

CAPÍTULO II. ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS MINERALES (NATURALES Y MINEROMEDICINALES).

Autor:

Dr: Arsenio González Martínez

CAPÍTULO II. ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS MINERALES (NATURALES Y MINEROMEDICINALES).

II.1 La temperatura de las aguas minerales naturales y mineromedicinales.

Una de las características esenciales en las aplicaciones de las aguas minerales naturales y mineromedicinales es su temperatura. Este parámetro es de gran valor no sólo en cuanto al uso, sino como característica hidrogeológica e hidrogeotérmica. La temperatura se emplea también para clasificar las aguas (Schoeller, 1962):

- aguas hipertermas o termales, si $t > t_m + 4 \text{ }^\circ\text{C}$
- aguas ortotermas o normales, si $t_m \leq t \leq t_m + 4 \text{ }^\circ\text{C}$
- aguas hipotermas o frías si $t < t_m$

siendo t la temperatura del agua y t_m la temperatura media anual en el lugar.

Las aguas minerales en general son aquellas que poseen concentraciones anormalmente elevadas en algunas sustancias químicas disueltas o el residuo seco es muy elevado (Custodio y Llamas, 1983); si la característica anómala es la temperatura se tienen las aguas termales. Estas aguas pueden tener propiedades curativas y entonces reciben el nombre de aguas mineromedicinales.

El interés actual de las aguas minerales se va haciendo creciente, pues además de emplearse en Hidrología médica por sus propiedades terapéuticas son una fuente de energía de bajo costo para producción de energía eléctrica, calefacción industrial o doméstica, etc.

La temperatura de las aguas subterráneas normales tiene su origen en el balance energético del sistema formado por el agua de recarga procedente de la infiltración de la lluvia y el terreno. El aporte de calor de la lluvia es externo –su temperatura se debe al calor que recibe del sol- mientras que el aporte de calor del terreno es mixto –su temperatura se debe al calor solar y a contribuciones internas tales como la desintegración de sustancias radiactivas y al gradiente geotérmico-. Ahora bien, una vez que por infiltración la lluvia entra en contacto con el terreno su temperatura puede verse modificada al recibir calor procedente de otras fuentes, tales como reacciones químicas - oxidación de materia orgánica, oxidación de sulfuros, etc.-, calentamiento por pérdidas de carga en la circulación, cambios entálpicos por expansión o compresión, reacciones con el suelo y disolución de sales, aunque por lo general estos aportes son pequeños y de escaso interés práctico (Schoeller, op. cit.) frente a los aportes internos a consecuencia del gradiente geotérmico.

Por tanto el sistema térmico agua-terreno es un sistema complejo, que en aguas subterráneas de temperatura normal –acuíferos superficiales- está influenciado por aportes de calor externos e internos (figuras 6,7 y 8).

En cambio en acuíferos profundos la temperatura del agua está relacionada con el gradiente geotérmico (figuras 9 y 10), es decir con la profundidad a que hay que desplazarse para que la temperatura media aumente 1°C . Este valor es variable en una misma vertical, por lo menos en los primeros kilómetros. El valor medio es de alrededor de 33 m (Custodio y Llamas, op. cit.), pero puede variar entre 20 y 40 m en la mayoría de los casos. También es variable de unos lugares a otros, sobre todo con la proximidad a áreas

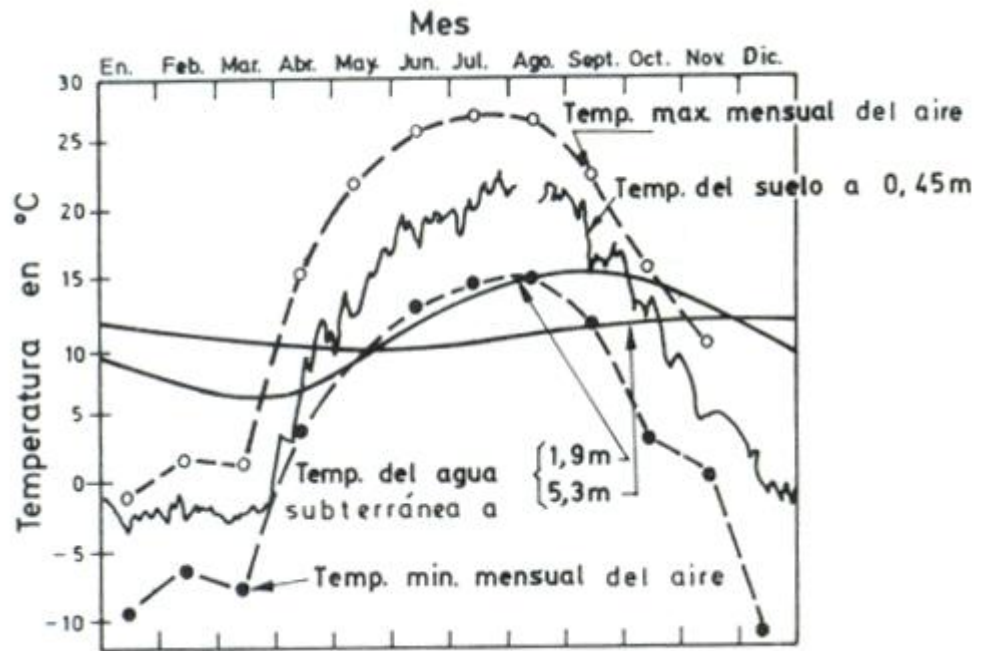


Figura 6. Temperaturas del aire ambiente y del terreno en una localidad próxima a Albany, New York (año 1960; Heath y Trainer, 1968).

tectónicamente activas o a sitios volcánicos; así por ejemplo en algunos lugares de las Montañas del Fuego, en Lanzarote (Islas Canarias), a pocos centímetros bajo la superficie se alcanzan temperaturas de 100 °C y a pocos metros se superan los 200 °C.

