

Análisis de las aguas minerales de la provincia de Entre Ríos, Argentina

FRANCISCO ARMIJO¹, DANIEL DE MICHELE², MARTA GIACOMINO²,
ANDRÉS BELDERRAIN², ILUMINADA CORVILLO¹, FRANCISCO MARAVER¹

¹ Cátedra de Hidrología Médica. Facultad de Medicina. Universidad Complutense
28040 Madrid. España

² Departamento de Postgrado Facultad de Ciencias de la Salud.
Universidad Nacional de Entre Ríos. Argentina
3260 - Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina
Correo electrónico: hidromed@med.ucm.es

RESUMEN

Este trabajo reúne el análisis de nueve aguas minerales de la provincia de Entre Ríos - Argentina, de las termas: Colon, La Paz, María Grande, San José, Villa Elisa, Concordia, Chajarí, Federación y Gualeguachú. Los parámetros analizados han sido los necesarios para la clasificación de las aguas de acuerdo con los criterios utilizados para las mineromedicinales en España. También se han determinado aquellos otros parámetros que son indispensables para el conocimiento de la calidad del análisis siguiendo las indicaciones del Standard Methods. Los análisis se han realizado a pie de manantial por el equipo del Departamento de Postgrado de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UNER, los fisicoquímicos en el Laboratorio de la Cátedra de Hidrología Médica de la Facultad de Medicina de la UCM y la radiactividad por el Laboratorio de Radón de la Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina.

Palabras clave

Análisis Aguas, Aguas Minerales, Aguas Mineromedicinales, Aguas Minerales Naturales, Entre Ríos, Argentina

Analysis of the Mineral Waters of the Province of Entre Ríos, Argentina

ABSTRACT

This work covers the analysis of nine mineral waters of the province of Entre Ríos - Argentina, from the springs of: Colon, La Paz, María Grande, San José, Villa Elisa, Concordia, Chajarí, Federación and Gualeguachú. The parameters analysed were those needed for the classification of the

waters, according to the criteria used for medical mineral waters in Spain. Other parameters were also determined which are considered to be indispensable for evaluating the quality of analysis according to the indications of the Standard Method. The analysis was done in situ at the springs by the team of the Postgraduate Department of the Health Sciences Faculty of the UNER, the physiochemical analysis in the Laboratory of the Chair of Medical Hydrology of the Faculty of Medicine of the UCM and the radioactivity analysis in the Radon Laboratory of the Nuclear Regulatory Authority of Argentina.

Key words

Waters Analysis, Mineral Waters, Medical Mineral Waters, Natural Mineral Waters, Entre Ríos, Argentina

INTRODUCCIÓN

Podemos definir como aguas minerales aquellas que naturalmente brotan de la tierra (de manera espontánea o mediante sondeo) y llevan en disolución sustancias minerales. Cuando se usan para la curación de alguna dolencia las llamaremos Mineromedicinales. A la definición de estas últimas debemos añadirle un dato más y así el Profesor Armijo Valenzuela las define como *“aquellas aguas que, por sus especiales características, se han acreditado oficialmente como agentes terapéuticos y han sido declaradas de utilidad pública por los Organismos pertinentes”*.

Esta definición incluye el concepto, que desde un punto de vista fisicoquímico podemos definir como: *“sistemas heterogéneos formados por una suspensión de fases sólidas de naturaleza orgánica e inorgánica en una fase líquida formada por una solución de solutos moleculares o iónicos de naturaleza orgánica e inorgánica cuyo solvente es la sustancia que llamamos agua”*.

Partiendo de esta sustancia básica, el agua, las Minerales han alcanzado su composición debido a las especiales características de esta molécula, que por su pequeño tamaño, su disposición angular, su elevado momento dipolar y su capacidad de formar puentes de hidrógeno, es capaz de disolver fácilmente sustancias iónicas y polares en condiciones normales de presión y temperatura.

Las sustancias disueltas que presentan las aguas Mineromedicinales, recogidas en su fluir por las capas freáticas, son función de la superficie de contacto, de la topología del terreno, de la temperatura, de la presión y del tiempo de contacto. Algunas de estas sustancias les proporcionan propiedades curativas y su empleo se remonta a los orígenes de la humanidad como lo atestiguan los asentamientos que se sitúan en sus cercanías.

Las peculiares características organolépticas que presentan estos manantiales, como la elevada temperatura de las aguas hipertermales, la presencia de gases de las carbogaseadas, el olor a huevos podridos de las sulfuradas, el sabor salino o amargo de las cloruradas o magnésicas y el color rojizo de su entorno de las ferruginos-

sas, movió al hombre a probar sus posibles efectos utilizándolas cuando descubría su eficacia.

La capacidad curativa de las aguas y la relación composición, actividad, alentó a los médicos hidrólogos en su afán por conocer el origen y naturaleza de sus componentes beneficiosos, empujando a su vez a los químicos a desarrollar técnicas analíticas que los descubrieran y cuantificaran.

Basta con recordar que el mayor analista del siglo XVIII, el profesor de Upsala, T.O. Bergman describió procedimientos sistemáticos para la realización de análisis de aguas, utilizando métodos gravimétricos, o que en 1784 el francés Guyton de Morveau introdujo un método para la medida del gas carbónico de las aguas de Vichy, utilizando por primera vez una bureta, que describió como instrumento de medida graduado para uso en las determinaciones volumétricas.

El espectacular avance de las técnicas de análisis químico de los últimos cincuenta años se ha llevado también al estudio y control de todo tipo de aguas dada la importancia que esta sustancia tiene desde puntos de vista médico, alimentario o higiénico.

El resultado ha sido el gran número de determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas que son necesarias para el control de las aguas potables y envasadas y el aluvión de datos en los libros de Hidrología Médica y Guías de Balnearios con resultados y clasificaciones de las aguas no siempre uniformes y difícilmente comparables.

