

PROYECTO ESTUDIO EN LA CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA Y MICROBIOLOGICA DE AGUAS Y LODOS DE POZOS TERMALES EXISTENTES EN EL PAIS

VALIDACION DE RESULTADOS FINALES DE LA CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE SEIS TERMALES COLOMBIANOS PARA SU USO TERAPEUTICO. INFORME FINAL.

Por Dr. Gabriel Reyes Secades, MsC.

**Médico Especialista en Medicina Física y Rehabilitación. Balneólogo-Fisiatra.
Máster en Salud Ambiental.**

Contacto: greyes_salud2@yahoo.es

gabrielreyessecades@gmail.com

(0058)-04128986902 y 04262240646

Venezuela, Julio de 2015

Agradecimientos

Para el presente informe se han consultados expertos cubanos a los cuales agradezco su colaboración invaluable y desinteresada

María Isabel Gonzales. Medico Epidemiólogo. PhD en Ciencias Médicas. Profesora Titular. Investigador titular del Instituto Cubano de Higiene y Epidemiología. Experto OMS en Calidad del agua.

Margaret Suarez Muñoz. Licenciada en Química. Máster en Ciencias. Profesora Asistente del Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Nucleares. Universidad de la Habana. Especialista en analítica de Aguas Minerales y mineromedicinales. Investigador Auxiliar.

Claudia Alfaro. Servicio Geológico Colombiano.

INTRODUCCIÓN:

Colombia es un país reconocido por la abundancia de sus recursos hídricos. En la actualidad ocupa el puesto veinticuatro en disponibilidad de agua superficial por persona por año, entre 180 países¹. Este recurso se ha aprovechado principalmente en el suministro de agua potable y en la generación eléctrica en plantas hidroeléctricas. La disponibilidad del recurso es aún mayor si se consideran los acuíferos subterráneos y los reservorios de agua caliente de los sistemas hidrotermales. A partir de estas fuentes es factible dar al agua usos no convencionales, tales como la producción de agua mineral natural envasada y el uso de las aguas termales en termalismo (hidrología médica y el llamado turismo de salud).

El termalismo hoy día forma parte del sistema de seguridad social de varios países europeos, a partir del período comprendido entre las dos guerras mundiales. Este es llamado termalismo social. En España consideran varias modalidades de termalismo: Infantil, el cual fortalece el desarrollo físico de los niños, deportivo, como relajante y tonificante físico antes o después de competencias, empresarial, como lenitivo o suavizante del ajetreo diario ha sido utilizado con éxito para disminuir las ausencias laborales y de tercera edad, coadyuvante en terapias médicas, curativo y como elemento para el mejoramiento de la calidad de vida.

En Colombia se han registrado alrededor de 300 manantiales termales de composición y características muy diversas (Alfaro et al., 2000), de donde se infiere un potencial significativo para implementar el termalismo, y en términos más modernos la Hidrología Médica, La Balneología o Turismo de Salud. Si bien cada termino posee una acepción más o menos diferente según el país en cuestión. Así mismo existe representación Colombiana ante organismos internacionales como la Sociedad de Técnicas Hidrotermales (STH), La Federación Mundial de Termalismo (FEMTEC), y más recientemente Termatalia, sin contar organizaciones regionales como la ya extinta Federación Latinoamericana de Termalismo (FLT). De ahí la extrema importancia de proteger, estudiar y aprovechar estas bondades naturales más allá del simple uso turístico. Requiriéndose un mayor conocimiento de estos recursos, a través de su correcta caracterización y evaluación. El presente informe del estudio preliminar de seis fuentes en Colombia está limitado por la metodología empleada para el muestreo y en tal sentido debe ser considerado un reporte incompleto.

DESARROLLO

Antes de dar inicio al informe final evaluativo es menester abordar brevemente algunos aspectos teóricos, científico –técnicos y metodológicos de la evaluación, caracterización y estudio de las fuentes de aguas minerales y mineromedicinales; con el ánimo de lograr una comprensión cabal de nuestro parecer y homogeneizar criterios que permitan al lector y cliente respectivo una percepción y alcance cabal de nuestras consideraciones. Baste decir que en las Américas la Legislación y Normativas Hidro-Balneológicas es altamente variable y en ocasiones prácticamente ausentes y por ende la falta de homogeneidad en estas cuestiones dificultan una generalización de conceptos y criterios en torno a los aspectos analíticos y terapéuticos. No obstante basamos esta exposición en normas, acuerdos y convenciones ampliamente aceptadas por la OMS en lo referente a los aspectos médicos y sanitarios del agua mineral y mineromedicinal, lo cual es nuestra área de expertismo.

Entre los diferentes tipos de recursos naturales termales, tenemos: las aguas minerales naturales, las aguas mineromedicinales, las aguas termales propiamente dichas, los peloides (que son definidos conceptualmente como una familia de sedimentos con grado de maduración variable y que son originados de las aguas minerales) y las macro y microalgas.

La procedencia de las aguas minerales en la naturaleza lo constituyen las aguas subterráneas, que a su vez se originan del Ciclo Hidrológico y en segundo lugar, esa agua subterránea así originada, por decirlo de una manera muy esquemática; interactúa y disuelve en su transcurso a la superficie por las paredes, grietas y fisuras de los estratos rocosos que atraviesa en su trayectoria y/o durante su acumulación; es decir, se le van incorporando, mediante este proceso de dilución-concentración, sales y compuestos minerales, aniones y cationes que le dan al agua su calidad físico-química base o natural, según sea la composición de los materiales del subsuelo que atraviesa.

De esta manera, a muy grosso modo; se van formando las aguas minerales a diferentes profundidades. Los componentes mayoritarios como son el calcio, el magnesio, el sodio, los bicarbonatos, etc. son normalmente más abundantes en el agua que los componentes minoritarios como el litio, el hierro, el manganeso y el bromo, entre otros.

Definido el origen básico, definamos conceptualmente que es agua mineral, sus clasificaciones más comunes y dentro de ellas, analizaremos en detalle la clasificación de acuerdo a sus usos, ofreciendo las características físico-químicas y bacteriológicas de los principales tipos de aguas minerales.

CONTROL SEMANTICO

Agua mineral.- Es un recurso natural, contenido en estratos acuíferos subterráneos, que se diferencia claramente del agua de consumo normal por: sus componentes **minerales, su grado de mineralización, la presencia de determinados oligoelementos, la estabilidad de su composición físico-química y caudal en uno o dos años, así como por su pureza bacteriológica original.**

Como **Agua mineral natural**: se entiende el agua que se diferencia claramente del agua potable por su contenido de determinadas sales minerales y sus proporciones relativas, así como por la presencia de elementos traza o de otros constituyentes útiles para el metabolismo humano. Se obtiene directamente de fuentes naturales o perforadas de aguas subterráneas procedentes de estratos acuíferos. Su composición y la estabilidad de su flujo y temperatura son constantes, teniendo en cuenta los ciclos de las fluctuaciones naturales y se capta en condiciones que garantizan la pureza microbiológica original.