Por el contrario, las aguas subterráneas termales son aguas profundas de procedencia diferente a las de infiltración y tienen su origen en las áreas geotérmicas –zonas de la corteza terrestre con un gradiente geotérmico elevado-. A diferencia de las aguas subterráneas poco profundas, destaca su constancia en el caudal, en su composición química y en su temperatura –aunque elevada-, y aunque cuantitativamente puedan tener una mineralización menor, cualitativamente son más ricas en elementos mineralizantes (San José, 1998).

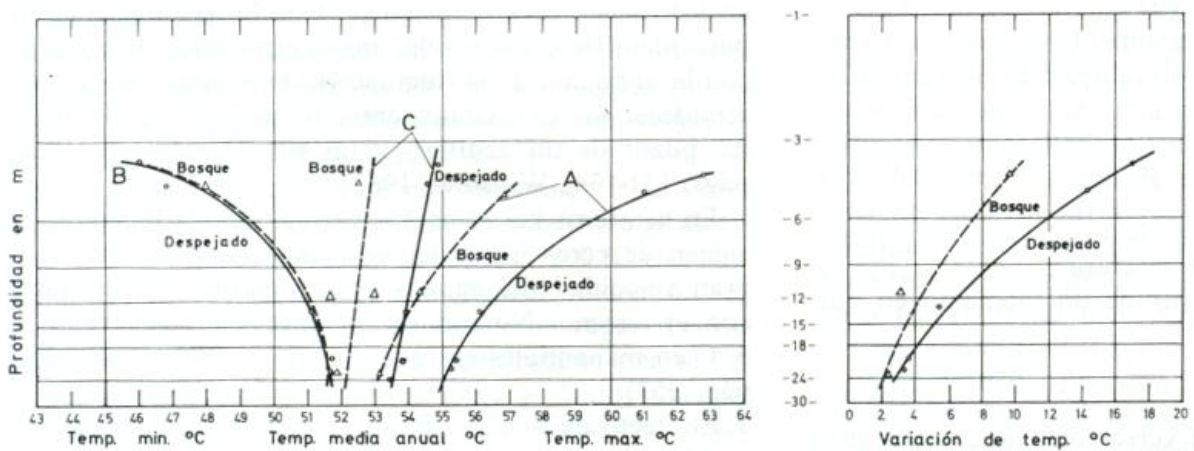


Figura 7. Relación entre la temperatura del agua subterránea y la profundidad bajo el terreno en Babylon, New York (Pluhowski y Kantowitz; modificado de Heath y Trainer, 1968).

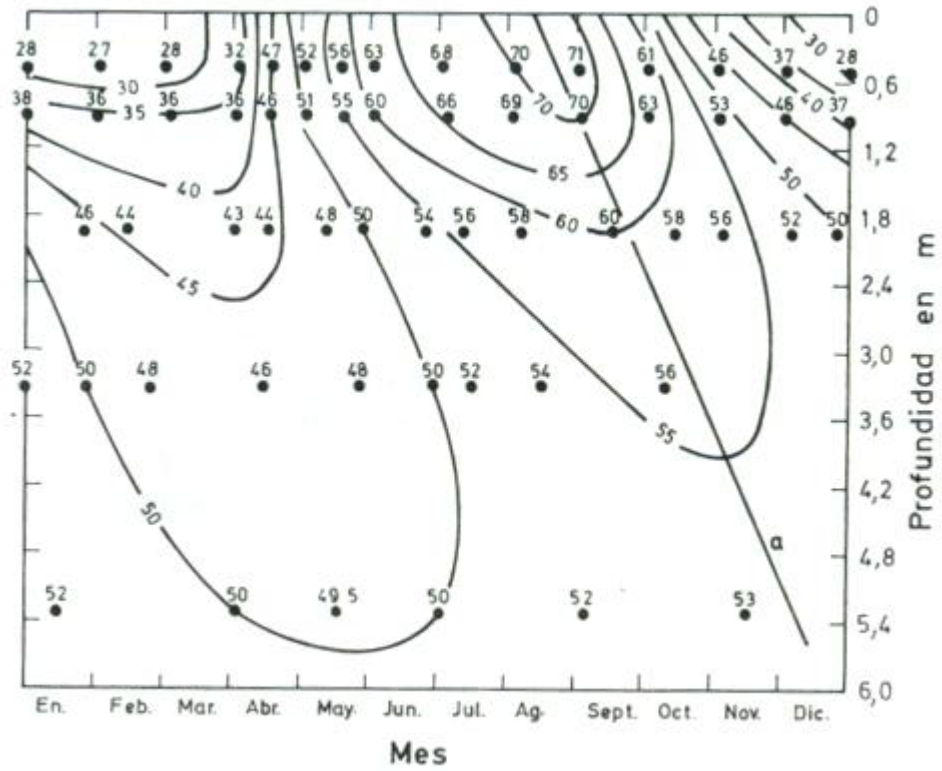


Figura 8. Isotermas de un sondeo próximo al Albany, New York (tª en °F). (Heath y Trainer, 1968).

