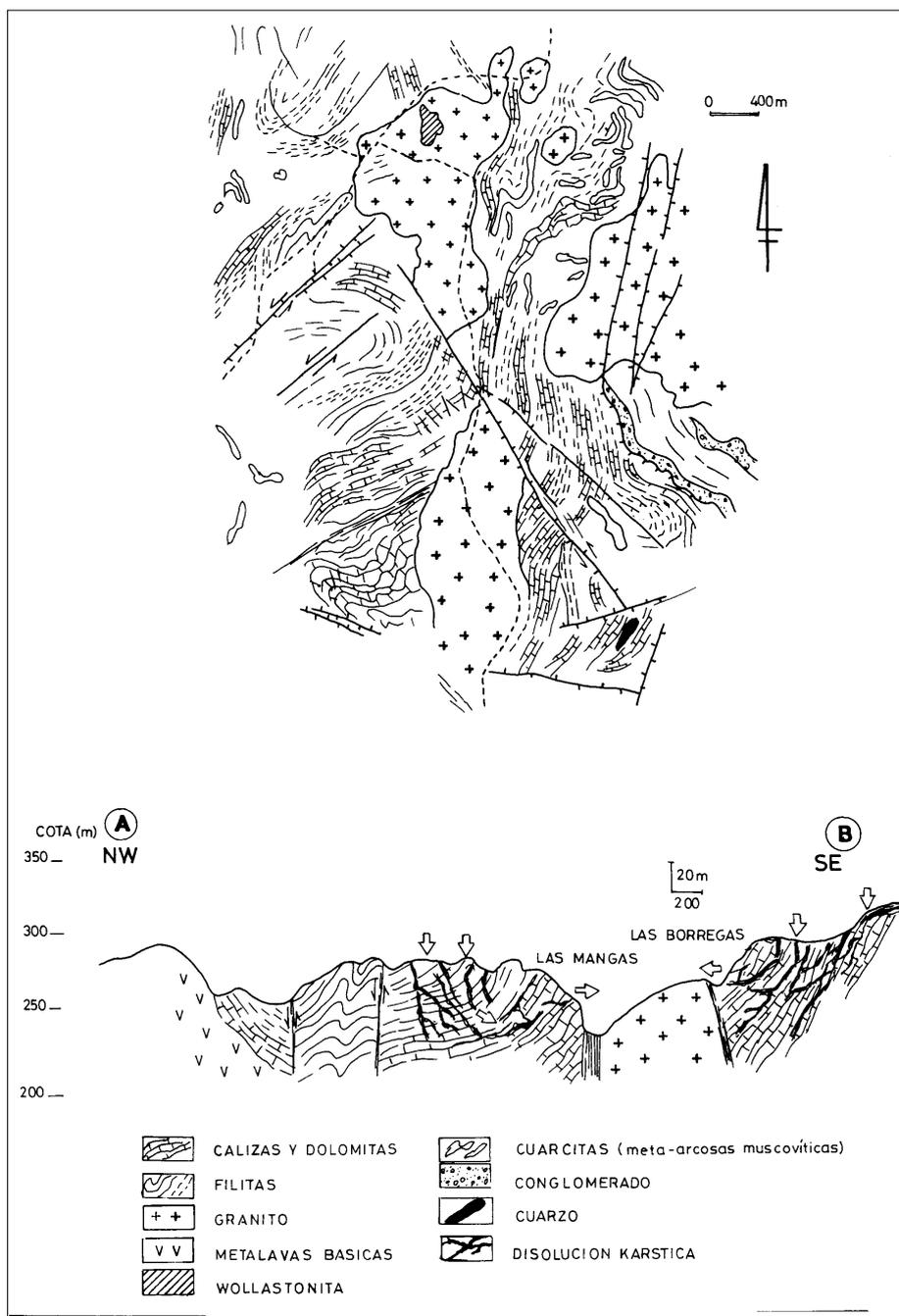


Figura N°11-11. Estructura de detalle de una surgente.

En la subprovincia del Norte existen algunas variaciones locales que merecen señalarse. Atendiendo esa situación se expone en la figura N°11-12 una carta geológica a pequeña escala desde la localidad de Polanco en el NW del Dpto. de Lavalleja hasta la localidad de Parao en el Dpto. de Cerro Largo.

Entre las localidades de María Albina (Dpto. de Treinta y Tres) y Parao, todas las calizas aflorantes fueron reconocidas y cartografiadas por GREHS (1979) que aquí se reproducen con simplificaciones y modificaciones en la figura N° 11-13.

En esta zona son pocos los datos disponibles, aunque se conocen algunas

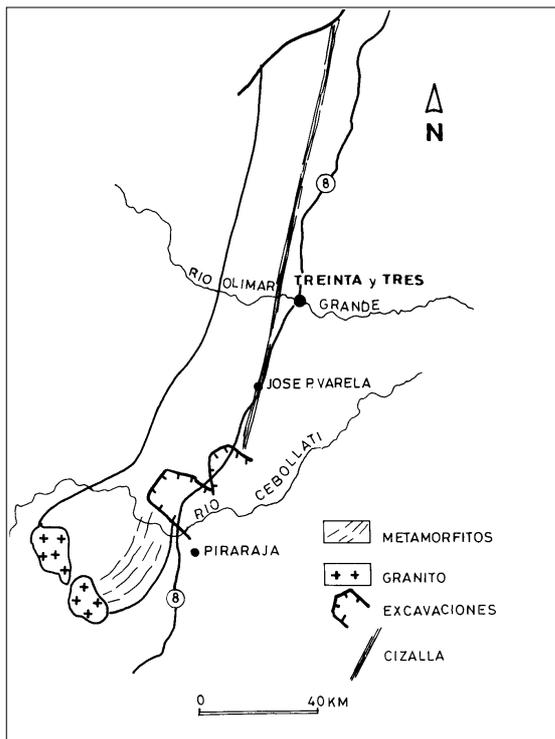


Figura N°11-12. Carta geológica de la subprovincia Olimar.

surgentes con caudales importantes no medidos y datos hidroquímicos parciales (alcalinidad heliantina y dureza total) que muestran que la naturaleza de las aguas es bicarbonatada cálcica.