Este tipo de agua se utiliza básicamente, para ser envasada y se vende en los países desarrollados como un alimento. En nuestro continente este concepto se aplica en Canadá y en los Estados Unidos de América. En la Comunidad Económica Europea (C.E.E.) existe una normativa para este tipo de agua, plasmada en la norma del CODEX ALIMENTARIUS sobre aguas minerales naturales, donde se define que:

“El agua mineral natural es un agua que se diferencia claramente del agua potable normal porque:

- a. Se caracteriza por su contenido de determinadas sales minerales y sus proporciones relativas, así como por la presencia de oligoelementos o de otros constituyentes;*
- b. Se obtiene directamente de manantiales naturales o fuentes perforadas de agua subterránea procedente de estratos acuíferos, en los cuales, dentro de los perímetros protegidos, deberán adoptarse todas las precauciones necesarias para evitar que las calidades químicas o físicas del agua mineral natural sufran algún tipo de contaminación o influencia externa;*
- c. Su composición y la calidad de su flujo son constantes, teniendo en cuenta los ciclos de las fluctuaciones naturales menores;*
- d. Se recoge en condiciones que garantizan la pureza microbiológica original y la composición química de sus constituyentes esenciales;*
- e. Se embotella cerca del punto de emergencia de la fuente, adoptando precauciones higiénicas especiales;*
- f. No se somete a otros tratamientos que los permitidos por esta Norma...”*

“...El agua mineral embotellada no deberá contener, de las sustancias que se indican a continuación, cantidades superiores a las normadas: Antimonio, Arsénico, Bario, Borato, Cadmio, Cromo, Cobre, Cianuro, Fluoruro, Plomo, Manganeso, Mercurio, Níquel, Nitrato, Nitritos, Selenio.

Cuando se realicen ensayos no deberá contener, de las sustancias que se indican a continuación, cantidades superiores al límite de cuantificación, de conformidad con lo estipulado en el método correspondiente de la ISO: Agentes tensioactivos, Plaguicidas y bifenilos policlorados, Aceite mineral e Hidrocarburos aromáticos polinucleares. Además de los requisitos mencionados anteriormente, el agua mineral natural embotellada deberá cumplir los siguientes requisitos microbiológicos para su comercialización, el agua mineral natural deberá:

- a) Ser de calidad tal que no represente un riesgo para la salud del consumidor (ausencia de microorganismos patógenos);*

Sobre este particular no vamos a hondar mucho más debido a la existencia de una propuesta normativa elaborada por Alfaro en abril de 2004 la cual tomamos como apoyo en nuestras conclusiones y tampoco pretendemos sobrepasar el objetivo y alcance de este informe.

En Colombia se han registrado alrededor de 300 manantiales termales de composición y características muy diversas (Alfaro et al., 2000), de donde se infiere un potencial significativo para implementar el termalismo. Sin embargo, se requiere un mayor conocimiento de estos recursos, a través de su caracterización y de la práctica e investigación biomédica en balneoterapia o Hidrología Médica, por parte de la comunidad médica nacional. Una de las principales dificultades para la integración de la comunidad médica en el desarrollo del termalismo en Colombia, es la ausencia de impartir estos conocimientos en las especialidades médicas, como sucede en casi toda Suramérica. Contando con voluntad política, esta dificultad puede ser superada gradualmente a través de cooperación científica internacional, el establecimiento de balnearios terapéuticos y el entrenamiento del personal de salud (médicos, terapeutas, enfermeras). A largo plazo se podría promover la verticalización en hidrología médica o balneoterapia, en las universidades del País. Actualmente existe un acuerdo de cooperación en el campo del turismo entre Rumania y Colombia, formalizado a través de la Ley 595 del año 2000, que incluye el establecimiento de programas de turismo social, salud, tratamiento hidrotermal y talasoterapia. Las aguas termales son un recurso natural con potencial de utilización en favor del bienestar y la salud pública de los ciudadanos y con el impacto consecuente, en el desarrollo de zonas geográficas en donde estas manifestaciones ocurren, fomentando la ampliación de la oferta turística de las regiones. La Sociedad Internacional de Técnicas Hidrotermales propuso oficialmente una “Carta del termalismo y del derecho natural de hombre a las curas termales”. Por su parte, la OMS (Organización Mundial de la Salud) declaró a las aguas termales como herramientas complementarias para la salud humana.

En cuanto al **agua mineral medicinal**: conceptualmente se admite que es aquella agua que por su composición y características propias, puede ser utilizada con fines terapéuticos, desde el área de emergencia hasta el lugar de su utilización. Dadas sus propiedades curativas demostradas por analogía o similares tipos de aguas existentes, por experiencia local, por estudios correspondientes o mediante ensayos clínicos y evaluación de procesos específicos o de experiencia médica comprobada y conservar después de ser envasada, sus efectos beneficiosos para la salud humana.

PROTECCION SANITARIA DE LAS FUENTES Y MANIFESTACIONES TERMALES.

Es muy relevante abordar el aspecto de protección ambiental vinculado a las fuentes de aguas minerales y por ello queremos dedicarle en este reporte un espacio. A nivel mundial la mayor amenaza que enfrenta este recurso es su contaminación. Por tal razón existen medidas ambientales destinadas a su protección. Gran parte de los manantiales dañados, contaminados y perdidos ocurren por una violación de la protección de las fuentes y las manifestaciones termales. Entiéndase el término “fuente” aquella agua que brota y fue caracterizada, estudiada. Como manifestación ha de comprenderse un afloramiento de aguas minerales que no se ha estudiado y caracterizado.

Una práctica mundial, es la de declarar a los manantiales de aguas mineromedicinales como de utilidad pública o de uso social, por parte de los gobiernos. Por lo que están sometidos a legislaciones penales y sanitarias, extendiéndose también al derecho de propiedad. Que obliga al propietario a proteger a estas fuentes de aguas de toda posible alteración y en particular de toda contaminación por encima y por debajo del acuífero que produce la fuente de agua.

Esta protección puede ser definida como el conjunto de medidas encaminadas a la preservación del estado cuantitativo y cualitativo de las aguas que alimentan a una fuente. Dentro de estas medidas tiene importancia especial el establecimiento de los **Perímetros de Protección Sanitaria (PPS)**, proyectados para limitar de una forma total o parcial, según las condiciones reales, la posible entrada de sustancias contaminantes dentro de las áreas de influencia de una fuente. Dentro de cada perímetro quedan enmarcadas las **Zonas de Protección Sanitaria (ZPS)**, donde se establecen diferentes tipos de regímenes especiales que excluyen en su conjunto la posibilidad de contaminar las aguas.