1. Parámetros analizados

Una característica importante de los análisis de los manantiales reunidos en este trabajo es la homogeneidad, se han seguido siempre las mismas técnicas tanto en la toma y conservación de las muestras, como en los análisis fisicoquímicos realizados.

Las sustancias y propiedades analizadas en las aguas han sido solamente las necesarias para clasificarlas desde el punto de vista de la Hidrología Médica y las consideradas imprescindibles para comprobar la corrección del análisis.

Entre las primeras tenemos la *temperatura* en el manantial, el *residuo seco a 110 °C*, la *radiactividad*, los gases *dióxido de carbono* y *sulfuro de hidrógeno*, los iones *cloruro*, *carbonato*, *bicarbonato*, *sulfato*, *sulfhidrato*, *sodio*, *calcio*, *magnesio* y el *hierro total*.

En cuanto a las segundas tenemos la conductividad, el pH, y los residuos secos a 180 y 550 °C., así como los iones nitrato, fluoruro, bromuro, litio, potasio y estroncio.

Se han incluido también las propiedades olor, color sabor, turbidez, dureza y alcalinidad, derivados de la presencia de algunos componentes que pueden ayudar al conocimiento organoléptico de las aguas.

2. Métodos

2.1. Toma de muestra

La toma de muestras se ha realizado siguiendo las recomendaciones incluidas en el apartado 1060 B de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater en su 21^a edición¹.

Para cada análisis se han tomado cuatro tipos de muestras:

El primero para hacer el análisis de los **cationes**. Se han recogido medio litro de muestra en frascos de material polimérico, nuevos, estériles y dotados de cierre hermético, estabilizándose inmediatamente por la adicción de HNO₃ hasta pH inferior a dos, conservándose posteriormente a 4°C.

El segundo, para el análisis de los **aniones**. Se han recogido un litro de agua en el mismo tipo de envase polimérico conservándose en la oscuridad.

El tercero se toma cuando se confirma, mediante una prueba cualitativa realizada a pie de manantial, la existencia de **azufre reducido** en el agua. Ninguna de las muestras resulto positiva por lo tanto no se fijo para el análisis cuantitativo posterior.

En cuanto a la **radiactividad**, se tomaron muestras de aguas termales de los caños de derivación más cercanos al pozo principal de extracción del agua termal para determinar las concentraciones de gas radón, Pb²¹⁰, Ra²²⁶ y Uranio natural.

A pie de manantial se han determinado la **temperatura del agua**, la **conductividad**, el **dióxido de carbono**, la presencia de **azufre reducido** y las **propiedades organolépticas**.

2.2. Métodos analíticos

Para realizar los análisis incluidos en este trabajo hemos seguido principalmente las técnicas de: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater en su 21^a edición. (**SM**)¹, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (**AOAC**)², y Norma US EPA (**EPA**)³.

La medida de la radiactividad se ha realizado en el Laboratorio de Radón de la Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina.

En primer lugar, se realizó la determinación de concentración de radón en agua por medio de la técnica de centelleo líquido⁴. Este procedimiento se aplica en la medición de Rn 222 que se encuentra disuelto en agua.

La medición por centelleo líquido determina la concentración de Rn 222 en forma directa, requiriendo solamente alcanzar el equilibrio entre el gas y sus productos de desintegración de período corto.

Las determinaciones de plomo y radio se realizaron también por centelleo líquido, en el equipo anteriormente mencionado, después de un proceso de separación basado en la precipitación del plomo como sulfato y del radio como un coprecipitado obtenido a partir de la precipitación del sulfato de bario⁵.

La concentración de uranio natural se determinó por medio de la técnica de fosforescencia cinética (KPA).

PROPIEDADES FÍSICAS Y ASIMILADAS

<i>MEDIDA</i>	<i>MÉTODO</i>	<i>APARTADO</i>
Alcalinidad	Volumétrico	(SM) 2320 B
Conductividad	Electrométrico	(SM) 2510 B
Dureza	Cálculo	(SM) 2340 B
Residuo seco total a 550 ° C	Gravimétrico	(SM) 2540 E
Residuo seco total a 110 ° C	Gravimétrico	(SM) 2540 B
Residuo seco total a 180 ° C	Gravimétrico	(SM) 2540 C
Temperatura	Electrométrico	(SM) 2550 B

METALES

<i>MEDIDA</i>	<i>MÉTODO</i>	<i>APARTADO</i>
Calcio	Cromatografía Iónica	(EPA) 3007
Estroncio	Cromatografía Iónica	(EPA) 3007
Hierro	Espectroscopía de Absorción Atómica	(SM) 3111B
Litio	Cromatografía Iónica	(EPA) 3007
Magnesio	Cromatografía Iónica	(EPA) 3007
Potasio	Cromatografía Iónica	(EPA) 3007
Sodio	Cromatografía Iónica	(EPA) 3007

COMPONENTES INORGÁNICOS NO METALICOS

<i>MEDIDA</i>	<i>MÉTODO</i>	<i>APARTADO</i>
Bicarbonatos	Volumetría	(AOAC) 33017
Bromuros	Cromatografía Iónica	(SM) 4110B
Carbonatos	Volumetría	(AOAC) 33017
Cloruros	Cromatografía Iónica	(SM) 4110 B
Dióxido de Carbono	Volumetría	(SM) 4500 CO ₂ C
Fluoruros	Electrometría Ion Selectivo	(SM) 4500 F- G
Nitratos	Cromatografía Iónica	(SM) 4110 B
pH	Electrometría	(SM) 4500 H ⁺ B
Sulfatos	Cromatografía Iónica	(SM) 4110 B
Sulfhidrato	Cálculo	(SM) 4500 S ²⁻ F
Sulfuro de Hidrogeno	Cálculo	(SM) 4500 S ²⁻ F
Sulfuro total	Volumetría yodométrica	(SM) 4500 S ²⁻ E