Recientes estudios de GAUCHER y MONTAÑA (1998) definieron que este paquete sedimentario incluyendo las calizas es de edad Vendiana (600-540 m.a.) y que experimentó un grado metamórfico muy bajo con perfecta conservación de restos fósiles.

Definieron la formación Arroyo del Yermal de naturaleza geológica idéntica a la serie calcareo pelítica de los alrededores de Polanco.

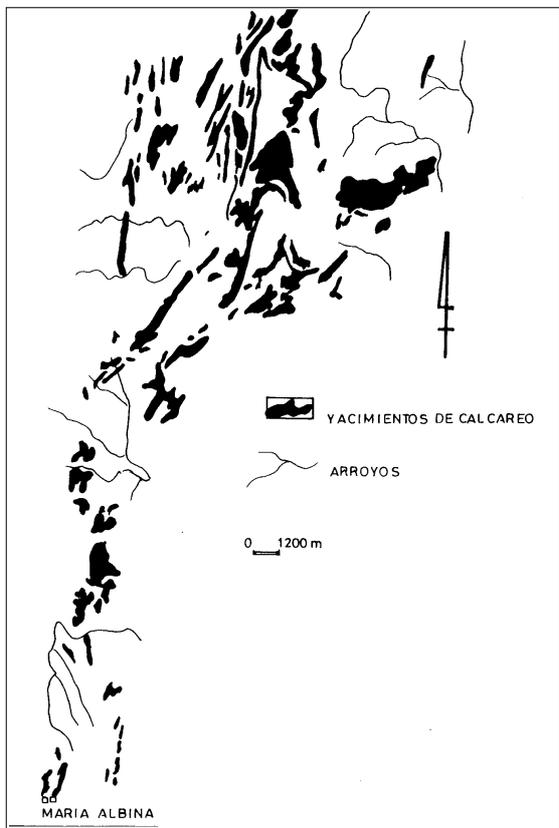


Figura N°11-13. Carta geológica modificada de GREHS.

Otra zona importante es el área de los alrededores de Polanco, donde existen solamente relevamientos geológicos, pero éstos permiten reconocer la gran abundancia de zonas dolomíticas en una región de topografía quebrada que facilita la circulación profunda de las aguas y la creación de estructuras kársticas desde que los pliegues son de gran radio de curvatura y grado de metamorfismo relativamente bajo.

En la figura N° 11-14 se exponen gráficamente los datos geológicos en una carta de cierto detalle y en un corte NS cuidadosamente relevado y medido en el campo.

Allí pueden verse los buzamientos de bajo ángulo y la existencia en profundidad de un cuerpo granítico intrusivo que afecta intensamente las dolomitas laminadas suavemente plegadas.