Se establecen tres Zonas de Protección Sanitaria, tomando en consideración el tipo de contaminación (física-química o microbiana) y el uso que se le dará al agua. Estas son:

ZONA I ó de régimen estricto: para impedir la contaminación directa en las áreas más próximas a la fuente y dentro del perímetro que la encierra. Comúnmente tiene forma circular ó elíptica de 25 a 50 metros de radio, protegida con una barrera física - entiéndase cerca-, donde sólo puede acceder únicamente el personal de mantenimiento y donde sólo se practican actividades propias de la captación del agua. Pueden realizarse obras constructivas que protejan la fuente de las inclemencias del tiempo. Este perímetro es trazado, tomando en consideración la distancia recorrida por un contaminante vertido por accidente en el acuífero, que puede alcanzar la fuente dentro de las 24 horas de haber ocurrido el vertimiento. Tiempo suficiente para que las autoridades puedan detener la explotación de la fuente ó desviar el agua; por un período de tiempo que depende de la duración que tome la actividad de descontaminación, hacia una laguna de oxidación mediante un by pass.

ZONA II o de limitaciones especiales: relacionada principalmente con la contaminación química o microbiológica. Es variable en función de las condiciones hidrogeológicas e hidrodinámicas del entorno y del acuífero. En esta zona se evitarán las labores agrícolas, crianza vacuna o de cualquier animal, instalaciones industriales. Los bordes de este perímetro deben fijarse a una distancia tal, que impidan la llegada a la fuente de contaminantes provenientes de actividades hechas por el hombre. Se toma en consideración que el tiempo de supervivencia de las bacterias sea menor que el tiempo utilizado por una partícula de agua que las conduce, en recorrer la distancia desde el perímetro a la fuente.

ZONA III o de limitaciones moderadas: este perímetro en la práctica no se traza, ya que abarca toda la cuenca hidrogeológica, teniendo como límites físicos los parte aguas o divisorias de las aguas. Está sujeto a constantes litigios entre los propietarios de la superficie. Teóricamente es incompatible cualquier otra captación por bombeo del mismo horizonte acuífero, cuestión que es muy difícil de impedir en la práctica.

- Protección de los yacimientos de Fangos Mineromedicinales.

Se aplican las mismas Zonas de Protección, pero tomando en consideración los cursos de aguas superficiales. Así existen para los yacimientos de peloides las siguientes ZP:

Zona I o de régimen estricto: Abarca toda la superficie del yacimiento, bordes de la salina o lagunas.

Zona II o de limitaciones especiales: Toma en consideración los acarreos y los cursos de agua intermitente y permanente de las aguas superficiales que viertan en el Yacimiento. Es trazada en todas las direcciones atendiendo al relieve.

Zona III: Se traza entre los límites de la zona II y los parte aguas en la cuenca hidrogeológica donde está ubicado el yacimiento y/o las carreteras de acceso, muros de represas que estén ubicados en la región.

Por último, añadir que las **Zonas de Protección Sanitarias** son de advertencia y para la instrumentación de demandas legales a los infractores de las restricciones que se imponen. No constituyen una barrera física contra la contaminación, por lo que debemos trazar paralelamente una política de promoción educativa ambientalista, que influya en la actuación del hombre con relación a la preservación de los recursos naturales y el medio ambiente en general.

Captación y Protección de los Recursos Termales a considerar en las diferentes instalaciones turísticas. Cervantes González, Pablo de Jesús - 10-07-2001 PONENCIA III de la JORNADA SOBRE RECURSOS TERMALES COMO OFERTA TURISTICA. Consejo Federal de Inversiones. 31 de Agosto de 2000

OBSERVANCIA DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Según el **CODIGO INTERNACIONAL RECOMENDADO DE PRÁCTICAS DE HIGIENE PARA LA CAPTACION, ELABORACION Y COMERCIALIZACION DE LAS AGUAS MINERALES NATURALES** se deberán adoptar, dentro de los perímetros de protección, todas las medidas posibles para evitar toda contaminación o influencia externa que afecte a la calidad química y física del agua mineral natural.

Se recomienda dictar prescripciones relativas a la evacuación de desechos líquidos, sólidos o gaseosos, la utilización de sustancias que pueden alterar el agua mineral natural (por ejemplo, las que proceden de la agricultura), así como toda posibilidad de modificación accidental del agua mineral natural debida a fenómenos naturales tales como los cambios de régimen hidrológico. Deben tenerse especialmente en cuenta los posibles agentes de contaminación: bacterias, virus, fertilizantes, hidrocarburos, detergentes, plaguicidas, compuestos fenólicos, metales tóxicos, sustancias radiactivas y otras sustancias orgánicas o inorgánicas solubles. Incluso cuando las aguas minerales naturales parecen estar suficientemente protegidas por la naturaleza contra los agentes de contaminación superficial, habrá que tener en cuenta riesgos tales como la explotación de minas, las obras hidráulicas y de ingeniería civil, etc.

PROTECCIÓN DE LA ZONA DE EXTRACCIÓN

En las cercanías de las fuentes y de los pozos se dispondrá lo necesario para garantizar que ningún tipo de sustancia contaminante pueda afectar directamente la extracción. En la zona de extracción se impedirá el acceso a las personas no autorizadas mediante la colocación de dispositivos adecuados (por ejemplo, cercas). En la zona de extracción deberá estar prohibida toda otra actividad que no sea la destinada a la obtención de las aguas minerales naturales.

CLASIFICACION DE LAS AGUAS MINERALES

Hay que resaltar que existen numerosos ejes de clasificación del agua mineromedicinal. No existe un solo aspecto que permita la clasificación de las mismas. Estas clasificaciones varían desde clasificaciones internacionalmente aceptadas en convenciones científicas globales realizadas hasta clasificaciones muy específicas de cada país o región como lo es por ejemplo el código Alimentario Español por solo mencionar quizás el más difundido. Pero no es el único. Esto varía en dependencia del abolengo crenoterápico o la experiencia en el estudio y aplicación de las aguas minerales de cada país. Vamos a fin de hacer más transparente y potable esta exposición a abordar las diferentes clasificaciones que existen de las aguas mineromedicinales y finalmente expondremos la que utilizamos en este informe, que es la que empleamos en Cuba. No obstante la clasificación final de un agua va a depender de sus efectos demostrados en una aplicación terapéutica que cumpla con los elementos científicos, de técnicas de aplicación rigurosas y una metódica de trabajo exquisita.

De acuerdo con lo ya visto anteriormente, entraremos a abordar las diferentes y variadas clasificaciones de las aguas mineromedicinales

Se utilizan variados criterios para clasificar las aguas minerales. Entre ellos están: Por la cantidad de sales disueltas (Mineralización), Por el residuo seco, Por la temperatura, Por el uso, Por la composición química, Por el pH, Por la presión osmótica y muchos otros. Sin embargo la clasificación más interesante es según grupos balneológicos por su importancia en la aplicación médica y comercialización de este recurso natural.

Según la temperatura del agua, pueden ser hipotermas (con temperaturas inferiores a 20 °C) y termas propiamente dichas (con temperaturas superiores a 20 °C). Por lo general, se consideran termas en relación con la temperatura, aquellas aguas subterráneas que en su punto de emergencia poseen una temperatura mayor que la temperatura media anual. Esta diferencia debe ser superior a 5 °C.