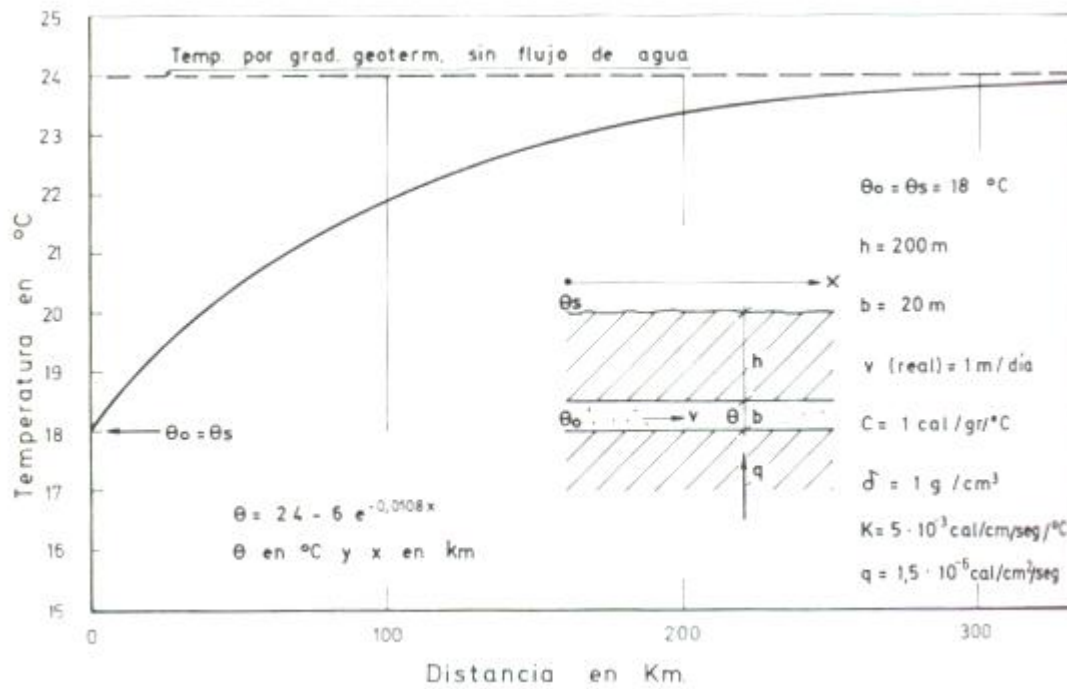


Figura 9. Calentamiento del agua en un acuífero horizontal sometido a gradiente geotérmico. La temperatura inicial del agua es igual a la media de la existente en superficie (Custodio y Llamas, 1983).

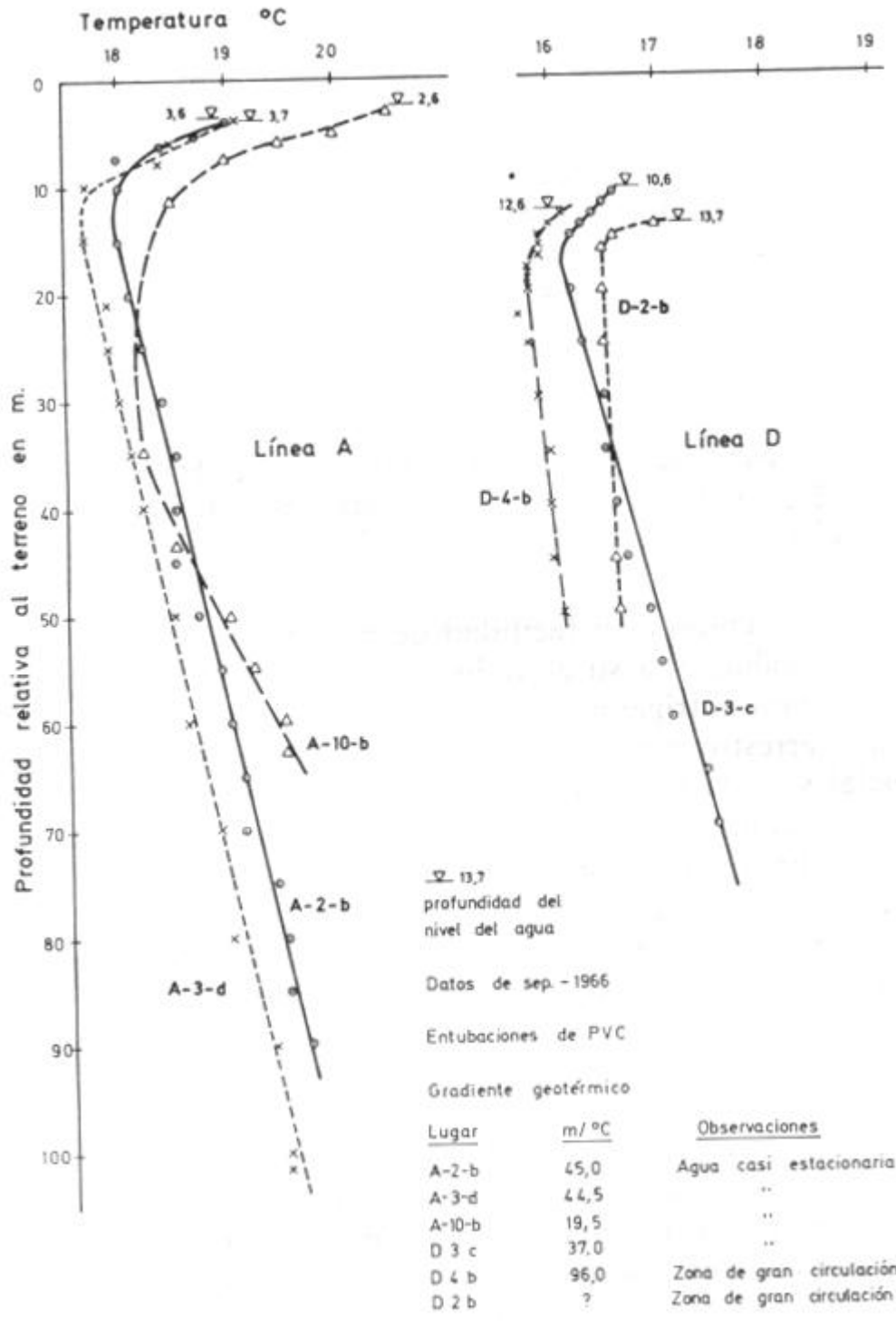


Figura 10.Registros de temperatura de varios piezómetros del delta del río Llobregat, Barcelona (Custodio y Llamas, 1983).

II.2 Áreas geotérmicas y sistemas hidrotermales.

Las áreas geotérmicas implican temperaturas elevadas en profundidad y son zonas de la corteza terrestre con gradientes geotérmicos anómalos –elevados o muy elevados-. El sistema geotérmico es el conjunto formado por los materiales fluidos en movimiento, el

foco caliente, las fracturas, etc. Si aparecen involucradas aguas en movimiento –acuíferos calentados o aguas termales- el sistema recibe el nombre de hidrotermal, y debe incluir el flujo convectivo de agua fría descendente que es necesario para mantener la cantidad de agua global existente en el sistema. Aunque no siempre aparecen manifestaciones exteriores, las áreas con manantiales termales, fumarolas, etc., son la manifestación externa de un sistema hidrotermal.