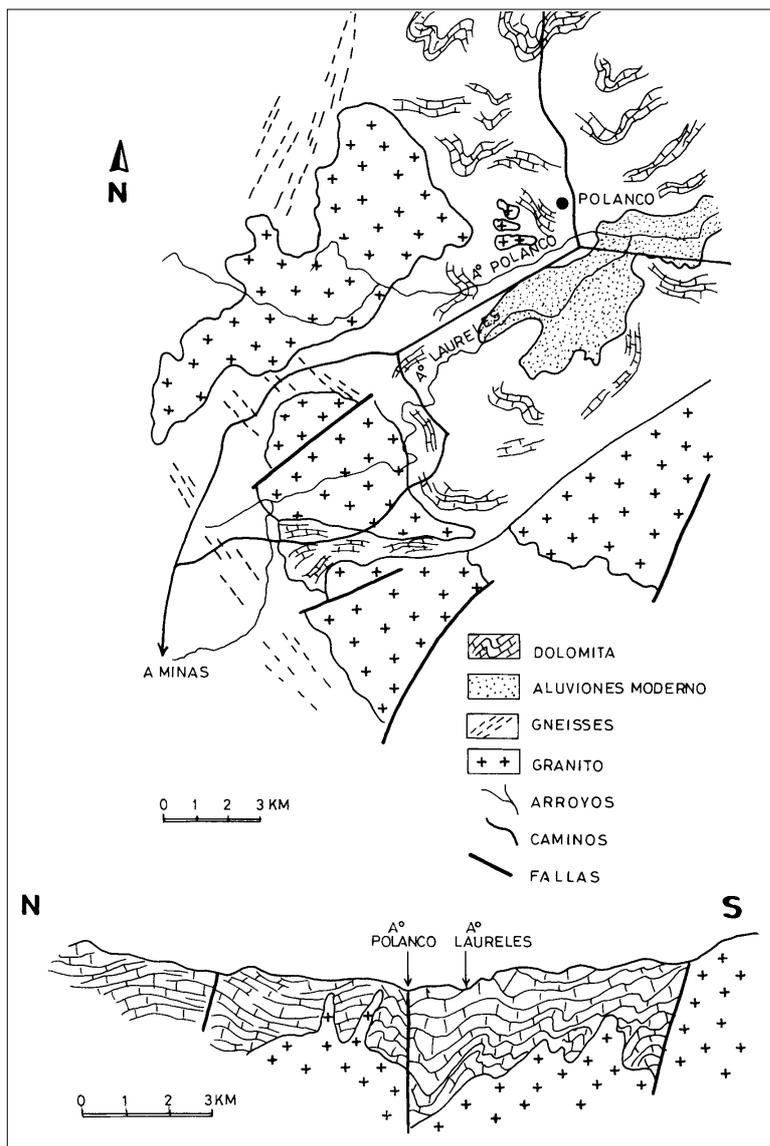


Figura N°11-14. Carta y corte geológico de Polanco.

Las zonas de prospección de agua mineral en esta región deben alejarse del contacto entre granitos y dolomitas, porque la posibilidad de desarrollo de estructuras kársticas y generación de aguas minerales en caudales y propiedades hidroquímicas de interés internacional se sitúa solamente en los cuerpos subhorizontales débilmente metamórficos.

Una zona próxima a Polanco, pero al Este del arroyo Barriga Negra y desarrollándose principalmente en la cuenca de los arroyos Tapes, tiene edades geológicas y litologías similares a Polanco pero una estructura geológica totalmente diferente. En esta zona de la cuenca de los arroyos

Tapes se han desarrollado importantes cabalgaduras que afectaron todo el paquete sedimentario, incluyendo calizas, dolomitas y calizas magnesianas. Esta zona se encuentra al W de la localidad de Colón en el Dpto. de Lavalleja y se desarrolla entre el arroyo Barriga Negra y la Ruta N° 8. Al Norte del río Cebollatí los datos geológicos son todavía imprecisos y no es posible extender esta zona hasta la localidad de Pirarajá ( ver la figura N° 11-15).

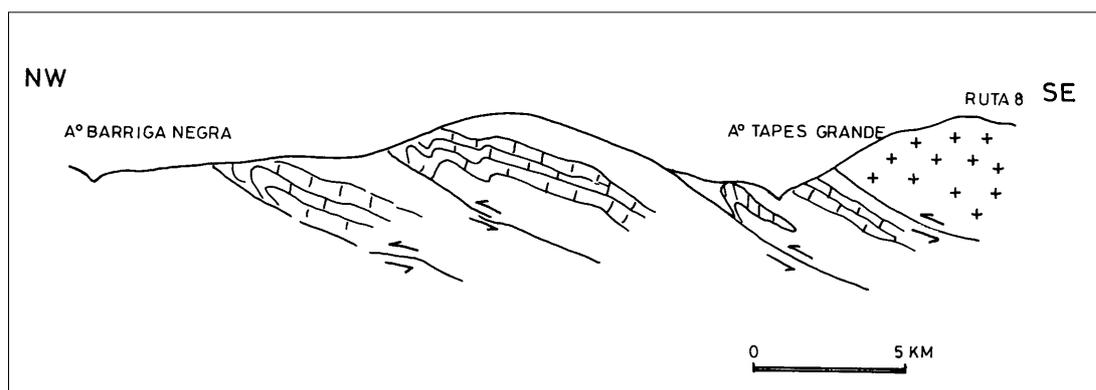


Figura N°11-15. Corte geológico al N del río Cebollatí

Estas estructuras cabalgantes presentan localmente buzamientos casi verticales pero en general la estructura es de bajo ángulo de buzamiento y vuelve a favorecer la circulación subterránea en sistema kárstico.

El área de Puntas del Yermal ha sido cartografiada con detalle desde el punto de vista fotogeológico y paleontológico (GAUCHER y MONTAÑA, 1998) y se demostró que las rocas aflorantes son de edad vendiana (620-540 m.a.) y fueron plegadas con predominio de estructuras de bajo buzamiento.

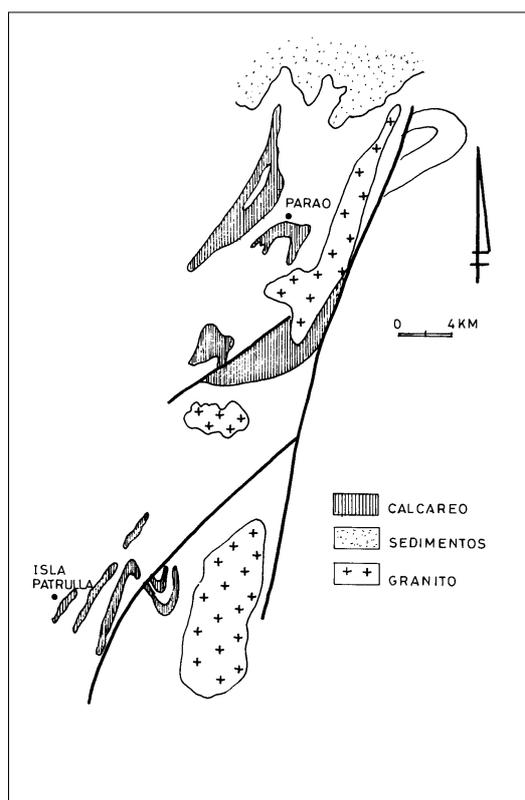


Figura N°11-16. Carta fotogeológica del área Puntas del Yermal

En la figura N° 11-16 se reproducen las líneas estructurales publicadas por los autores arriba referidos y se han agregado las áreas calcáreas extraídas de BOSSI y NAVARRO (1991).