Se han establecido muchas clasificaciones de las aguas termas. Así por ejemplo, se han empleado los prefijos hipo, meso e hiper con estos fines; así como clasificaciones más sencillas como la adoptada en Venezuela por Urbani (1991). Según esta clasificación se denomina agua fría a aquella que posee en la emergencia una temperatura menor o igual a la temperatura media anual; agua tibia con un intervalo desde la temperatura media anual hasta 37 °C; agua caliente cuando varía desde 37 a 60 °C, y agua muy caliente desde 60 a 100 °C.

De las clasificaciones basadas en las propiedades físicas de las aguas, son destacables las que consideran la temperatura de las mismas. Desde el punto de vista de la temperatura, la clasificación más sencilla es considerar aquella en que su aplicación no produce sensación de frío ni de calor que, con las variaciones de sensibilidad individual, se admite que es la comprendida entre 34 y 36 °C. Las aguas que presentan estas temperaturas se denominan mesotermas, considerándose hipertermas o hipotermas según que temperatura se halle por encima o por debajo de dicho margen.

Según Schoeller (1962), para clasificar las aguas en dependencia de su temperatura se hace necesario considerar la temperatura media anual del aire (Tma) o la temperatura del suelo (Ts) en que brota el manantial, de ello se obtiene la siguiente clasificación:

Hipertermales: $T > Tma + 4\text{ °C}$ o $T > Ts + 2\text{ °C}$.

Ortotermiales: $T = Tma + 4\text{ °C}$ o $T = Ts + 2\text{ °C}$.

Hipotermiales: $T < Tma$ o $T < Ts - 2\text{ °C}$.

Desde el punto de vista *hidroterapéutico* y en relación con la llamada **Temperatura Indiferente del Organismo**, resulta de interés la clasificación que establece que las aguas mesotermiales son aquellas con temperaturas entre 35 y 37 °C, hipertermales (más de 37 °C) e hipotermiales (menos de 35 °C) Con frecuencia se encuentran clasificadas las aguas, por su temperatura, como sigue en (Armijo- Valenzuela y San Martín, 1994)

Frías: $< 20\text{ °C}$.

Hipotermiales: entre 20 y 35 °C.

Mesotermiales: entre 35 y 45 °C.

Hipertermales: > 45 y hasta 50 °C.

Esta clasificación es considerada universal y resulta la más aceptada.

También ofrece considerable valor en terapéutica las clasificaciones basadas en los Valores de la Presión Osmótica o descenso crioscópico (de las aguas con relación a la de los fluidos orgánicos). Atendiendo a este criterio se establece la siguiente clasificación (Armijo- Valenzuela y San Martín, 1994)

Aguas hipotónicas: $< -0.55\text{ °C}$.

Aguas isotónicas: entre -0.55 y -0.58 °C .

Aguas hipertónicas: $> -0.58\text{ °C}$.

Atendiendo a la mineralización global o mineralización cuantitativa, se han dividido las aguas minerales, atendiendo al residuo seco a 180 °C, en: **aguas oligominerales** las de menos de 0,2 g/l; **mediominerales** las que contienen entre 0,2 y 1 g/l, y **minerales** si sobrepasan 1 g/l. Las clasificaciones de mayor aceptación en todo el mundo son las basadas en la mineralización predominante y especial que pueden contener las aguas. En todas ellas se considera la mineralización total, la predominante y también la especial, dándose carácter de predominante a aquellos gases, aniones o cationes que representan más del 20 % de la masa iónica correspondiente, expresada en mili equivalentes (Armijo- Valenzuela y San Martín, 1994)

Siguiendo estas normas, que podemos considerar internacionales, podemos clasificar las aguas minerales como sigue:

A- Aguas con más de un gramo por litro de sustancias mineralizantes.

1. **Sulfatadas:** con más de 1 g/l de sustancias mineralizantes, donde predomina el anión sulfato y están influidas fuertemente en sus propiedades terapéuticas por otros iones como sodio, magnesio, bicarbonato y cloruro.
2. **Cloruradas:** con más de 1 g/l de sustancias mineralizantes, donde el ion cloruro suele estar acompañado de sodio en proporción semejante. La composición de este tipo de agua refleja un origen profundo y la presencia de mares pretéritos. La ocurrencia de fallas y grietas facilita su ascenso a la superficie. Se subdividen en: fuertes (mar de 50 g/l), medianas (entre 10 y 50 g/l) y débiles (menos de 10 g/l)
3. **Bicarbonatadas:** con más de 1 g/l de sustancias mineralizantes, donde el ion bicarbonato es acompañado de calcio, magnesio, sodio, cloruro y otros. Estas aguas cuando poseen gran cantidad de ácidos libres (CO₂ mayor de 250 mg/L), también se denominan **carbónicas o carbogaseosas**.

B- Aguas con mineralización inferior a un gramo por litro.

Se conocen como aguas oligominerales. En ellas la mineralización es inferior a 1 g/l, aunque pueden poseer abundante cantidad de los microelementos: cobalto, vanadio, molibdeno, silicio, fósforo, germanio, etc. Se admiten dos subgrupos, uno de débil mineralización (menos de 0.2 g/l) y otro de mediana mineralización (0.2-1 g/l), pero sin considerárseles factores mineralizantes especiales. En este último grupo, atendiendo a su temperatura, pueden admitirse dos grupos principales:

- **Acratopegas:** con menos de 20 °C.

- **Acratotermas:** con más de 20 °C.

- **Aguas con componentes especiales reconocidos por su actividad biológica en determinadas proporciones**

Desde este punto de vista, se consideran también aguas minerales, aquellas que poseen determinados componentes de acción biológica reconocida, a partir de determinada concentración establecida en las normas. Armijo y San Martín en 1994 proponen los siguientes términos –que también son aceptados en la Norma Cubana para este aspecto; acorde los rangos siguientes.

Oligominerales: RS 0.2 g/L

Mediominerales: RS 0.2-1 g/L

Alta Mineralización: >1 g/L

De acuerdo a la Norma Cubana de Agua Mineral (N.C 93-01-218-1995), estas se clasifican como sigue:

- Sulfuradas o sulfhídricas: con más de 1 mg/l de sulfuro de hidrógeno (H₂S) o ion sulfhídrico (SH⁻). La proporción en que se encuentran estas dos especies depende del pH. A valores de pH inferiores de 7.5 prevalece el H₂S, mientras que a valores mayores es más abundante el SH⁻.

- Carbogaseosas: con una cantidad de CO₂ superior a 250 mg/l.

- Silícicas: con una cantidad de SiO₂ superior a 50 mg/l.

- Arsénicas: con un contenido de As entre 0.2-0.3 mg/l.

- Bóricas: con un contenido de Ba superior a 4 mg/l.