Estas áreas suelen tener aplicaciones prácticas muy importantes, tanto en aprovechamiento energético –calefacción doméstica o industrial y producción de energía- como en las aplicaciones de los productos termales –aguas minerales, mineromedicinales y peloides- en hidrología médica –crenoterapia y peloterapia-.

Las áreas geotérmicas se ubican en zonas en donde la corteza terrestre es muy delgada o está fracturada. Están relacionadas con la tectónica de placas, principalmente con las dorsales oceánicas y con las zonas de subducción. Aunque no siempre, con frecuencia se asocian a fenómenos volcánicos, pero en este caso hay que entender que la elevada temperatura interior y el volcanismo son manifestaciones de un mismo fenómeno y no una consecuencia del otro. Además con frecuencia las áreas geotérmicas no suelen coincidir con las grandes zonas de mayor flujo térmico terrestre, sino que constituyen manifestaciones marginales de menor extensión (Custodio y Llamas, 1983).

La clasificación de las áreas geotérmicas es complicada por cuanto son muchos los criterios posibles que se pueden emplear y no siempre se pueden diferenciar aspectos esenciales de aquellos que son secundarios. Las clasificaciones basadas en la variación del gradiente geotérmico y del flujo calorífico tienen el inconveniente de que son difíciles de medir y las medidas han de ser de elevada precisión. Las clasificaciones estructurales tienen el defecto de que se basan en algo que modifica el flujo calorífico, pero que no lo controla.

La experiencia acumulada por numerosas medidas realizadas en diferentes áreas o campos geotérmicos explorados en el planeta indica que las temperaturas son muy variables, estando comprendidas entre 50 °C y 400 °C con profundidades de hasta 2,000 m.

El calor interno disipado en un área geotérmica o hidrotermal puede ser sólo una pequeña fracción del calor total regional que se elimina en su mayor parte por conducción a la atmósfera. Por ejemplo, los datos de Yuhara (in Banwell, 1970) indican que el flujo calorífico total en Japón es de 29,500 Mw de los que sólo 2,200 (7,5%) acompañan a erupciones volcánicas, 630 (2,1%) se desprenden en áreas geotérmicas y 3,500 (11,9%) en fuentes termales; según datos de White (1970), en la fosa tectónica de la Isla del Norte de Nueva Zelanda se tiene un flujo geotérmico de $20 \cdot 10^{-6}$ cal/cm²/s en un área de 400 km², y en Yellowstone (USA), en la zona de geysers, el flujo es de $67 \cdot 10^{-6}$ cal/cm²/s en una extensión de 700 km² (in Custodio y Llamas, op. cit.). Es probable que en estas zonas la actividad sea muy antigua –desde hace miles de años-, lo que está a favor de la teoría de la convección magmática como medio para renovar el calor del foco.

En la figura 11 se representa el esquema de un sistema geotérmico e hidrotermal en el que además de existir una fuente de calor interna renovada por convección del magma, existe un flujo de agua que da origen a las fuentes termales y a otras manifestaciones internas.

Las manifestaciones termales pueden ser directamente a través de grietas de circulación ascensional rápida o bien pueden deberse al calentamiento de un acuífero que recibe por ascenso rápido un pequeño aporte de aguas y vapores termales profundos. Según sean las temperaturas y las presiones se puede producir mayor o menor cantidad

de vapor –1 g de vapor formado absorbe unas 540 cal; la entalpía total es de unas 640 cal (Cutodio y Llamas, op. cit.)-.

En la figura 11 se muestra otro esquema de un sistema hidrotermal con agua y vapor y una zona de vapor dominante.