Esta zona presenta extensas áreas de calizas con bajo contenido de magnesio pero no son infrecuentes los niveles magnesianos. La estructura con grandes zonas de gajo buzamiento favorece la formación de cavidades kársticas, especialmente aptas para encerrar volúmenes enormes de aguas minerales bicarbonatadas cálcicas, tales como las que se procuran para recurso mineral nacional de gran incidencia en el producto bruto del sector mineral.

Otra zona equivalente se desarrolla en el área de paso del Rey del río Cebollatí a unos 10-20 Km al W de la localidad de Pirarajá. En esta zona nuevamente aparecen extensos depósitos calcáreos que poseen estructura subhorizontal en el camino a Zapicán (Dpto. de Lavalleja) pero que hacia el Este han sido plegados por un proceso de inclinación del sustrato antes de la litificación.

La geología de esta área es todavía poco conocida pero las cachimbas de la zona poseen aguas con 500-600 ppm de sales totales de los cuales 100 ppm pertenecen a  $Ca^{++}$   $Mg^{++}$  (dureza) y 400 ppm a ión  $HCO_3^-$  (alcalinidad a la heliantina).

A modo de resumen, en esta provincia Lavalleja son muy abundantes las áreas con subsuelo de rocas carbonatadas (caliza, dolomitas, calizas magnesianas). Dentro de ella se pueden distinguir dos subprovincias: la del Sur, con estructuras fuertemente plegadas y dando origen a aguas minerales industrializadas de muy buena calidad; la del norte, con estructuras de pliegues abiertos de bajo buzamiento, sin yacimientos explotados hasta el presente.

Cualquiera de las dos subprovincias presenta un enorme potencial de fuentes de agua mineral de calidad altamente apreciada a escala mundial: bicarbonatadas cálcicas con 300 - 800 ppm de sólidos solubles totales.

## FACTIBILIDAD DE EMPLEO

Las aguas minerales no son controladas por DINAMIGE y su explotación no presenta dificultades sobre deterioro del medio ambiente, todo lo contrario, siempre le favorece. No existen largas tramitaciones antes de poder decidir realizar estudios de evaluación del recurso y factibilidad técnica y económica de la eventual empresa.

La propiedad del agua mineral es del superficiario y de él depende la posibilidad o no de explotación. Los superficiarios que poseen fuentes de agua mineral de calidad exportable y se ubiquen en el real valor del producto, permitirán la instalación de empresas,, propias o en joint-venture. Los superficiarios que aspiren a cifras exageradas no permitirán su explotación.

Por el momento, el tema puede ser encarado satisfactoriamente en estos términos por falta de una decisión nacional de encarar este recurso natural como una posible importante fuente de divisas. En un futuro no demasiado lejano, quedarán pocas áreas con aguas de esta calidad y las empresas presionarán para su explotación racional, porque va a generar una importante corriente exportadora.

Las fuentes de agua mineral que sean explotables, tendrán composición química,, temperatura y caudal constantes porque ello asegura que han tenido un extenso recorrido subterráneo a partir de aguas superficiales que saturan el suelo, alimentan cursos de agua y se infiltran en las fracturas rocosas. Estas características determinan que las reservas no representan un problema porque en definitiva se trata de uno de los poquísimos recursos minerales renovables. Es necesario disponer de un caudal horario que asegure el funcionamiento de la planta con dimensiones por encima del punto de equilibrio económico.

Para hacer un cálculo de factibilidad económica, a modo de ejemplo con cifras aproximadas, porque no todas ellas pudieron actualizarse, se expondrán los criterios generales a seguir. En estos planteos se siguen las directivas propuestas por MILLAN (1971) que aplicó a los proyectos mineros la formula de HODSKOLD.

Aplicando esos criterios, la inversión necesaria para montar una planta que aprovecha una fuente de 30.000 l/h (500.000 l/día) para envasado y distribución aceptando un período de amortización de 10 años, la anualidad de amortización

$$A' = \frac{P \times 1.12^{10}}{10} = 0.31 \text{ I} \quad \text{donde } P = \text{inversión necesaria} \\ A' = \text{amortización anual}$$

Las cifras fueron planteadas en dólares USA y se admitió un interés anual del 12 % en esa moneda.

Para captar el agua mineral, embotellarla, embalarla, distribuirla, etc, es necesario montar una planta industrial, un laboratorio de control químico y bacteriológico, obras de ingeniería, construcciones de almacenaje, etc.

A partir de algunas experiencias concretas conocidas, el monto de inversión en dólares USA para producir 500.000/mes de agua mineral sería el siguiente:

Captación y Circuito	600
edificio 1200 m <sup>2</sup>	600
equipo de llenado, gasificado	2600
equipo de empaque y estiba	800
parque alrededor de la planta	300
laboratorio de control	300
taller de mantenimiento	100
compresores y enfriadores	200
	5:500
imprevistos 20 %	1100
	6:600

La rentabilidad potencial se calcula en función del beneficio y de la inversión necesaria:

$$B = \frac{A''}{P} \times 100$$

donde:

A'' = ganancia neta o beneficio  
 B = rentabilidad potencial  
 P = inversión necesaria

$$A = \text{ganancia bruta anual} = M \times N = A' + A''$$

M = margen de ganancia bruto  
 N = operación anual  
 A' = amortización anual

El margen de ganancia bruto es la diferencia entre el precio de venta de cada unidad producida y el costo de operación hasta colocarla en el mercado.