RADIOACTIVIDAD

<i>MEDIDA</i>	<i>MÉTODO</i>	<i>APARTADO</i>
Plomo	Centelleo	
Radio	Centelleo	(SM) 7500 Ra
Uranio	Fosforescencia	(SM) 7500 U
Radón	Centelleo	(SM) 7500 Ra

3. MATERIAL

En las determinaciones realizadas se han utilizado, además del material usual de laboratorio los equipos que se indican a continuación:

- Balanza Analítica, marca Denver, modelo AA-160
- Baño termostático, marca Raypa, modelo BAE-6
- Conductímetro, marca YSI, modelo 30/10 FT
- Contador de centelleo líquido Packard Tri-Carb TR/AB
- Cromatógrafo iónico, marca Dionex, modelo DX120
- Equipo de fosforescencia cinética KPA
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica, marca GBC, modelo 932
- Estufa, marca Heraeus, modelo T 6120
- Horno mufla, marca Heraeus, modelo M110
- pH metro, marca Hach modelo Sension2
- Sonda multiparamétrica
- Test kit Hydrogen Sulfide HS – C

4. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS

Podemos decir que no existen dos aguas Minerales iguales, la gran diversidad de tipos de aguas llevó a los hidrólogos a presentar clasificaciones y denominaciones muy complicadas que poco hacían para informar a los médicos y a los usuarios.

Enfrentados a un vasto campo de posibilidades actualmente se tiende a dividir el conjunto en grupos más pequeños basados en características fisicoquímicas definidas a las que pueden atribuir propiedades curativas concretas.

La clasificación, en general, es un sistema de obtención y almacenamiento de información, y constituye el eje de las garantías de que disfrutan y deben usar los médicos hidrólogos, teniendo que ser, por tanto, muy efectivas.

De los libros de Hidrología han desaparecido denominaciones como las de aguas azoadas, arsenicales, litínicas o silicatadas que no han demostrado su eficacia terapéutica y por tanto la necesidad de incluirlas en una clasificación.

Para clasificar las aguas en función de la **Temperatura** desde el punto de vista balneoterápico resulta interesante considerarla en relación con la temperatura fisiológica indiferente del organismo. Así se pueden clasificar como **Hipotermales** de menos de 35 °C., **Mesotermales**, entre 35 y 37°C, e **Hipertermales** de más de 37 °C.

Por la **Mineralización global** se han dividido las aguas mineromedicinales utilizando el **Residuo seco a 110 °C.**, en:

- **Oligometálicas** : cuando el residuo seco es inferior a 100 mg/L.
- **De Mineralización muy débil**: con residuo seco comprendido entre 100 y 250 mg/L.
- **De Mineralización débil**: con residuo seco comprendido entre 250 y 500 mg/L.
- **De Mineralización media**: con residuo seco comprendido entre 500 y 1000 mg/L.
- **De Mineralización fuerte**: con residuo seco superior a 1000 mg/L.

Cuando las aguas tengan más de un gramo de mineralización global, la clasificación de las aguas, se hará según el **contenido aniónico y catiónico predominante**. Se considerarán como **bicarbonatadas, cloruradas, sulfatadas, sódicas, cálcicas ó magnésicas** cuando el ión correspondiente supere el 20 por ciento del contenido aniónico o catiónico expresado en equivalentes.

Cuando la mineralización no supere el gramo de residuo se indicarán solo como iones predominantes, con el mismo criterio que en el caso anterior.

Además existen otros elementos especiales con efectos beneficiosos para el organismo, que, sin ser predominantes, permiten clasificar las aguas en función de su presencia en determinada concentración.

- En España se clasifica como aguas **Ferruginosas** las que tengan más de 5 mg/L de hierro total.
- Se clasificaran como **Sulfuradas** las que tengan mas de 1 mg/L de azufre en forma de SH₂, SH⁻.
- Se consideran como aguas **Carbogaseosas**, las que tiene más de 250 mg/L de CO₂ libre.
- Se clasifican como **Radiactivas** las que tienen más de 67,3 Bq/L de Radón.
- En cuanto a la **Dureza** utilizaremos la clasificación de Girard⁶ que considera:

- **Aguas muy Blandas:** aquellas que tienen entre 0 y 100 mg/L de CaCO_3
- **Aguas Blandas:** aquellas que tienen entre 100 y 200 mg/L de CaCO_3
- **Aguas Duras:** aquellas que tienen entre 200 y 300 mg/L de CaCO_3
- **Aguas muy Duras:** aquellas que tienen entre 300 y 400 mg/L de CaCO_3
- **Aguas extremadamente Duras:** aquellas que tienen más 400 mg/L de CaCO_3 .

5. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Para la expresión de los resultados se ha utilizado una plantilla tipo en la que se exponen los valores obtenidos de manera que resulten útiles para el lector, resaltándose en negrita los que permiten clasificar el agua siguiendo los criterios indicados anteriormente⁷.

Los tres primeros apartados de la plantilla se utilizan para la identificación del balneario y el manantial. El cuarto incluye las llamadas propiedades organolépticas y el quinto las propiedades fisicoquímicas.

Los dos siguientes apartados se dedican a los residuos secos a 180 y 110 ° C

Los resultados analíticos de las sustancias disueltas se exponen, en el siguiente, divididos en aniones y cationes. En ambos casos la primera columna incluye el nombre del ión, la segunda se dedica a la concentración dada en mg/L, en la tercera se muestra en miliequivalentes por litro, para comprobar el balance iónico y en la cuarta se dispone la composición centesimal en miliequivalentes para poder clasificar las aguas⁸.