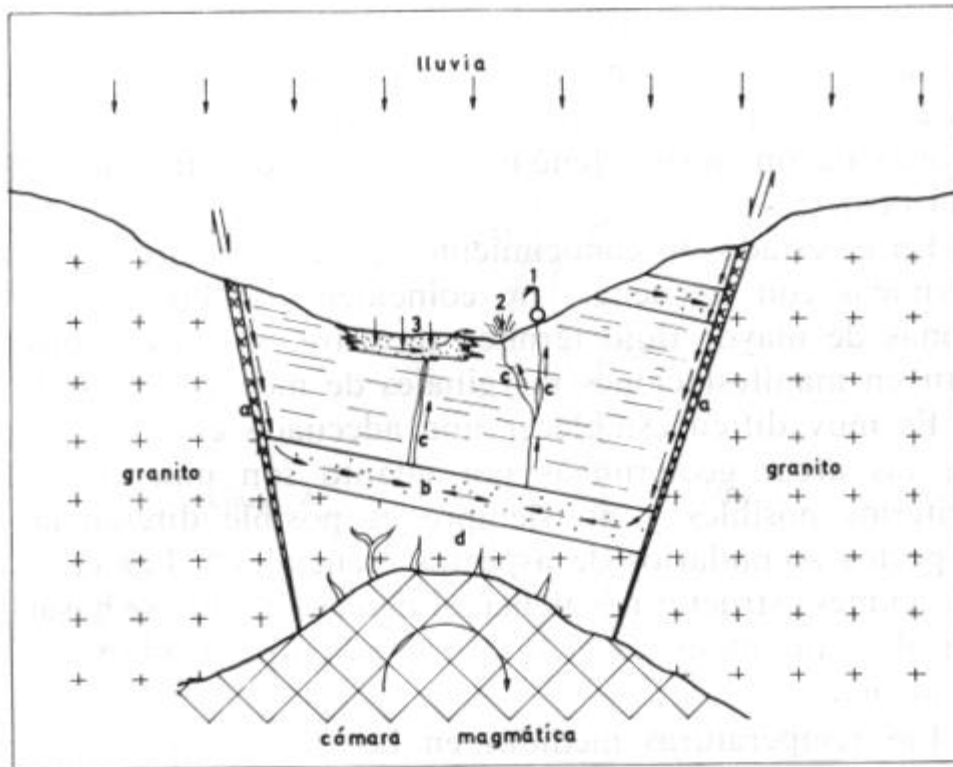


Figura 11. Esquema de un sistema hidrotermal en una fosa tectónica (Custodio y Llamas, 1983). Las flechas indican el movimiento del agua. a) Zonas de fractura y grietas con alguna permeabilidad. b) Acuífero calentado desde la cámara magmática. c) Grieta que permite la ascensión rápida del agua caliente. d) Material entre la cámara magmática y el acuífero a través de la que se conduce el calor y en la que se efectúa una posible convección de agua caliente y vapor por grietas. 1) Fuente termal. 2) Vapor húmedo y agua termal. 3) Acuífero calentado por aportes del acuífero b.

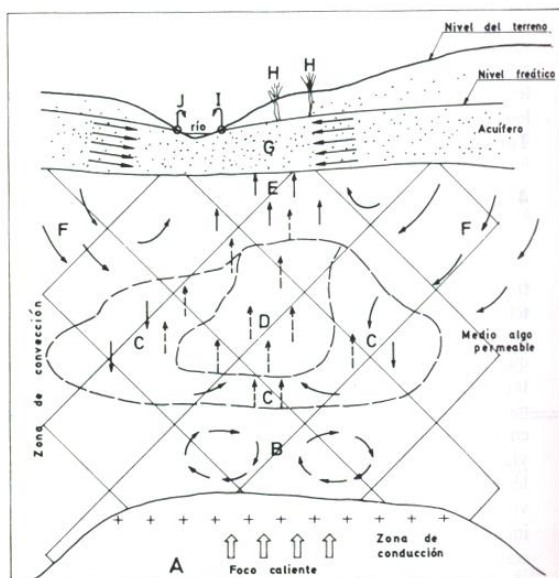


Figura 12. Esquema de un sistema hidrotermal con vapor (Custodio y Llamas, 1983). A) Zona de conducción en material impermeable. B) Zona de convección con agua caliente siempre; si no existe una salida de sales es una zona de formación de salmueras y precipitaciones por acumulación de sales. C) Zona de coexistencia de vapor y agua. D) Zona de vapor. E) Zona de agua caliente por

enfriamiento del vapor. F) Aporte de agua fría. G) Acuífero freático calentado por aportes profundos. H) Manifestaciones hidrotermales con vapor o agua y vapor. I) Fuentes y surgencias termales. J) Fuente fría.

La convección juega un papel muy importante en las manifestaciones geotérmicas e hidrotermales, puesto que la simple conducción no puede explicar las elevadas temperaturas existentes a profundidades moderadas.

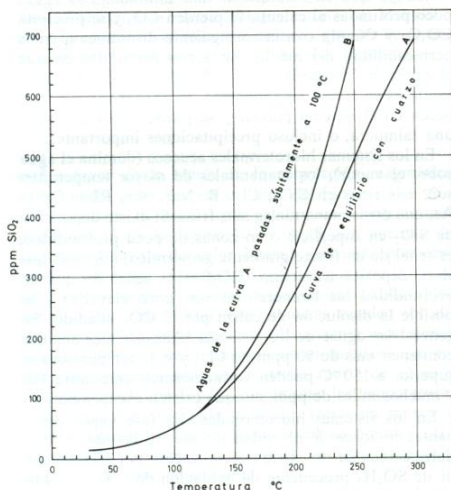
El que exista un sistema geotérmico o hidrotermal no implica que deban aparecer necesariamente manifestaciones de agua termal o de vapor puesto que para que ello ocurra deben existir conductos ascensionales rápidos que no siempre están presentes. La indicación más clara de su presencia es el gradiente normalmente elevado o las temperaturas algo más elevadas que lo normal en las zonas de circulación poco profunda (Custodio y Llamas, op. cit.).

En ciertos sistemas geotérmicos domina la fase líquida mientras que en otros domina la fase de vapor. Según White (1970) la relación de abundancia de los primeros a los segundos es posiblemente de 20/1. Una modificación de las condiciones del sistema, como por ejemplo la extracción de agua caliente, la bajada de presión o la disminución del aporte de nueva agua, puede hacer que éste evolucione y de un sistema de fase líquida dominante se pase a un sistema de vapor dominante –los geysers son claros ejemplos de manifestaciones de estos últimos-. Quiere esto decir que la explotación de los recursos de un sistema geotérmico o hidrotermal no debe hacerse de forma aleatoria e irracional sino que debe planificarse en función del uso a que se destinen, con el fin de alterar lo menor posible su equilibrio natural.

II.3 Indicadores geoquímicos de la temperatura profunda.

El equilibrio de un sistema agua-roca condiciona la composición del agua y su temperatura, por lo que el estudio de la primera nos puede dar información acerca de la segunda. Para ello deben de cumplirse varias condiciones (Custodio y Llamas, 1983):

- a) Existencia de reacciones que dependen de la temperatura con un suministro adecuado de materias.
- b) Equilibrio agua-roca con conjuntos minerales específicos de altas temperaturas.
- c) Ascensión rápida del agua hasta la superficie.
- d) Alteraciones mínimas al pasar el agua a temperaturas menores.
- e) Ausencia de disolución o mezcla con otras aguas.



En sistemas acuosos la sílice –SiO₂– es el mejor indicador de temperatura para rangos menores de 200 °C; en cambio para temperaturas mayores las indicaciones son erróneas pues puede sufrir un proceso de precipitación parcial. En la figura 13 se refleja la relación entre el contenido en SiO₂ y la temperatura en aguas termales.

Figura 13. Relación entre concentración en SiO_2 y la temperatura en aguas termales (Fournier y Truesdell, 1970).