- Fluóricas: con un contenido de F⁻ entre 1.0-2.0 mg/l.

- Brómicas: con un contenido de Br⁻ superior a 4 mg/l.

- Iodhídricas: con un contenido de I⁻ superior a 1 mg/l.

- Líticas: con un contenido de Li superior a 1 mg/l.

- Estróncicas: con un contenido de Sr superior a 10 mg/l.

- Béricas: con un contenido de Ba superior a 5 mg/l.

- Ferruginosas: con más de 5 g/l de sustancias mineralizantes, donde los iones de hierro se encuentran en su forma reducida y poseen una concentración superior a 5 g/l. Estas aguas se destacan por la apreciable coloración de la superficie de la roca por donde discurren.

- Radónicas: con contenidos de radón (Rn) mayor de 1.82 nCi/l

Según su pH, también hay varias clasificaciones de relevancia internacional como la de Karakolev 1987, mas nos atendremos a la Norma Cubana de Agua Mineral (NC 90-01-218:1995) las clasifica en:

Acidas: pH < 6.8

Neutras: pH 6.8- 7.2

Alcalinas: pH > 7.2

Las aguas mineromedicinales se emplean básicamente para balneación –Balneoterapia- o sea para baños. Que pueden ser totales o parciales, a través de los tratamientos balneoterapéuticos, aunque también son utilizadas en bebidas lo que se conoce como “tratamiento hidropínico” o curas hidropínicas. Encargándose de su estudio una disciplina médica dentro de la fisioterapia o la Medicina Física y la Rehabilitación conocida como Balneología y Balneoterapia. Ahora bien los grupos balneológicos en su esencia, corresponden también a un tipo de clasificación; pero mucho más integral. Esta clasificación toma en cuenta la composición química, las propiedades físicas, el valor terapéutico de una serie de elementos biológica o farmacológicamente activos, así como la experiencia médica probada.

Atendiendo a todos estos factores, se han podido diferenciar 14 grupos balneológicos de aguas mineromedicinales. Es preciso aclarar que internacionalmente se reconocen 12. Los propuestos por Gramova, Nelubin y Yuriev en 1994; pero en base a la experiencia de investigadores cubanos (Fagundo CJR, Romero JS et al) se adicionaron dos grupos a la misma. La clasificación más abajo expuesta está recogida en la Norma Cubana de agua mineral (NC 93-01218:1995) e incluye:

I. Aguas sin componentes específicos
II. Aguas carbónicas
III. Aguas sulfhídricas
IV. Aguas radioactivas radónicas
V. Aguas bromo-yódicas, brómicas y yódicas
VI. Aguas ferruginosas
VII. Aguas arsenicales, polimetálicas
VIII. Aguas silíceas
IX. Aguas fluoruradas
X. Aguas cloruradas
XI. Aguas hidrocarbonatadas
XII. Aguas cálcicas
XIII. Aguas magnésicas
XIV. Aguas sulfatadas

Esta clasificación es universalmente aceptada tanto que integra todas las clasificaciones que hemos venido detallando y otras. Tal aseveración se basa en dos grandes aspectos que contiene esta clasificación. El primero es que toma en cuenta la mineralización global, la composición de los gases predominantes, aniones o cationes que representan más del 20 % de la masa iónica correspondiente y los componentes especiales presentes en dichas aguas y que tienen propiedades o efectos terapéuticos reconocidos por un lado. Por otro lado es su utilidad práctica en la atención médica, específicamente a la hora de su indicación o prescripción ya sea en baños totales, parciales, inmersiones, etc.

A groso modo hay que señalar que los efectos beneficiosos o terapéuticos de las aguas son resultados de complejas interacciones y dependen en sumo grado de factores como la capacitación del personal y el equipamiento, más la experiencia médica del equipo sanitario sin contar las características y condiciones particulares de salud de los enfermos. Por lo cual y apegándonos al más estricto sentido de la verdad y en base a varios años de trabajo en este tema debemos aclarar que no se puede traducir lo reportado en la literatura a la práctica y *esperar resultados y efectos mediante el análisis frío de los componentes minerales del agua*. Un agua mineral determinada puede originar múltiples efectos en salud y a su vez la inmersión en aguas mixtas puede generar un único efecto en salud o varios, sin contar que existen efectos claramente dependientes de la temperatura, presión y forma del chorro de aplicación del agua en el cuerpo, duración del baño, la sumatoria de efectos de varias aplicaciones entre otros aspectos a considerar.

El cuadro resumen expone de manera general y orientativa algunas propiedades terapéuticas atribuibles a diferentes tipos de agua.

TIPO DE AGUA	ACCIÓN TERAPÉUTICA
Sulfuradas	Antialérgicas, desintoxicantes, antiflogísticas, antirreumáticas.
Cloruradas	Anticatarrales, antiinflamatorias
Sulfatadas	Colagogas, purgantes
Cálcicas	Antialérgicas, sedantes, antiinflamatorias
Ferruginosas	Antianémicas y reconstituyentes
Radiactivas	Equilibradoras, sedantes
Oligométalicas	Diuréticas

ASPECTOS METODOLOGICOS DEL MUESTREO

Para poder evaluar correcta e integralmente los usos y demás aplicaciones de las aguas minerales (en su concepto global, es decir, tanto minerales naturales como mineromedicinales), se hace necesario determinar por métodos de la química moderna, sus propiedades físico-químicas y bacteriológicas, así como las posibles variaciones en el tiempo de dichas propiedades. Esta evaluación es lo que se conoce como “caracterización de los recursos”.

Se deben determinar los macro y microcomponentes, los metales útiles y los tóxicos, así como las bacterias contenidas en el agua y las propiedades físicas de la misma.

Según la experiencia nuestra acumulada en Cuba, durante algo más de 14 años de estudios; para que la caracterización físico-química sea confiable, la misma debe realizarse en un único laboratorio. Como máximo en dos, con análisis de control interno y externo así como, con un riguroso control del muestreo y de la conservación, preservación y traslado de las muestras, coincidiendo con esto con lo propuesto por Alfaro en 2004 para Colombia.

Esta caracterización tiene que realizarse como mínimo dos veces al año, durante cierto período de tiempo (3 a 5 años) cuyo objetivo es lograr una mayor y mejor eficacia en los tratamientos médicos, así como para indicar correcta y científicamente para qué usos y patologías médicas es apropiada el agua mineromedicinal en cuestión.

Además esta caracterización periódica permitirá conocer la estabilidad de las propiedades físico-químicas del agua en el tiempo y por consiguiente, las variaciones de su composición si las hubiera, lo que permitirá a los especialistas médicos dirigir eficazmente sus tratamientos. **(Características de las aguas minerales y fangos. Uso y control de la calidad de estos recursos. Dr. Ing. Juan romero Sánchez)**

Por último para concluir en un tema tan complejo, multidisciplinar e interdisciplinar abordaremos un aspecto vital según la normativa vigente en casi todos los países que es el aspecto microbiológico del agua mineromedicinal.