Los gases disueltos, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y oxígeno, expresados en mg/L ocupan otro apartado, dejándose los dos últimos para la radiactividad y las propiedades derivadas obtenidas por cálculo, la dureza y la alcalinidad.

Al final se incluye una clasificación del agua en base a los resultados y criterios ya dados.

Creemos que esta exposición es suficiente para explicar el porqué de los análisis fisicoquímicos incluidos en este trabajo, las líneas básicas seguidas en su confección, los materiales y métodos utilizados y los criterios de clasificación de las aguas.

Resultados

A continuación se reúnen los datos obtenidos a pie de manantial, la radiactividad medida por el Laboratorio de Radón de la Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina (trabajo publicado en éste mismo número), así como el análisis fisicoquímico de las muestras de aguas llegadas al Laboratorio de la Cátedra de Hidrología Médica de la Facultad de Medicina de la UCM.



Mapa 1. Termas de la Provincia de Entre Ríos - Argentina

TERMAS COLÓNMANANTIAL: **COLÓN**POBLACIÓN: **COLÓN****ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO**

SABOR	INSÍPIDO
OLOR	INODORO
COLOR	INCOLORO

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

TEMPERATURA	° C	25.2
CONDUCTIVIDAD a 25 °C	$\mu\text{S cm}^{-1}$	1427
pH a temperatura del manantial		9.31
RESIDUO SECO a 180 °C	mg/L	860.6
RESIDUO SECO a 110 °C	mg/L	871

SUSTANCIAS DISUELTAS

	<i>ANIONES</i>			<i>CATIONES</i>			
	mg/L	meq/L	% meq	mg/L	meq/L	% meq	
Cl⁻	133.47	3.765	27.02	Na⁺	324.94	14.135	99.29
F⁻	4.68	0.246	1.77	K⁺	1.98	0.051	0.36
HCO₃⁻	201.3	3.299	23.68	Ca⁺⁺	0.91	0.045	0.32
CO₃⁼	40.00	1.333	9.57	Mg⁺⁺	0.06	0.005	0.03
NO₃⁻	0.36	0.006	0.04				
SO₄⁼	253.82	5.285	37.92				

GASES DISUELTOS

CO₂	mg/L	3.9
SH₂	mg/L	0.0
O₂	mg/L	8.9

RADIOACTIVIDAD

	<i>ACTIVIDAD</i>	<i>ERROR</i>	<i>LD</i>
Rn (Bq/L)	2.273	0.489	1.114
Ra ²²⁶(Bq/L)	<LD	-	0.014
U (mg/L)	10.0	1.0	-
Pb²¹⁰(Bq/L)	<LD	-	59

PROPIEDADES DERIVADAS

DUREZA	mg/L CO ₃ Ca	2.5
ALCALINIDAD	mg/L CO ₃ Ca	165.0

CLASIFICACIÓN

Por su TEMPERATURA	HIPOTERMAL
Por su MINERALIZACIÓN	MINERALIZACIÓN MEDIA
Por su COMPOSICIÓN	Iones predominantes Sulfato, Cloruro, Bicarbonato y Sodio
Por su DUREZA	MUY BLANDA

TERMAS COLÓN

Situada al E de la provincia en la costa del Río Uruguay (Mapa 1), a 290 km de Paraná y a 320 km de Buenos Aires.

El agua se extrae por inyección a una profundidad de perforación de 1502 m.b.b.p. según Geología del Ente Regulador de Argentina, con un caudal surgente de 145 m³/h.

Indicaciones

Se utiliza en el tratamiento de procesos del aparato urinario por vía digestiva, y aparato locomotor, respiratorio, ORL, y ginecológico por vía tópica.

Contraindicaciones

Intolerancia digestiva, dificultad urinaria, insuficiencias graves o descompensadas y fases agudas de las patologías indicadas. Así como las contraindicaciones generales de la Crenoterapia,

TERMAS LA PAZMANANTIAL: **LA PAZ**POBLACIÓN: **LA PAZ****ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO**

SABOR	MUY SALINO
OLOR	INODORO
COLOR	INCOLORO

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

TEMPERATURA	° C	40.7
CONDUCTIVIDAD a 25 °C	$\mu\text{S cm}^{-1}$	136600
pH a temperatura del manantial		8.58
RESIDUO SECO a 180 °C	mg/L	82369.0
RESIDUO SECO a 110 °C	mg/L	82691.0

SUSTANCIAS DISUELTAS

	<i>ANIONES</i>			<i>CATIONES</i>			
	mg/L	meq/L	% meq	mg/L	meq/L	% meq	
Cl⁻	37252.1	1050.882	84.84	Na⁺	28991.5	1261.130	93.38
F⁻	0.95	0.050	0.00	K⁺	120.89	3.141	0.23
B⁻	125.11	1.566	0.13	Ca⁺⁺	1026.65	51.230	3.79
HCO₃⁻	195.2	3.199	0.26	Mg⁺⁺	426.42	35.090	2.60
NO₂⁻	13.54	0.294	0.02				
NO₃⁻	12.16	0.196	0.02				
SO₄⁼	8761.23	182.409	14.73				

GASES DISUELTOS

CO₂	mg/L	22.7
SH₂	mg/L	0.0
O₂	mg/L	1.6

RADIOACTIVIDAD

	<i>ACTIVIDAD</i>	<i>ERROR</i>	<i>LD</i>
Rn (Bq/L)	<LD	-	1.114
Ra ²²⁶(Bq/L)	<LD	-	0.014
U (mg/L)	19.4	1.9	-
Pb²¹⁰(Bq/L)	<LD	-	59

PROPIEDADES DERIVADAS

DUREZA	mg/L CO ₃ Ca	4319.5
ALCALINIDAD	mg/L CO ₃ Ca	160.0

CLASIFICACIÓN

Por su TEMPERATURA	HIPERTERMAL
Por su MINERALIZACIÓN	MINERALIZACIÓN FUERTE
Por su COMPOSICIÓN	CLORURADA, SÓDICA
Por su DUREZA	EXTREMADAMENTE DURA

TERMAS LA PAZ

Situada en el extremo NO de la Provincia de Entre Ríos rodeada por el Paraná (Mapa 1). El complejo Termas de La Paz, se encuentra sobre las barrancas del río Paraná a 168 km de Paraná y a 525 de Buenos Aires.