El precio de venta es muy variable pero existen algunos indicadores internacionales que ubican los precios a esperar según residuo seco (sales solubles en ppm) y relación Na<sup>+</sup>/Ca<sup>++</sup>.

Según puede verse en la figura N° 11-17 el precio crece con el contenido salino hasta 500 ppm y el contenido relativo en Ca<sup>++</sup>, intentando estimar valores medios, para aguas de la composición ya registrada y esperable en la zona de rocas carbonatadas de Uruguay, pueden considerarse razonables cifras del orden de U\$S 0,40 /lt. Estos valores fueron extraídos de la revista Maitre-Achats de abril de 1981.

La exportación deberá realizarse en envases de vidrio de sección cuadrada no retornables, lo que llevará el precio a U\$S0,60/l.

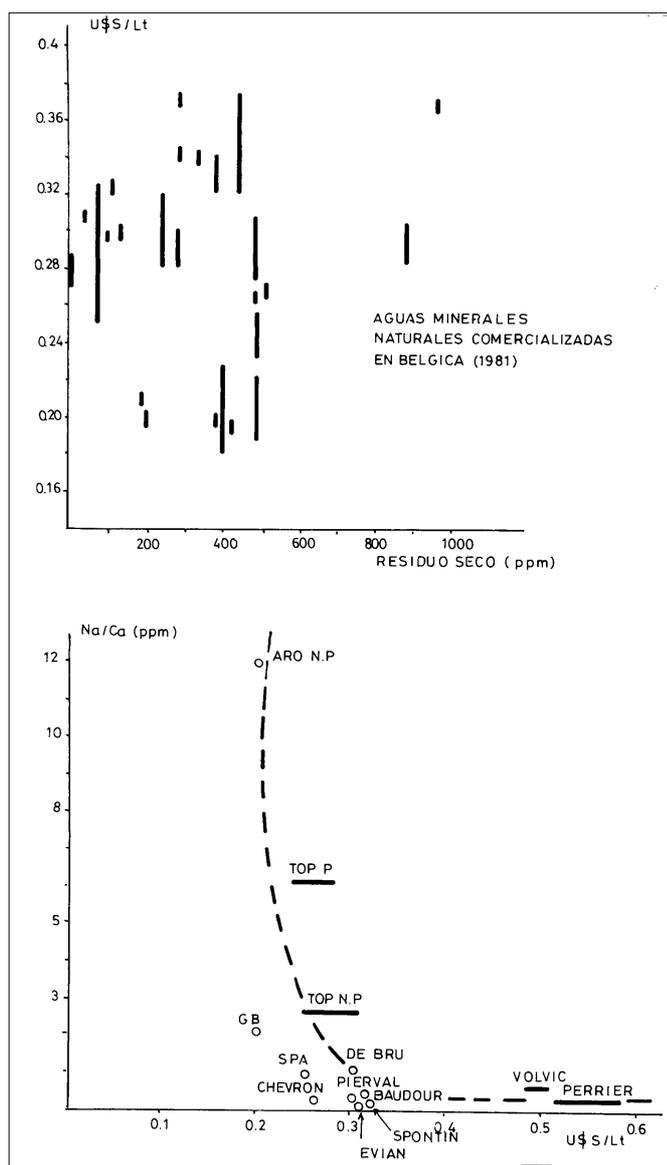


Figura N°11-17. Relación entre precio y contenido iónico.

Estas cifras son difíciles de alcanzar por las actuales empresas pero será necesario llegar a ellas mediante la instalación de plantas industriales que procesen volúmenes mayores con exclusivo destino a exportación.

El tamaño razonable estará alrededor de un millón de litros por día para lo cual se necesitan fuentes de 60.000 a 70.000 lt/h que se pueden conseguir con dos a tres surgentes en la vecindad, aunque no es de descartar la existencia de pozos con los caudales referidos si consiguen acceso a una cavidad kárstica (ver figura N°11-18).

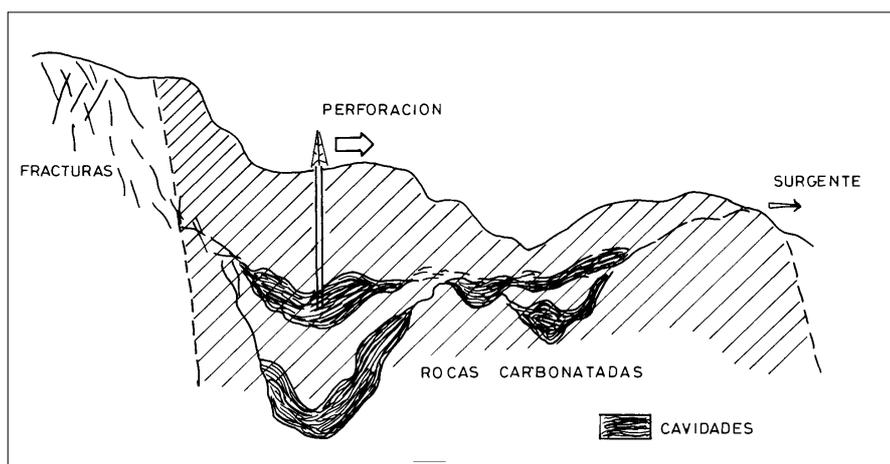


Figura N°11-18. Aprovechamiento de una fuente karstica

Para definir el margen de ganancia bruto (M) debe restarse del precio de venta, el costo de operación.