La relación $r \text{ Na/r K}$ es también útil en sistemas acuosos si se mantiene entre 8 y 20 (figura 14), aunque el equilibrio con ciertos minerales se aleja de la zona de mayor coincidencia. El margen de temperaturas útil está entre 160 y 300 °C. Esta relación da buenos resultados para temperaturas >200 °C que es cuando la sílice da resultados deficientes (Custodio y Llamas, op. cit.). La relación no debe usarse con aguas ácidas ni con aguas bicarbonatadas que originan travertino (White, 1970).

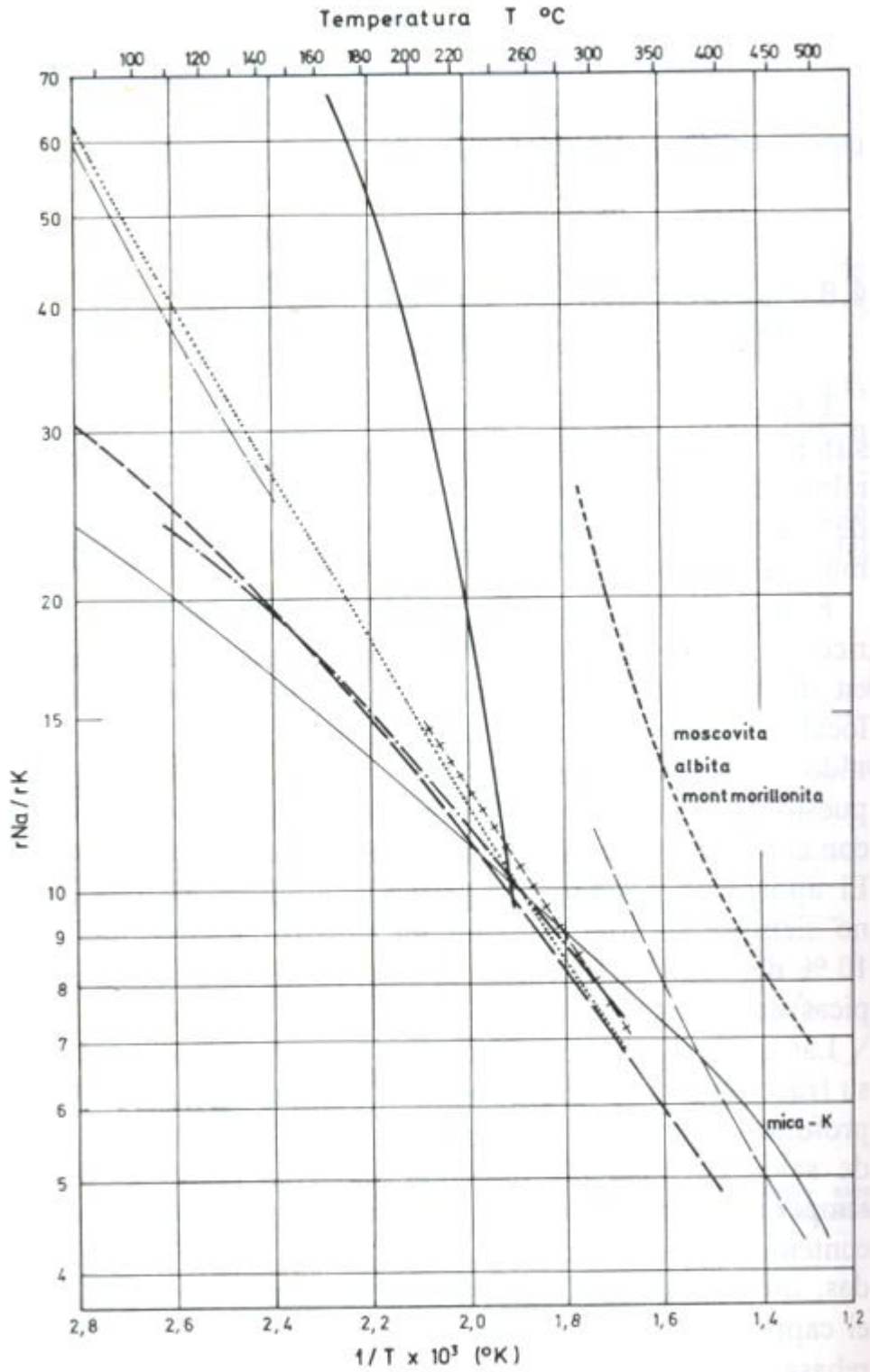


Figura 14. Relación entre rNa/rK y la temperatura. Se muestran curvas teóricas y experimentales deducidas por varios autores (White, 1970).

El contenido en HCO_3^- y Ca^{2+} es función de la temperatura, decreciendo la solubilidad del CO_3Ca al crecer ésta, aunque también influyen otros factores. Puede ser útil en aguas

poco profundas. Contenidos en Mg^{2+} bajo y un valor pequeño de la relación $r Mg/r Ca$ son característicos de sistemas acuosos de alta temperatura y de poca profundidad.

La presencia de costras silíceas indica temperaturas $>180\text{ }^{\circ}C$ y la existencia de un sistema acuoso actual o de tiempos pasados no muy remotos.

La presencia de formaciones de travertino indica temperaturas del subsuelo bajas y gran profundidad de la zona caliente.

En sistemas con fase de vapor dominante es difícil encontrar indicadores de temperatura (Custodio y Llamas, 1983). En estos sistemas puede resultar útil la relación H_2 /total de gases, puesto que crece al aumentar la temperatura y es $>0,005$ si la temperatura profunda es $>200\text{ }^{\circ}C$ (White, 1970). En la reacción $CO_2 + 4H_2 \leftrightarrow CH_4 + 2H_2O$ existe un fraccionamiento del C-13 que depende de la temperatura, por lo que la composición isotópica del C en el CO_2 o en el CH_4 puede utilizarse como indicador, aunque las temperaturas obtenidas suelen ser algo más altas que las reales posiblemente porque el equilibrio al que se ha aludido no es completo. Si en el gas domina el vapor de agua, su presión y temperatura pueden indicar la temperatura de la cámara geotérmica.