El agua se extrae por inyección a una profundidad de perforación de 1001 m.b.b.p., con un caudal surgente de 47 m³/h; después van al desagüe colector y al río Paraná.

Están indicadas en el tratamiento de procesos del aparato, locomotor, dermatológico y ginecológico en aplicaciones tópicas.

TERMAS MARÍA GRANDEMANANTIAL: **MARÍA GRANDE**POBLACIÓN: **MARÍA GRANDE****ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO**

SABOR	MUY SALINO
OLOR	INODORO
COLOR	INCOLORO

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

TEMPERATURA	° C	40.2
CONDUCTIVIDAD a 25 °C	$\mu\text{S cm}^{-1}$	174600
pH a temperatura del manantial		7.58
RESIDUO SECO a 180 °C	mg/L	104614.0
RESIDUO SECO a 110 °C	mg/L	104832.0

SUSTANCIAS DISUELTAS

	ANIONES			CATIONES			
	mg/L	meq/L	% meq	mg/L	meq/L	% meq	
Cl ⁻	54831	1546.783	92.16	Na ⁺	40603.78	1766.264	96.03
F ⁻	1.57	0.083	0.00	K ⁺	234.61	6.095	0.33
B ⁻	167.62	2.099	0.13	Ca ⁺⁺	1286.26	64.184	3.49
HCO ₃ ⁻	42.7	0.700	0.04	Mg ⁺⁺	32.9	2.707	0.15
NO ₂ ⁻	16,28	0.354	0.02				
SO ₄ ⁼	6167.54	128.408	7.65				

GASES DISUELTOS

CO₂	mg/L	22.7
SH₂	mg/L	0.0
O₂	mg/L	1.3

RADIOACTIVIDAD

	<i>ACTIVIDAD</i>	<i>ERROR</i>	<i>LD</i>
Rn (Bq/L)	<LD	-	1.114
Ra ²²⁶(Bq/L)	<LD	-	0.014
U (mg/L)	2.6	0.3	-
Pb²¹⁰(Bq/L)	<LD	-	59

PROPIEDADES DERIVADAS

DUREZA	mg/L CO ₃ Ca	3347.3
ALCALINIDAD	mg/L CO ₃ Ca	35.0

CLASIFICACIÓN

Por su TEMPERATURA	HIPERTERMAL
Por su MINERALIZACIÓN	MINERALIZACIÓN FUERTE
Por su COMPOSICIÓN	CLORURADA, SÓDICA
Por su DUREZA	EXTREMADAMENTE DURA

TERMAS MARÍA GRANDE

Situada al O de la provincia (Mapa 1) a 60 km de Paraná y 440 km de Buenos Aires.

El agua se extrae por inyección a una profundidad de perforación de 1376 m.b.b.p., con un caudal por aspiración de 16 m³/h; después de su uso pasa a una pileta de decantación para posteriormente ser reinyectada.

Están indicadas en el tratamiento de procesos del aparato, locomotor, dermatológico y ginecológico en aplicaciones tópicas.

TERMAS SAN JOSÉMANANTIAL: **SAN JOSÉ**POBLACIÓN: **SAN JOSÉ****ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO**

SABOR	INSÍPIDA
OLOR	INODORO
COLOR	INCOLORO

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

TEMPERATURA	° C	37.5
CONDUCTIVIDAD a 25 °C	$\mu\text{S cm}^{-1}$	1286
pH a temperatura del manantial		9.07
RESIDUO SECO a 180 °C	mg/L	763.8
RESIDUO SECO a 110 °C	mg/L	766.4

SUSTANCIAS DISUELTAS

	ANIONES			CATIONES			
	mg/L	meq/L	% meq	mg/L	meq/L	% meq	
Cl⁻	115.39	3.255	25.57	Na⁺	307.74	13.387	99.12
F⁻	2.83	0.149	1.17	K⁺	2.21	0.057	0.43
HCO₃⁻	341.6	5.599	43.98	Ca⁺⁺	1026.65	0.96	0.048
CO₃⁼	35.00	1.167	9.16	Mg⁺⁺	426.42	0.17	0.014
NO₃⁻	0.31	0.005	0.04				
SO₄⁼	122.72	2.555	20.07				

GASES DISUELTOS

CO₂	mg/L	22.7
SH₂	mg/L	0.0
O₂	mg/L	5.15

RADIOACTIVIDAD

	<i>ACTIVIDAD</i>	<i>ERROR</i>	<i>LD</i>
Rn (Bq/L)	5.957	1.246	1.114
Ra ²²⁶(Bq/L)	<LD	-	0.014
U (mg/L)	27.1	2.7	-
Pb²¹⁰(Bq/L)	<LD	-	59

PROPIEDADES DERIVADAS

DUREZA	mg/L CO ₃ Ca	3.1
ALCALINIDAD	mg/L CO ₃ Ca	280.0

CLASIFICACIÓN

Por su TEMPERATURA	HIPERTERMAL
Por su MINERALIZACIÓN	MINERALIZACIÓN MEDIA
Por su COMPOSICIÓN	Iones predominantes Bicarbonato, Cloruro, Sulfato y Sodio
Por su DUREZA	MUY BLANDA

TERMAS SAN JOSÉ

Situadas al E de la provincia, a orillas del Río Uruguay (Mapa 1), a 240 km de Paraná y a 325 de Buenos Aires,

El agua se extrae por inyección a una profundidad de perforación de 885 m.b.b.p. según Geología del Ente Regulador de Argentina, con un caudal surgente de 12 m³/h; van al río Uruguay.