El costo de operación se compone de 3 rubros principales:

- Embotellado, gasificado, etiquetado (o no) y tapado
- Flete hasta el lugar de destino
- Comisión por distribución (ganancia del importador)

Para el proceso planteado, los costos serían en cifras aproximadas las siguientes expresadas en dólares USA:

envase de vidrio	0.16
lavado, llenado	0.11
flete	0.12
distribución	0.02
	U\$S 0.41 /Litro

El **margen de ganancia bruto (M)** incluye beneficios de la empresa, amortización de inversión (equipos y construcciones) y el valor intrínseco de agua a embotellar. Se estimará en U\$S 0.02 / litro.

Para una **escala anual de operaciones** de 300 millones de litros ( un millón de litros por día; 1000 m<sup>3</sup> / día <> 1200 ton/día) es posible que el margen de ganancia sea reducido, aunque para ello deban ajustarse rigurosamente todos los parámetros, de modo de evitar errores de cálculo. Ese margen reducido pero seguro puede dar beneficios anuales suficientes como para entusiasmar inversiones importantes de empresas del ramo ó de capitales que deseen devolución rápida de la inversión.

A título comparativo, la producción total anual uruguaya es del orden de 160 millones de litros con tendencia creciente, a razón de 10 millones de litros por año.

El **ingreso bruto anual (A)** es un parámetro fundamental para definir la rentabilidad potencial.

$$A = M \times N = U\$S 0.02 \times 300.000.000$$

$$A = U\$S 6.000.000$$

El **monto de amortización** es para un período de 10 años obteniendo 12 % de interés anual es de:

$$A' = \frac{P \times 1.12^{10}}{10} = 0.31 \quad P = \text{U\$S } 2:000.000$$

Los **beneficios** (A'') se definieron como

$$A'' = A - A'$$

$$A'' = 6:000.000 - 2:000.000 \cong \text{U\$S } 4:000.000$$

La **rentabilidad potencial** (B) sería:

$$B = \frac{A'' \times 100}{P} = \frac{4:000.000 \times 100}{6:600.000} = 60\%$$

Teniendo mercado de venta seguro,, la rentabilidad es excepcionalmente favorable para un recurso mineral. Es necesario tener presente que la inversión puede incrementarse para adquirir predios o derechos de explotación en campos de propietarios dispuestos a permitir la instalación de la empresa.

Estas cifras, aunque muy imprecisas por falta de información actualizada y correcta en muchos de los rubros manejados, son muy significativas para indicar que la explotación de aguas minerales de calidad internacionalmente aceptada, representen empresas de alta rentabilidad, desde que puedan operar grandes volúmenes con pequeñísimos márgenes de ganancia bruta.

Para ello es imprescindible la seguridad del mercado, y la naturaleza kárstica del recurso, que asegure la calidad constante del agua y constancia del caudal así como su posibilidad de renovación permanente e independiente de las condiciones climáticas estacionales o anuales.

A modo de conclusión general, Uruguay es un país con enormes reservas renovables de agua mineral de excelente calidad internacional. Todas las aguas surgentes analizadas de la denominada faja Lavallega tienen una composición química altamente satisfactoria con alta relación  $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^{+}$  y  $\text{CO}_3\text{H}^{-} / \text{Cl}^{-}$  así como cierto contenido en  $\text{Mg}^{++}$  que es considerado muy beneficioso para el metabolismo humano.

La explotación de este recurso mineral deberá encararse desde las esferas oficiales como una apuesta al futuro mediano (5-10 años) porque la instalación de plantas que produzcan en total un millón de litros por día no es una empresa inalcanzable y por el contrario puede adelantarse una elevada probabilidad de exportación si se estudian y manejan con seriedad muchos mercados importadores de agua mineral alrededor del mundo.

## Legislación existente

Los aspectos legales que rigen el derecho a usufructo industrial de las aguas minerales están contenidos en el Código de Aguas. En el Capítulo II art. 24 a 29 (de las Aguas manantiales) y en el Capítulo VI art. 42 a 56 (de las Aguas Subterráneas y Medicinales) , que fue aprobado en diciembre de 1978.

A continuación se transcriben los capítulos y artículos referidos porque merecen ser tenidos en cuenta por empresas que deseen explotar el recurso mineral que los autores de este ensayo consideran como de gran valor en el futuro mediano para su aprovechamiento industrial en Uruguay.

**Art. 24.-** Las disposiciones de este Capítulo se aplican a las aguas que surgen naturalmente a la superficie y corren sin llegar a constituir río o arroyo, aún cuando finalmente se reincorporen a ellos.

Cuando las aguas manantiales llegan a constituir ríos o arroyos, son aplicables a todo el curso de la corriente las disposiciones relativas a estos.

**Art. 25.-** pertenecen al dominio público las aguas manantiales que nacen continua o discontinuamente en terrenos de dicho dominio, aunque salgan de ellos. Podrán, no obstante, los propietarios de los predios por los que entraren a correr dichas aguas aprovecharlas, por orden sucesivo, para usos domésticos o productivos, mientras la autoridad titular del dominio correspondiente las deje correr.

Aún cuando esas aguas corran por terrenos privados, podrá también cualquier persona aprovecharse de ellas para los fines señalados en los numerales 1o y 2o del artículo 163, con tal que haya camino público que las haga accesibles.