La caracterización microbiológica de las aguas. Acorde a la Norma Sanitaria Vigente en Cuba se exponen los requisitos microbiológicos que se aplican en Cuba para las aguas minerales (tanto naturales como mineromedicinales). Dados por un Conteo Total de Microorganismos Heterótrofos que oscila entre 102 UFC/ml (Mínimo) y 104 UFC/ml (Máximo). La tabla que se detalla más abajo expone los tipos de agentes biológicos y los valores por las técnicas aceptadas de tubos múltiples y filtración por membrana aceptados para Cuba.

VALORES NORMATIVOS PARA LA CALIDAD MICROBIOLOGICAS DE LAS AGUAS MINERALES.

Agentes Biológicos	Técnica de tubos múltiples	Técnica de filtración por membrana
Coliformes	< 2,2 NMP/100 ml	0 UFC/ml
Estreptococos fecales	< 2,2 NMP/100 ml	0 UFC/ml
Pseudomona Aeruginosa	< 2,2 NMP/100 ml	0 UFC/ml
Bacterias Anaerobias Esporuladas Reductoras de Sulfito	< 2,2 NMP/100 ml	0 UFC/ml

Vale resaltar que todas estas determinaciones microbiológicas deben ser realizadas dentro de las 24 horas siguientes de tomadas las muestras y se deben analizar 5 muestras de cada lote de producción. De 5 muestras analizadas en un lote, una pudiera dar positiva a Coliformes Totales. En este caso se deberá confirmar que no sean Coliformes Fecales. Su presencia es un signo universalmente aceptado de contaminación antrópica y por ende de no estar apta para uso humano.

Según Alfaro en su propuesta normativa para aguas de uso en termalismo en Colombia se reseña El agua termal no es un recurso estéril. En usos terapéuticos el agua termal y los balnearios en donde se utiliza el agua, deben estar exentos de microorganismos indicadores de contaminación (coliformes fecales, *Pseudomona aeruginosa*) y de la bacteria *Legionella pneumophila*, causante de la legionelosis, una enfermedad pulmonar que puede llegar a ser mortal, dichos estudios de caracterización geológica, fisicoquímica y microbiológica, deberán ser ejecutados por entidades y laboratorios reconocidos.

DISCUSION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS:

Uno de los aspectos primeros que se evalúan en las fuentes de aguas minerales es su caudal expresado en litros por segundo (l/s) de agua que mana. Este parámetro es de vital importancia a la hora de determinar la pertinencia de una inversión. Según el muestreo realizado en las 6 fuentes estudiadas, es necesario recalcar que arrojan valores de bajo caudal. Las fuentes El Salado y Aguasal arrojaran los mayores valores del conjunto de termales estudiados en relación a caudal, siendo la primera (El Salado) la que llega a tener valores superiores a los tres litros por segundo. Le sigue el Termal Cumbal que oscila entre los 2 litros. Pero es la fuente Silos es la que menos agua aporta, con valores que oscilan entre 0.1 a 0.7 litros. Los dos termales restantes Totoró y Paéz apenas aportan dos litros. De manera general todas son fuentes de bajo caudal. Este aspecto es muy variable y depende fundamentalmente del ciclo hidrológico y se hace necesario; diría imprescindible, su evaluación en dependencia de la ocurrencia de eventos extremos como evento ENOS y AENOS, es decir en presencia de fenómenos meteorológicos La niña y El Niño que inciden en la cantidad de agua que brota. Por lo que es importantísimo en el ánimo de su aprovechamiento muestrear durante un ciclo hidrológico completo todas estas fuentes.

Desde el punto de vista del pH las aguas estudiadas son Neutras, acordes a los valores de la Norma Cubana –que anteriormente hemos expuesto- todas las fuentes estudiadas a excepción de la fuente Aguasal; en el Zulia Colombiano, es la única que en todas sus mediciones arroja valores francamente ácidos. Aspecto vital a tomar en cuenta por la posibilidad de lesiones en la piel y otros tejidos corporales. Sin embargo en base a los muestreos realizados para el caso de la fuente Babega del municipio Silos, del Norte de Santander un muestreo arroja valores de acidez en 6.3 los cuales resultan paradójicos y no concordantes con los otros dos muestreos.

En cuanto a la clasificación según su mineralización, si tomamos en cuenta los valores de RS a 180 °C. debemos señalar que el Termal El Zulia posee los valores más bajos del conjunto y es un agua oligomineral o lo que es igual de baja mineralización. Las fuentes Totoró, Babega y Toéz son de mediana mineralización y Chiles y El Salado son de alta mineralización. Ocurre en este parámetro algo parecido al caudal en el termal del Zulia Colombiano (Aguasal), resultados paradójicos entre los muestreos con una oscilación que varía desde 198 a 50.3

En cuanto a la termalidad del agua acorde a la clasificación de San Martín y Armijo 1994. Es posible concluir que las fuentes Totoró, El Salado, Babega y Agualasal clasifican como aguas Hipertermales. A su vez las fuentes Chiles y Toéz son Mesotermales. Lamentablemente no se contó en las determinaciones realizadas con parámetros de índole físico como la Temperatura Media Anual (Tma), ni la temperatura de la superficie (Ts). Lo cual hubiere sido de utilidad a la hora de calcular dichas variaciones con mayor exactitud. El reporte expresado como temperatura ambiental es ambiguo para este propósito. Coincidimos con San Martín en que el límite que establece el Código Alimentario Español se presta a errores a la hora de la aplicación terapéutica por lo cual no es recogido aquí. La Norma Cubana de Aguas Minerales NC 93-01-0218:1995 es muy similar a la Schoeller de 1962 pero implica contar con una medición certera climatológica como lo es la Tma. Similares resultados se obtendrían si se aplicará una clasificación en cuanto a la temperatura de estas aguas que considerará la temperatura del agua en relación a la llamada **temperatura indiferente** del cuerpo humano; lo cual resulta muy importante para la terapéutica balneológica e hidrológica.

En relación con la **temperatura y sus efectos en salud** Armijo y San Martín, 1994 describen los siguientes que se resume en la siguiente tabla:

Temperatura (°C)	Acción terapéutica
30-34	Estimulante. Mejora la circulación de órganos internos. Activa cambios metabólicos. Ejerce acción vasoconstrictora
35-37	Sedante.
37-50*	Revulsivo y resolutivo. Combate contracciones e hipertonia muscular

* Por encima de 50°C, se registran quemaduras de la piel

Hay que recalcar que la acción vasodilatadora que ocurre por encima de la temperatura indiferente (34-36°C), mejorando la oxigenación de los tejidos y la liberación de sustancias que producen efecto antiinflamatorio y calmante del dolor, así como relajación muscular que provocan sensación de bienestar.

En base a estos rangos las aguas en cuestión se pueden clasificar acorde a la termalidad como sigue:

Cuadro 1. Termalidad de las aguas tomando en cuenta la temperatura Indiferente del organismo humano.