Están indicadas en el tratamiento de procesos del aparato urinario por vía digestiva, y aparato locomotor, respiratorio y ORL, y ginecológico por vía tópica.

TERMAS VILLA ELISAMANANTIAL: **VILLA ELISA**POBLACIÓN: **VILLA ELISA****ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO**

SABOR	SALINO
OLOR	INODORO
COLOR	INCOLORO

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

TEMPERATURA	° C	38.5
CONDUCTIVIDAD a 25 °C	$\mu\text{S cm}^{-1}$	25100
pH a temperatura del manantial		7.95
RESIDUO SECO a 180 °C	mg/L	17603.0
RESIDUO SECO a 110 °C	mg/L	17697.0

SUSTANCIAS DISUELTAS

	ANIONES			CATIONES			
	mg/L	meq/L	% meq	mg/L	meq/L	% meq	
Cl⁻	6867.94	193.745	71.83	Na⁺	5523.92	240.291	89.66
F⁻	0.48	0.025	0.01	K⁺	18.38	0.478	0.18
B⁻	21.31	0.267	0.10	Ca⁺⁺	443.29	22.120	8.25
HCO₃⁻	109.8	1.800	0.67	Mg⁺⁺	62.2	5.118	1.91
NO₂⁻	9.96	0.217	0.08				
NO₃⁻	1.28	0.021	0.01				
SO₄⁼	3537.13	73.643	27.30				

GASES DISUELTOS

CO₂	mg/L	22.7
SH₂	mg/L	0.0
O₂	mg/L	4.76

RADIOACTIVIDAD

	<i>ACTIVIDAD</i>	<i>ERROR</i>	<i>LD</i>
Rn (Bq/L)	2.625	0.560	1.114
Ra ²²⁶(Bq/L)	0.097	0.021	0.014
U (mg/L)	2.4	0.2	-
Pb²¹⁰ (Bq/L)	72	27	59

PROPIEDADES DERIVADAS

DUREZA	mg/L CO ₃ Ca	136.3
ALCALINIDAD	mg/L CO ₃ Ca	90.0

CLASIFICACIÓN

Por su TEMPERATURA	HIPERTERMAL
Por su MINERALIZACIÓN	MINERALIZACIÓN FUERTE
Por su COMPOSICIÓN	CLORURADA, SULFATADA, SÓDICA
Por su DUREZA	BLANDA

TERMAS VILLA ELISA

Situada en el E de la provincia de Entre Ríos (Mapa 1), 220 km de Paraná y a 350 km de Buenos Aires

El agua se extrae por inyección a una profundidad de perforación de 1036 m.b.b.p. según Geología del Ente Regulador de Argentina, con un caudal por aspiración de 50 m³/h; la fecha del alumbramiento es de 09-03-1997.

Están indicadas en el tratamiento de procesos del aparato, locomotor, dermatológico y ginecológico en aplicaciones tópicas.

TERMAS CONCORDIAMANANTIAL: **CONCORDIA**POBLACIÓN: **CONCORDIA****ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO**

SABOR	MUY SALINO
OLOR	INODORO
COLOR	INCOLORO

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

TEMPERATURA	° C	45.4
CONDUCTIVIDAD a 25 °C	$\mu\text{S cm}^{-1}$	629
pH a temperatura del manantial		8.45
RESIDUO SECO a 180 °C	mg/L	395.4
RESIDUO SECO a 110 °C	mg/L	405.4

SUSTANCIAS DISUELTAS

	ANIONES			CATIONES			
	mg/L	meq/L	% meq	mg/L	meq/L	% meq	
Cl⁻	28.85	0.814	12.45	Na⁺	138.83	6.039	92.96
F⁻	0.76	0.040	0.61	K⁺	2.66	0.069	1.06
B⁻	0.14	0.002	0.03	Li⁺	0.02	0.003	0.04
HCO₃⁻	298.9	4.899	74.93	Ca⁺⁺	6.24	0.311	4.79
CO₃⁼	5.00	0.167	2.55	Mg⁺⁺	0.9	0.074	1.14
NO₃⁻	0.54	0.009	0.13				
SO₄⁼	29.19	0.608	9.30				

GASES DISUELTOS

CO₂	mg/L	22.7
SH₂	mg/L	0.0
O₂	mg/L	3.39

RADIOACTIVIDAD

	<i>ACTIVIDAD</i>	<i>ERROR</i>	<i>LD</i>
Rn (Bq/L)	2.563	0.549	1.114
Ra ²²⁶(Bq/L)	<LD	-	0.014
U (mg/L)	1.9	0.2	-
Pb²¹⁰ (Bq/L)	<LD	-	59

PROPIEDADES DERIVADAS

DUREZA	mg/L CO ₃ Ca	19.3
ALCALINIDAD	mg/L CO ₃ Ca	245.0

CLASIFICACIÓN

Por su TEMPERATURA	HIPERTERMAL
Por su MINERALIZACIÓN	MINERALIZACIÓN DÉBIL
Por su COMPOSICIÓN	Iones predominantes Bicarbonato y Sodio
Por su DUREZA	MUY BLANDA

TERMAS CONCORDIA

Situada al NE de la provincia de Entre Ríos, a orillas del Río Uruguay (Mapa 1). El Complejo Termal se encuentra en el corazón de la región termal del noreste entrerriano, a una distancia de 260 km de Paraná y 440 km de Buenos Aires.