**NOTA:** los numerales 1 y 2 del art. 163 dice textualmente: “ todos los habitantes podrán usar las aguas del dominio público y tramitar por sus álveos conforme a los reglamentos, para estos fines:

- 1º) Bebida e higiene humana
- 2º) Bebida del ganado

**Art. 26.-** las aguas manantiales que nacen continua o discontinuamente en terrenos particulares o fiscales pertenecen al dueño respectivo, quien podrá aprovecharse de ellas mientras escurran por su predio.

Si después de haber salido del predio de su nacimiento, estas aguas entran a correr por otro predio de propiedad particular o fiscal, el dueño de éste podrá, a su vez, usarlas y aprovecharlas mientras el propietario del predio donde nacen las aguas las deje correr y lo mismo podrán hacer, por su orden, los propietarios de los terrenos en que sucesivamente entren las aguas que no hubieren sido aprovechadas por los dueños de los terrenos superiores.

**Art. 27.-** El propietario del predio donde nace el agua, podrá. En cualquier momento, interrumpir o disminuir la salida de aquella a su terreno, aún cuando la estuvieren utilizando los dueños de los terrenos inferiores; salvo que alguno o algunas de dichos propietarios tuviere a su favor un derecho adquirido mediante modo hábil.

La prescripción, en los casos de este artículo, no se verificará sino por el goce no interrumpido durante treinta años, contados desde que el dueño del predio inferior ejecutó, en éste o en el predio superior, obras visibles y permanentes destinadas a facilitar el aprovechamiento de las aguas en su terreno.

No obstante, si el dueño del predio donde nace el agua no aprovecharse más que una parte fraccionaria, pero determinada de sus aguas, continuará, en épocas de disminución o empobrecimiento del manantial, usando y disfrutando la misma cantidad absoluta de agua, y la merma consiguiente será en desventaja y perjuicio de los propietarios de los terrenos inferiores, cualesquiera que fueren sus títulos al disfrute.

**Art. 28.-** Si las aguas manantiales a que se refiere el artículo 26 pasan a correr por predios del dominio público la autoridad titular de dicho dominio tendrá los mismos derechos otorgados a los propietarios de los predios inferiores por el artículo mencionado. Todos podrán, además aprovechar dichas aguas para los fines señalados en los numerales 1º y 2º del artículo 163, mientras escurran por dichos predios.

Si se incorporaran definitivamente a álveos públicos, adquirirán desde entonces tal carácter.

**Art. 29.-** Las aguas no aprovechadas por el dueño del predio donde nacen, así como las que sobrepasen de sus aprovechamientos, saldrán del predio por el mismo punto de su cauce natural y acostumbrado, salvo que todos los propietarios situados aguas abajo consintiesen en su desviación.

Lo mismo se entiende con el predio inmediatamente inferior respecto del siguiente, observándose siempre este orden.

**Art. 42.-** Las aguas subterráneas existentes o que se alumbren en terrenos del dominio público o fiscal son de propiedad estatal, salvo los derechos que pudieran haberse adquirido al amparo de los Art. 364 y 365 del código Rural.

El uso y aprovechamiento de tales aguas se regirá por lo dispuesto en el Título VI y en los arts. siguientes de este Código, en lo que fuere pertinente.

**Art. 43.-** El propietario de un predio lo será también de las aguas subterráneas que extrajere en el mismo con sujeción a lo dispuesto en los Art. 46 y siguientes de este Código.

Quien extrajera aguas subterráneas de un predio de propiedad particular con permiso de su propietario y con autorización del Ministerio competente otorgada de conformidad con las disposiciones de este Título, se hará dueño de las aguas extraídas, salvo que otra cosa se hubiese pactado con el propietario del predio.

**NOTA:** El trámite se realiza registrando el recurso en el Ministerio de Transporte y Obras Públicas

**Art. 44.-** Los titulares de concesiones mineras podrán aprovechar las aguas halladas en sus labores mientras conserven la concesión respectiva.

**Art. 45.-** toda persona, que por cuenta propia o ajena pretenda perforar el subsuelo para investigar o alumbrar aguas subterráneas deberá obtener licencia de perforador, expedida por el Ministerio competente conforme a las normas que éste estableciere. Dicho Ministerio podrá suspenderla o revocarla en caso de infracción a las disposiciones de este Código o a las normas legales o reglamentarias sobre la materia.

**Art. 46.-** La búsqueda de aguas subterráneas, las perforaciones y excavaciones del subsuelo para su alumbramiento, la instalación de maquinarias y equipos para extraerlas y elevarlas y la construcción de las obras que ello requiera, estarán sujetas a los reglamentos que se dicten y a las autorizaciones otorgadas por el Ministerio competente, cuando se trate de predios de propiedad particular, o a los permisos o concesiones que se otorguen, conforme a lo dispuesto en el Título VI, cuando se trate de bienes del dominio público o fiscal.

Al reglamentar y autorizar estas actividades, podrán también fijarse los horarios y caudales de extracción, previo aforo de los mismos.

**Art. 47.-** Para otorgar las autorizaciones y las concesiones o permisos en su caso, se cuidará que, como consecuencia de las obras o labores, no se produzca contaminación o perjuicio a las napas acuíferas, ni se deriven o distraigan aguas públicas de su corriente natural, ni se causen daños a terceros. Si tales hechos se produjeren, o existiere peligro de ello, el Ministerio respectivo adoptará las medidas que estimare pertinentes, de oficio o a petición de parte interesada, y podrá incluso disponer la suspensión de los trabajos por el tiempo que fuere necesario para solucionar la situación, o aún la cancelación de la autorización, o la revocación del permiso o concesión.