Las mezclas de aguas pueden ser estudiadas por métodos hidromecánicos y estadísticos, y la circulación del agua puede deducirse a veces del estudio de minerales existentes en los testigos de sondeos pues las aguas ascensionales tienden a depositar SiO_2 si su temperatura es $<125\text{ }^{\circ}C$, mientras que esto no sucede con las aguas descendentes que por el contrario pueden depositar carbonatos. Las zonas de flujo muy activo –zonas preferentes de flujo- son ricas en SiO_2 y feldespato potásico.

II.4. Geoquímica de las aguas termales propiamente dichas.

Los aspectos geoquímicos de estas aguas varían según se trate de un sistema hidrotermal predominantemente acuoso o en fase de vapor, puesto que en el primero la capacidad de disolución es grande mientras que en el segundo es muy reducida (Custodio y Llamas, op. cit.).

El agua involucrada en el proceso es en su mayor parte de origen meteórico, como lo demuestra el hecho de que su contenido en deuterio es muy similar al de las aguas freáticas locales, y lo confirma la existencia de tritio. De acuerdo con White (1970) el contenido en O-18 no se debe emplear para efectuar comparaciones ya que puede producirse un intercambio isotópico con el terreno si la temperatura del agua es elevada. En las aguas termales suele haber también aportes y mezclas con aguas de origen congénito o metamórfico –en general bajos- pero este contenido no siempre se puede identificar ya que un aporte del 5 ó 10% del total no es capaz de alterar las relaciones isotópicas de forma importante.

En las aguas hidrotermales existen también sales aportadas por su fracción vadosa, por aguas de origen profundo y por las que toma del terreno. La incorporación de estas últimas es en gran medida función de la temperatura, de la presión, del tiempo de contacto del agua con la roca y del contenido en sustancias solubles de ésta, que en general es escaso –el Cl^- por ejemplo no rebasa unos pocos por ciento de ppm y el B puede variar entre 100 y algunos cientos de ppm en algunas pizarras de origen marino y arcillas pelágicas (Custodio y Llamas, op. cit.). El contenido de estos elementos escasos en las aguas termales queda determinado principalmente por el contenido en ellos en la roca inalterada y por la relación agua a roca nueva que está en proceso de lixiviación.

En los sistemas hidrotermales antiguos probablemente se haya producido ya el lavado casi total de sustancias solubles, con lo que los aportes de sales deben tener un origen externo (Ellis y Mahon, 1964). Por otra parte, hay que tener en cuenta la influencia marina,

puesto que la evaporación y la recarga con aguas marinas pueden conducir a notables acumulaciones de sales en las aguas termales.

Parte de los aportes de sustancias solubles que se observan en las áreas hidrotermales y que se creen externos pueden ser emanaciones profundas de zonas de gran temperatura, que suponen volatilización y descomposición de sales. Los haluros son compuestos químicos volátiles y esas emanaciones pueden aportar sales alcalinas -NaCl, KCl, LiCl, NaBr, NaF, etc.- si la presión es elevada, o bien ácidos -HCl, HF, etc.- si la presión es baja (Custodio y Llamas, 1983). Los aportes de Li^+ , NH_4^+ , Cl^- , B, I, Br^- , CO_2 , H_2S , As, y Sb pueden también asociarse a emanaciones profundas, por lo que esas sustancias son frecuentes en las aguas termales.

El Na^+ , K^+ y SiO_2 pasan fácilmente de las rocas al agua, pero en cambio el Ca^{2+} y el Mg^{2+} son disueltos con más dificultad ya que su solubilidad es limitada. Al calentarse aguas poco profundas pierden CO_2 y se precipita CaCO_3 y MgCO_3 con la consiguiente disminución de la permeabilidad del medio. En cambio en zonas profundas en que el agua está sometida a un ciclo convectivo y la única salida es en forma de vapor (figura 1.7) las sales permanecen en el sistema parcial y se puede llegar a formar una salmuera o a precipitar sales en proporciones importantes.

En los sistemas hidrotermales acuosos -aquéllos en los que predomina el agua sobre el vapor- los manantiales de mayor temperatura son más ricos en sustancias como SiO_2 , Cl^- , B, Na^+ , K^+ , Cs^+ , Rb^+ y As que otros manantiales más fríos. Si se deposita SiO_2 en superficie o en zonas poco profundas ello es indicativo de un fuerte gradiente geotérmico en el área, mientras que si se deposita CaCO_3 -travertino- es señal de que en profundidad las temperaturas son poco elevadas y es posible la disolución de caliza por el CO_2 añadido. En general las aguas de estos sistemas hidrotermales tienen contenidos >50 ppm Cl^- , y si la temperatura es >150 °C pueden variar entre 100 y muchos miles de ppm de Cl^- .

En los sistemas hidrotermales con fase de vapor dominante, en zonas de actividad intensa, si no existe neutralización por NH_3 se forman manantiales ácidos a partir del H_2SO_4 procedente de la oxidación del SH_2 . En estos casos el contenido en SO_4^{2-} es elevado y el contenido en Cl^- es bajo, por lo general <15 ppm. Si la actividad no es tan intensa, las fuentes tienen agua que varía desde ligeramente ácida hasta ligeramente alcalina sulfatada-bicarbonatada con un contenido en CO_2 total, B y NH_4^+ que a veces es elevado (Custodio y Llamas, op. cit.). En ambos casos en estas áreas es de esperar la existencia de un nivel de agua hirviente profundo, de salinidad muy elevada.

II.5. Depósitos asociados a las áreas hidrotermales.

Un rasgo característico de estas áreas es que haya un desequilibrio químico del agua que surge a la superficie del terreno, por pérdidas de gases disueltos, paso de un medio reductor a uno oxidante, enfriamiento del agua, etc. Este desequilibrio generalmente se traduce en la formación de precipitados en forma de depósitos sólidos y/o de fangos -peloides-, que se asocian espacial y temporalmente a las aguas minerales y termominerales.