El agua se extrae por inyección a una profundidad de perforación de 1142 m.b.b.p. según Geología del Ente Regulador de Argentina, con un caudal surgente de 150 m³/h.

Están indicadas en el tratamiento de procesos del aparato urinario por vía digestiva, y aparatos locomotor, respiratorio y ORL, y ginecológico por vía tópica.

TERMAS CHAJARÍMANANTIAL: **CHAJARÍ**POBLACIÓN: **CHAJARÍ****ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO**

SABOR	INSÍPIDO
OLOR	INODORO
COLOR	INCOLORO

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

TEMPERATURA	° C	36.5
CONDUCTIVIDAD a 25 °C	$\mu\text{S cm}^{-1}$	752
pH a temperatura del manantial		8.07
RESIDUO SECO a 180 °C	mg/L	475.3
RESIDUO SECO a 110 °C	mg/L	481.6

SUSTANCIAS DISUELTAS

mg/L	ANIONES			CATIONES			mg/L	meq/L	%meq
	meq/L	%meq		meq/L	%meq				
Cl⁻	91.3	2.576	33.67	Na ⁺	153.88	6.694	88.02		
F⁻	0.48	0.025	0.33	K⁺	4.8	0.125	1.64		
B⁻	0.2	0.003	0.03	Ca⁺⁺	10.05	0.501	6.59		
HCO₃⁻	268.8	4.406	57.59	Mg⁺⁺	3.46	0.285	3.74		
NO₃⁻	0.61	0.010	0.13						
SO₄⁼	30.32	0.631	8.25						

GASES DISUELTOS

CO₂	mg/L	22.7
SH₂	mg/L	0.0
O₂	mg/L	4.04

RADIOACTIVIDAD

	<i>ACTIVIDAD</i>	<i>ERROR</i>	<i>LD</i>
Rn (Bq/L)	5.230	1.094	1.114
Ra ²²⁶(Bq/L)	0.030	0.017	0.014
U (mg/L)	3.5	0.4	-
Pb²¹⁰ (Bq/L)	80	27	59

PROPIEDADES DERIVADAS

DUREZA	mg/L CO ₃ Ca	39.3
ALCALINIDAD	mg/L CO ₃ Ca	220.3

CLASIFICACIÓN

Por su TEMPERATURA	MESOTERMAL
Por su MINERALIZACIÓN	MINERALIZACIÓN DÉBIL
Por su COMPOSICIÓN	Iones predominantes Bicarbonato, Cloruro y Sodio
Por su DUREZA	MUY BLANDA

TERMAS CHAJARÍ

Situada al NE. de la provincia (Mapa 1) a 300 km de Paraná y 510 km de Buenos Aires.

El agua se extrae por inyección a una profundidad de perforación de 811 m.b.b.p. según Geología del Ente Regulador de Argentina), con un caudal surgente de 300 m³/h.

Están indicadas en el tratamiento de procesos del aparato urinario por vía digestiva, y aparatos locomotor, respiratorio y ORL, y ginecológico por vía tópica.

TERMAS FEDERACIÓNMANANTIAL: **FEDERACIÓN**POBLACIÓN: **FEDERACIÓN****ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO**

SABOR	INSÍPIDO
OLOR	INODORO
COLOR	INCOLORO

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

TEMPERATURA	° C	41.1
CONDUCTIVIDAD a 25 °C	$\mu\text{S cm}^{-1}$	1033
pH a temperatura del manantial		8.07
RESIDUO SECO a 180 °C	mg/L	656.3
RESIDUO SECO a 110 °C	mg/L	663.4

SUSTANCIAS DISUELTAS

	<i>ANIONES</i>			<i>CATIONES</i>			
	mg/L	meq/L	% meq	mg/L	meq/L	% meq	
Cl⁻	149.48	4.217	41.83	Na ⁺	203.42	8.849	85.13
F⁻	0.4	0.021	0.21	K⁺	5.56	0.144	1.39
B⁻	0.31	0.004	0.04	Li⁺	0.01	0.001	0.01
HCO₃⁻	262.3	4.299	42.65	Ca⁺⁺	17.86	0.891	8.57
NO₂⁻	0.17	0.004	0.04	Mg⁺⁺	6.18	0.509	4.89
NO₃⁻	1.54	0.025	0.25				
SO₄⁼	72.59	1.511	14.99				

GASES DISUELTOS

CO₂	mg/L	22.7
SH₂	mg/L	0.0
O₂	mg/L	5.81

RADIOACTIVIDAD

	<i>ACTIVIDAD</i>	<i>ERROR</i>	<i>LD</i>
Rn (Bq/L)	2.132	0.461	1.114
Ra ²²⁶(Bq/L)	0.059	0.018	0.014
U (mg/L)	2.6	0.3	-
Pb²¹⁰ (Bq/L)	170	34	59

PROPIEDADES DERIVADAS

DUREZA	mg/L CO ₃ Ca	70.0
ALCALINIDAD	mg/L CO ₃ Ca	215.0

CLASIFICACIÓN

Por su TEMPERATURA	HIPERTERMAL
Por su MINERALIZACIÓN	MINERALIZACIÓN MEDIA
Por su COMPOSICIÓN	Iones predominantes Bicarbonato, Cloruro y Sodio
Por su DUREZA	MUY BLANDA

TERMAS FEDERACIÓN

Situada al NE de la provincia de Entre Ríos, sobre el embalse de la Represa de Salto Grande (Mapa 1), a 320 km de Paraná y a 480 km de Buenos Aires.

El agua se extrae por inyección a una profundidad de perforación de 1260 m.b.b.p. según Geología del Ente Regulador de Argentina, con un caudal por aspiración de 300 m³/h.