**Art. 48.-** Las autorizaciones para efectuar en las propiedades particulares las operaciones señaladas en el art. 46 se reputarán tácitamente denegadas si el Ministerio competente no las otorgare expresamente dentro de los plazos que fijará la reglamentación.

**Art. 49.-** En los predios privados no se requerirá autorización para excavar pozos ordinarios destinados solamente a dar satisfacción a las necesidades de bebida e higiene humana y bebida del ganado, así como a otros usos domésticos que determinare la reglamentación.

**Art. 50.-** Cuando se tratare de excavar pozos ordinarios en zonas urbanas, suburbanas y rurales deberá ajustarse a las normas vigentes, sanitarias o de otro orden.

**Art. 51.-** El Poder Ejecutivo reglamentará las distancias mínimas que deberán guardarse para ejecutar nuevos pozos artesianos, socavones o galerías, teniendo en cuenta la zona en que se practicaren, la naturaleza de los terrenos y las limitaciones establecidas en el Art. 47, y en leyes especiales.

**Art. 52.-** Las solicitudes de ejecución de calicatas o exploraciones en busca de aguas subterráneas, en terrenos públicos o fiscales, deberán indicar la ubicación y la extensión del

predio en donde se ejecutarán aquellas, la ubicación de los edificios de predios colindantes, los puntos en que serán practicadas y el destino que se dará a las aguas que se extrajeran. Deberá hacerse constar, asimismo, que las operaciones no infringen lo dispuesto en los artículos precedentes.

El Ministerio competente otorgará el permiso o concesión que correspondiere de acuerdo con lo dispuesto en el Título VI. Cuando las solicitudes tuvieren por objeto la ejecución de calicatas, o explotaciones en propiedades particulares, además de las indicaciones precedentes, se deberá hacer constar fehacientemente la conformidad del propietario del predio si no fuese él quien solicitare la autorización.

**Art. 53.-** Cuando se autorizare la ejecución de calicatas, se demarcará una zona de forma poligonal, preferentemente rectangular, dentro de la cual nadie podrá hacer iguales exploraciones. La dimensión de esta zona dependerá de la constitución y circunstancias del terreno, pero nunca excederá de veinte hectáreas. Una misma persona podrá obtener, a la vez o sucesivamente, autorizaciones, permisos o concesiones para diversas zonas cumpliendo, respecto de cada una, con las condiciones estipuladas en este Capítulo.

**Art. 54.-** La reglamentación fijará los plazos en que caducarán las autorizaciones, permisos o concesiones para búsqueda, alumbramiento y uso de aguas subterráneas por inacción de los interesados.

**Art. 55.-** Serán aplicables a las aguas alumbradas las disposiciones de los art. 25. 26 y 27.

**Art. 56.-** Se consideran aguas medicinales o mineralizadas, según los casos, aquellas que, por su temperatura, características físicas o composición química, sean susceptibles de aplicación terapéutica o dietética en relación con la salud humana.

Compete al Ministerio de Salud Pública señalar, genéricamente o en cada caso, las aguas que pertenezcan a estas categorías, y determinar la naturaleza de sus aplicaciones, y si su uso requiere o no vigilancia médica.

Regirán para estas aguas las normas relativas a aguas manantiales, subterráneas o de río o arroyos, según sea el caso; pero para su aprovechamiento en cuanto tales, deberá recabarse la opinión del citado Ministerio, previamente al otorgamiento de la autorización, permiso o concesión.

Merece la pena introducir un comentario del Correo de la Unesco de febrero de 1999 Salud embotellada.

Este artículo fue muy significativo para los autores de este ensayo en el enfoque a dar al tema y por eso se consideró de interés tratarlo con mucho detalle.

## Salud embotellada

**A**gua: H<sub>2</sub>O. Dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, pero también potasio, hierro, sodio, calcio, magnesio, bicarbonatos... y a veces burbujas. El mercado mundial del agua embotellada, dominado por las multinacionales Nestlé y Danone, es un sector en pleno crecimiento, con 80.000 millones de litros consumidos por año.

La definición de agua mineral aceptada por el *Codex Alimentarius* de la FAO, que sirve de referencia entre Estados, estipula que las aguas minerales naturales son las directamente extraídas del suelo, embotelladas cerca del manantial, de composición estable y con el mínimo tratamiento, lo cual excluye las aguas mineralizadas a posteriori, las medicinales (a menudo vendidas en farmacias y con efectos medicamentosos) o las simplemente embotelladas. El agua mineral, sinónimo de salud y calidad de vida, es también un mercado en crecimiento. Según datos de la consultoría especializada Euromonitor, sus ventas mundiales aumentaron un 25,5% entre 1993 y 1997, pasando de 46.430 a 58.290 millones de litros.

En cuanto al consumo, italianos y franceses parecen ser los que más sed tienen de este producto, pues consumen anualmente más de cien litros per cápita, el doble que los españoles (55 litros) y veinte veces más que los japoneses (cinco litros). En muchos países en vías de desarrollo, en cambio, el agua embotellada es de obligado consumo debido a la escasa calidad del agua de la red. En este sentido, el último *Informe sobre desarrollo humano* del PNUD destaca que si toda la población mundial tuviera acceso a agua potable y limpia, se salvarían anualmente dos millones de vidas. ■