Departamento	Nombre de la fuente	Clasificación
Cauca.	Totoró	Muy caliente
	Paéz	Caliente
Norte de Santander	Agualasal	Muy Caliente
	Babega	Muy Caliente
Nariño	Chiles	Caliente
Putumayo	El Salado	Muy caliente

Desde el punto de vista de lograr una clasificación más precisa en cuanto a los componentes minerales principales en estos muestreos, no deberían expresarse los resultados en miligramos por litro (mg/L), siendo muy práctico y extendido además de útil su expresión en mili equivalentes por litro (Meq/L); las clasificamos de la siguiente manera acorde al cuadro resumen siguiente:

Cuadro 2. Clasificación de las fuentes tomando en cuenta componentes químicos principales.

Departamento	Nombre de la fuente	Clasificación
Cauca.	Totoró	Bicarbonatada Sódica Cálctica
	Paéz	Clorurada
Norte de Santander	Agualasal	Bicarbonatada
	Babega	Bicarbonatada Cálctica
Nariño	Chiles	Bicarbonatada sulfurada sódica
Putumayo	El Salado	Clorurada sulfatada sódica.

Sobre este particular haremos una breve reseña de los efectos saludables, beneficiosos, curativos o terapéuticos de estas aguas en particular afin de orientar al lector-evaluador sobre posibles alternativas de aprovechamiento. Ver cuadro 3

Cuadro 3. Efectos de las aguas minerales según su composición mineral.

Tipo de agua	Efectos en salud
Aguas Sulfurosas	Enfermedades reumáticas: Artrosis, Artritis en fase crónica, Artritis Reumatoides, Poliartritis Infecciosa.
	Enfermedades Ginecológicas: Esterilidad Primaria y Secundaria, Anexitis Aguda y Crónica, Endometriosis (con especial cuidado en las cancerígenas tatos benignas como malignas).
	Enfermedades de la piel: Dermatitis Alérgicas, Eczema, Psoriasis, Escabiosis.
	Enfermedades Neurológicas: Neuritis, Neuralgia, Radiculitis, Enfermedad de Parkinson, Lesiones Medulares, Esclerosis Múltiple, Enfermedad Cerebrovascular.
	Enfermedades Cardiovasculares: Hipertensión Arterial, infarto Miocárdico Agudo en la etapa de convalecencia.
	Intoxicaciones por Metales Pesados: Plomo, Mercurio, Bismuto entre otros.
	Enfermedades Respiratorias en particular de las vías aéreas superiores: Laringitis, Bronquitis
	Procesos irritativos crónicos como : Gingivitis
Aguas Cálcidas	Enfermedades Gastrointestinales: Gastritis Crónica, Ulceras Gástricas, Enteritis, Colitis, Ileítis, Síndrome del Intestino Irritable.
	Enfermedades Metabólicas: Gota, Hiperuricemia, Raquitismo, Profilaxis de Caries Dentales.
	Enfermedades Óseas: Osteomalacia, Fracturas.
	Ciertas Intoxicaciones: Plomo.
Aguas Sulfuradas	Enfermedades Gastrointestinales. Ídem a las anteriores.
	Enfermedades Hepáticas y Biliares. Hepatitis crónica, Colecistopatías, Litiasis vesicular, Pancreatitis Crónica.
	Enfermedades Renales: Litiasis, Pielonefritis Crónica, Sepsis Urinaria Crónica.
Aguas bicarbonatadas	Cálcidas: Son aguas de mesa, se emplean en bebidas pues facilitan la digestión. Son utilizadas para tratar la Diabetes, Hiperuricemia, procesos gastrointestinales como colitis, afecciones dispépticas hipersecretoras, cura de diuresis en inflamaciones de vías urinaria y cálculos
	Si son calientes se emplean en baños para procesos reumáticos, dermatológicos, neurológicos y ginecológicos

Por último y no menos despreciable esta el aspecto más sensible de todo este análisis, lo constituye el parámetro microbiológico. Este aspecto contenido en todas las normas nacionales en lo referente a la aptitud de las aguas para consumo humano acorde a la Norma Cubana, la cual anteriormente en el capítulo que dedicamos a la introducción define que el agua mineral no debe sobrepasar las 2,2 UFC/100mL. Aspecto en el cual ninguna fuente cumple. El análisis frío a concluir es que ninguna fuente es apta para uso humano según las normativas sanitarias vigentes en Colombia. En especial el Toéz del Municipio Paéz en el Departamento del Cauca y la fuente Babega al Norte de Santander, arrojan en un muestreo Coliformes Fecales respectivamente. Este indicador es muestra inequívoca de contaminación humana, debiéndose precisar dicha contaminación en muestreos sucesivos. Habida cuenta que ninguna de estas fuentes posee zonificación sanitaria.

Para estudios que se realizan por primera vez de una fuente se recomienda investigar además la presencia de los patógenos siguientes: *Aeromonas*, *Salmonella*, *Vibrio Cholerae*, *Shigella*, *Staphylococcus Aereus*, *Legionella*, *Mycobacterium*, *Giardia*, *Enterovirus*. Todo esto se recomienda en base a la norma cubana NC 93-09:1985 Higiene Comunal. Balnearios mineromedicinales. Requisitos sanitarios y la norma cubana NC 93-28:1988 Sistema de Normas de Protección del Medio Ambiente. Higiene comunal. Instalaciones de alojamiento. Requisitos higiénicos sanitarios.

CONCLUSIONES

Estos componentes expresados tal vez se ala primera vez que se reportan para estas fuentes, lo cual es un gran logro. Pero es importante recalcar que estos resultados son **parciales**. Ya que son resultados de un muestreo puntual que no puede representar el comportamiento en el tiempo de estas aguas al no tomarse durante un ciclo hidrológico completo que comprenda los períodos de lluvias y seca. De incluirse esos resultados arrojarían conclusiones más reales y completas permitiendo inferior con base sobre la estabilidad de dichas fuentes.

Del estudio de las fuentes es posible concluir por los resultados presentados que todas las fuentes poseen elementos minerales bioactivos de sumo interés en cuanto a su utilidad en función de la aplicación humana, pero se requiere un muestreo más abarcador. Los actuales resultados son francamente alentadores y motivantes.

Mas estos muestreos no permiten avalar un uso de los mismas. No sin abarcar en profundidad las cuestiones microbiológicas antes citadas, la captación de la fuente, la protección de las mismas, así como los estudios pre clínicos y clínicos que deben poseer todos los recursos naturales cuyo destino final sea el uso terapéutico, curativo o medicinal.

En particular en cuanto a las fuentes El Salado y Agualasal son las que arrojaron los mayores valores en relación al caudal, siendo la primera la que llega a tener valores superiores a los tres litros por segundo. Le sigue el Termal Cumbal y la fuente Silos es la que menos caudal posee.

Son aguas minerales todas las fuentes. Termal El Zulia es un agua oligomineral. Las fuentes Totoró, Babega y Toéz son de mediana mineralización y Chiles y El Salado son de alta mineralización.