Están indicadas en el tratamiento de procesos del aparato urinario por vía digestiva, y aparato locomotor, respiratorio y ORL, y ginecológico por vía tópica.

TERMAS GUALEGUAYCHÚMANANTIAL: **GUALEGUAYCHÚ**POBLACIÓN: **GUALEGUAYCHÚ****ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO**

SABOR	SALINO
OLOR	INODORO
COLOR	INCOLORO

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

TEMPERATURA	° C	29.9
CONDUCTIVIDAD a 25 °C	$\mu\text{S cm}^{-1}$	14730
pH a temperatura del manantial		8.44
RESIDUO SECO a 180 °C	mg/L	10144
RESIDUO SECO a 110 °C	mg/L	10192

SUSTANCIAS DISUELTAS

	<i>ANIONES</i>			<i>CATIONES</i>			
	mg/L	meq/L	% meq	mg/L	meq/L	% meq	
Cl⁻	3407.65	96.130	65.42	Na ⁺	3340.86	145.327	93.76
F⁻	0.78	0.041	0.03	K⁺	7.34	0.191	0.12
B⁻	10.04	0.126	0.09	Ca⁺⁺	152.1	7.590	4.90
HCO₃⁻	54.9	0.900	0.61	Mg⁺⁺	23.01	1.893	1.22
CO₃⁼	5.00	0.167	0.11				
NO₃⁻	0.09	0.001	0.00				
SO₄⁼	2380.84	49.569	33.74				

GASES DISUELTOS

CO₂	mg/L	22.7
SH₂	mg/L	0.0
O₂	mg/L	1.60

RADIATIVIDAD

	<i>ACTIVIDAD</i>	<i>ERROR</i>	<i>LD</i>
Rn (Bq/L)	2.869	0.609	1.114
Ra ²²⁶(Bq/L)	0.031	0.017	0.014
U (mg/L)	0.52	0.05	-
Pb²¹⁰ (Bq/L)	<LD	-	59

PROPIEDADES DERIVADAS

DUREZA	mg/L CO ₃ Ca	474.5
ALCALINIDAD	mg/L CO ₃ Ca	45.0

CLASIFICACIÓN

Por su TEMPERATURA	HIPOTERMAL
Por su MINERALIZACIÓN	MINERALIZACIÓN FUERTE
Por su COMPOSICIÓN	CLORURADA, SULFATADA, SÓDICA
Por su DUREZA	EXTREMADAMENTE DURA

TERMAS GUALEGUAYCHÚ

Situada al SE de la provincia (Mapa 1) a 320 km de Paraná y a 220 de Buenos Aires.

El agua se extrae por inyección a una profundidad de perforación de 825 m.b.b.p. según Geología del Ente Regulador de Argentina), con un caudal surgente de 25 m³/h.

Están indicadas en el tratamiento de procesos del aparato, locomotor, dermatológico y ginecológico en aplicaciones tópicas.

CLASIFICACIONES**En función de la Temperatura****Hipotermiales**

	°C.
Colón	25.2
Gualeguaychú	29.9

Mesotermiales

	°C.
Chajarí	36.5

Hipertermiales

	°C.
Concordia	45.4
Federación	41.1
La Paz	40.7
María Grande	40.2
San José	37.5
Villa Elisa	38.5

En función de la Mineralización Global**De Mineralización Débil**

	mg/L
Concordia	405.4
Chajarí	481.6

De Mineralización Media

	mg/L
Colón	871.0
Federación	663.4
San José	766.4

De Mineralización Fuerte

	mg/L
Gualeguaychú	10192
La Paz	82691.0
María Grande	104832.0
Villa Elisa	17697.0

En función de los Componentes Mineralizantes**Cloruradas**

	R. Seco	mg/L	% meq
Gualeguaychú	10192.0	96.1	65.42
La Paz	82691.0	1050.9	84.84
María Grande	104832.0	1546.8	92.16
Villa Elisa	17697.0	193.7	71.83

En función de la Dureza**Muy Blandas**

	mg/L CO₃Ca
Chajarí	39.3
Colón	2.5
Concordia	19.3
Federación	70
San José	3.1

Blandas

	mg/L CO₃Ca
Villa Elisa	136.3

Extremadamente Duras

	mg/L CO₃Ca
Gualeguaychú	474.5
María Grande	3347.3
La Paz	4319.5

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Eaton AD, Clesceri LS, Rice EW, Greenberg AE (Ed.) APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Washintong: Centennial Edition; 2005.
- 2 Horwitz W (Ed.). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington, 1970.
- 3 Pfaff F. Dissolved Sodium, Ammonium, Potassium, Magnesium, and Calcium in Wet Deposition by Chemical Supressed Ion Chromatography - United State, Environmental Protection Agency. Method 300.7, Cincinnati, 1986.
- 4 Manual de técnicas de laboratorio. ARN, Julio 2002.
- 5 Canoba A. Gnoni G. Método simple para la determinación de Pb-210 y Ra-226 en aguas. Proceeding of the X Congreso de la Sociedad Española de Protección Radiológica; 2005 Sep 20-22; Huelva, Sociedad Española de Protección Radiológica, 2005.
- 6 Girard R. Essai de classification des eaux naturelles pour le transport et la distribution, Paris, Tribune du CEBEDEAU, 1973.
- 7 Armijo F. Expresión de los resultados del análisis de las aguas mineromedicinales. en: Armijo M, San Martín J. Curas balnearias y climáticas. Madrid: Editorial Complutense; 1994. 131-139.
- 8 Armijo F, Hurtado I, Maraver F. Aguas mineromedicinales españolas. en: Maraver F, editor. Vademécum de aguas mineromedicinales españolas. Madrid: ISCIII; 2003. 41-261.