En su mayoría poseen pH Neutro, excepto la fuente Agualasal; en el Zulia Colombiano. La fuente Babega del municipio Silos, del Norte de Santander en un muestreo arroja valores de acidez los cuales desde nuestro parecer y experiencia resultan paradójicos.

En cuanto a la termalidad de las fuentes estudiadas son aguas muy calientes las fuentes Totoró, Agualasal, Babega y el Salado. Como “Aguas Calientes”, clasifican las fuentes Paéz y Chiles.

Desde el punto de vista de la clasificación química todas son aguas Bicarbonatadas y las fuentes Paéz y el Salado son Cloruradas.

Debe profundizarse en el estudio microbiológico acorde a las normativas sanitarias vigentes en Colombia. En especial las fuentes Toéz del Municipio Paéz en el Departamento del Cauca y la fuente Babega al Norte de Santander que arrojaron Coliformes Fecales en el muestreo.

RECOMENDACIONES:

- 1- Los resultados en su esencia son preliminares, debido a la metódica de muestreo y análisis empelados. No se muestrea un ciclo hidrológico completo lo cual es lo usual y estandarizado a nivel mundial. Se hace necesario el estudio continuado de las fuentes. Sin embargo aún así son francamente alentadores y motivantes.
- 2- Continuar la asesoría especializada tanto nacional como internacional en particular de los entes y organismo encargados de estudiar, caracterizar y normar la actividad termal en Colombia ya sea con fines turísticos o médicos. Y de manera muy inmediata la conformación de equipos de expertos o grupos técnicos integrados por medico hidro-balneologos y de otras especialidades, geólogos, químicos analíticos versados en estudio de aguas minerales, expertos en hotelería y turismo y arquitectos que permitan recomendar acertadamente estrategias y acciones en función del aprovechamiento del recurso termal colombiano.
- 3- Establecer los perímetros de protección ya descritos cuanto antes a fin de evitar su contaminación y pérdida.
- 4- Avanzar en la caracterización definitiva de las mismas tomando en cuenta un ciclo hidrológico completo, que permita determinar la estabilidad de los componentes en las fuentes de interés.
- 5- Recomendamos expresar los valores en Meq/L a fin de lograr establecer los grupos químicos y determinar parámetros de dureza del agua que debido a los grandes rangos de variación en más del 50% de los valores es imposible determinar.
- 6- Las fuentes Totoró, Chiles y Babega se sugieren para estudios ulteriores de mayor envergadura a la luz de estos resultados en cuanto calidad de la composición química, caudal, pH y la termalidad.
- 7- Específicamente el termal de Chiles en el departamento de Nariño, acorde a la información suministrada por la empresa en relación a la ubicación geográfica, legalidad del terreno y orden público resulta la más atractiva para futuras inversiones.
- 8- Fuertemente se recomienda hacer estudios de orden microbiológico como determinación de *Aeromonas*, *Salmonella*, *Vibrio Cholerae*, *Shgella*, *Staphylococcus Aereus*, *Legionella*, *Mycobacterium*, *Giardia*, *Enterovirus*. dado los resultados de hallazgos de Coliformes Totales en los muestreos realizados.

BIBLIOGRAFIAS CONSULTADA

ALFARO VCM. Propuestas de norma para agua mineral natural y aprovechamiento de agua termal en termalismo. Ministerio de minas y energía Instituto colombiano de geología y minería. Bogotá, abril de 2004, República de Colombia.

Código internacional recomendado de prácticas de higiene para la captación, elaboración y comercialización de las aguas minerales naturales. *Cac/rcp 33-1985 I*

Ley 24 de Noviembre de 1994. Balnearios – Aguas minero-medicinales. Regulación. Asamblea de Extremadura, España.

Ley de Cantabria 2 de 1988, de fomento, ordenación y aprovechamiento de los balnearios y de las aguas minero-medicinales y/o termales de Cantabria, España

Proyecto de Ley de Termalismo. Argentina

Decreto supremo No. 106 de 1997, de aprobación del reglamento de aguas minerales. Ministerio de salud de Chile.

Norma sobre agua embotellada NTC 3525 (ICONTEC, 1999).

Norma sobre el rotulado en la industria alimentaria NTC 512-1, oficializada a través de la Resolución 2377 del 12 de agosto de 1999

Resolución numero 12186 de 1991, sobre procesos de obtención, envasado y comercialización de agua potable tratada con destina al consumo humano del Ministerio de Salud de Colombia.

Decreto 475 de 1998 de agua potable del Ministerio de Salud de Colombia.

Decreto 1594 de 1984, sobre usos recreativos del agua del Ministerio de Agricultura de Colombia.

Norma para las aguas minerales naturales (CODEX STAN 108-1981).

Código internacional recomendado de prácticas de higiene para la captación, elaboración y comercialización de las aguas minerales naturales (CAC/RCP 33- 1985).

Directiva del Consejo de la Unión Europea relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre explotación y comercialización de aguas minerales naturales (CONSLEG 1980L0777-13/12/1996)

Real Decreto Español 1164/1991 por el que se aprueba la reglamentación técnico sanitaria para la elaboración circulación y comercio de aguas de bebida envasadas.

Legislación del Código Federal de los Estados Unidos sobre Requerimientos específicos para bebidas estandarizadas (FAO. Título 21. Volumen 21. Parte 164.110).

Ley 5 de 1995 de regulación de aguas minerales, termales, de manantial y de los establecimientos balnearios de la comunidad autónoma de Galicia, España.

Alfaro, C. Bernal, N., Ramírez, G. y Escobar, N. 2000. Colombia Country Update. Proceedings World Geothermal Congress 2000. Kyushu - Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000. 10 pp

Armijo Valenzuela M, San Martín Bacaicoa J, y cols. 1994. Curas balnearias y climáticas. Talasoterapia. Helioterapia. Madrid: Ed. Complutense. Madrid. 688 pp.

ICONTEC. 1999. Norma Técnica Colombiana 3525. Bebidas no alcohólicas. Agua de bebida envasada. 13

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana 512-1 (Cuarta actualización). Industrias alimentarias rotulado.

LaMoreaux, P.E. and Tanner, J. T. (Eds). 2001. Springs and bottled waters of the world. Ancient history, source, occurrence, quality and use. Springer-Verlag. Germany. 315 pp

Ministerio de Agricultura de Colombia. Decreto 1594 de 1984, sobre usos recreativos del agua.

Ministerio de Salud de Colombia. 1991. Resolución 12186. Condiciones para los procesos de obtención, envasado y comercialización de agua potable tratada con destino al consumo humano.

Ministerio de Salud de Colombia. 1998. Decreto 475 de agua potable.

Sánchez RL, Fagundo CJ, Romero SJ, Moreno CA, Cervantez GP. Caracterización físico química preliminar de fuentes de aguas minerales de Colombia. en Prensa.