Entre estos depósitos son muy comunes las formaciones de tobas y travertinos -precipitaciones de CaCO_3 , las formaciones de limonita -hidróxido férrico- y los depósitos de SiO_2 -calcedonia, cuarzo y ópalo en su variedad geiserita como más frecuente-. La sílice también puede depositarse si aumenta el pH en la mezcla del agua termal con aguas subterráneas de acuíferos poco profundos. En estos depósitos también se encuentran a veces -en pequeñas cantidades- sulfuros y sulfatos metálicos.

Los peloides-fangos- suelen tener escasa consistencia por lo que son muy vulnerables a ser arrastrados mecánicamente por el agua si la velocidad de ésta es elevada; por eso es frecuente, en estos casos, el que a los fangos acompañen cantidades de arcillas más o menos importantes –que se coagulan- y de hidróxido férrico, carbonatos y sílice –es el llamado fango de Loeches-. En cambio, otras veces los peloides-fangos- tienen un origen orgánico y su consistencia es mayor –más o menos de gel (Custodio y Llamas, op. cit.)-.

II.6 Geoquímica de las aguas minerales (naturales y mineromedicinales).

La composición química de las aguas minerales difiere poco de la de las aguas ordinarias, excepto en una concentración total anormalmente elevada o en contenidos anormales de algunas sustancias disueltas, como HCO_3^- , CO_2 , Fe^{2+} , SiO_2 , SH_2 , etc.

Las aguas saladas y salmueras naturales que se asocian a estas aguas tienen elevados contenidos en Br^- , I^- , y, a veces, en B, F^- , Li^+ , Sr^{2+} , As, etc. Muchas veces no se trata de proporciones elevadas, sino que el contenido es alto porque la salinidad es elevada, pero otras sí que se presentan cantidades excepcionalmente elevadas como por ejemplo 243 ppm I^- en la fuente de Sohl –Sohlquelle- en Alemania (Custodio y Llamas, 1983) y 96 ppm I^- y 16 ppm Br^- en la fuente de Chellesles-Eaux en Saboya (Castany, 1973), así como en los yacimientos de Elguea, Ménendez, La Cuquita en Cuba (Romero, Moreno, 2003).

Las sales presentes en las aguas minerales tienen un origen similar al de las aguas subterráneas normales y pueden haber quedado sometidas a idénticos fenómenos modificadores. En ocasiones se deben al lavado de depósitos de sales solubles –yacimientos de sal y de yeso, domos de sal- o a la presencia de terrenos que pueden aportar grandes cantidades –Trías Keuper, Oligoceno, etc.- o, finalmente, a materiales con abundantes restos orgánicos que pueden aportar I, etc.

Si se trata de aguas de circulación profunda –flujo regional normalmente-, las elevadas temperaturas y presiones y el largo tiempo de contacto con las rocas permiten que se concentren oligoelementos –Li, Sr, As, etc.- en cantidades anormales, de idéntica manera a como hemos expuesto antes para el caso de las aguas ligadas a los sistemas hidrotermales.

El contenido en CO_2 puede llegar a 3,000 ppm y se desprende al perder presión el agua, pudiendo alcanzar la superficie incluso por caminos distintos a los del agua –aparecen así las mofetas- o bien desprenderse de ésta en la misma superficie –aparecen así los grifones-. En ocasiones sobre el CO_2 , y junto a él, domina el nitrógeno libre, aunque raramente supera los 15 ppm.

En zonas con granitos el agua puede contener helio, que es la radiación α de desintegración de los elementos radioactivos pesados frenada por el propio terreno, y si la concentración es elevada pueden ser fuente de este gas. Estas fuentes tienen un interés industrial pues el gas helio tiene muchas aplicaciones –una de las mayores es como elemento refrigerante en reacciones nucleares-. Según datos de Castany (1973) en las fuentes minerales de Tejas –USA- se obtienen 400 $\text{m}^3/\text{día}$ de He, pero se trata de un caso excepcional; en cambio en Pechelbronn –Alemania- se obtienen 38 $\text{m}^3/\text{año}$, que es despreciable a efectos prácticos.

En ocasiones las aguas minerales son más radiactivas que el valor medio de las aguas subterráneas, en especial las que se asocian a granitos. Su actividad es en su mayor parte temporal -asociada al radón-. Custodio y Llamas (1983) citan valores de hasta 500 $\mu\text{mCi/l}$ o más (véase la tabla 2) en aguas minerales naturales envasadas españolas.

En la tabla 2 se dan los análisis químicos de algunas aguas minerales naturales envasadas en España –según datos de Custodio y Llamas, op. cit.- tal como constan en las etiquetas o transformados para tener todas las expresiones de forma comparable.

Análisis completos, incluyendo algunos elementos traza de aguas termales y de aguas altamente mineralizadas, pueden encontrarse en ciertos trabajos especializados como por ejemplo en los de Kimura et al. (1954) y en los de Mazor et al. (1969).

Buenos ejemplos de análisis químicos de aguas minerales cubanas se encuentran en Suárez (1998) para los manantiales de la Sierra del Rosario, provincia de Pinar del Río – La Gallina, El Templado y El Tigre, en San Diego de los Baños-, San Miguel de los Baños –municipio de Jovellanos- en la provincia de Matanzas, y Elguea –en Villa Clara-. El yacimiento de San Diego de los Baños emerge en la Falla Pinar y se encuentra asociado al drenaje profundo del karst desarrollado en rocas calizas del Cretácico y en rocas terrígenas carbonatadas del Paleógeno, confinadas entre secuencias impermeables del Jurásico –esquistos, pizarras y areniscas de la formación San Cayetano- y del Cretácico – rocas ultrabásicas, tipo serpentinitas y harzburgitas-; el yacimiento de San Miguel de los Baños se asocia a aguas pluviales de infiltración a través de fracturas en rocas ultrabásicas –serpentinitas- del Cretácico y que circulan por el contacto entre estas rocas con rocas volcánicas del Cretácico; el yacimiento de Elguea se asocia a fracturas y fallas profundas en rocas carbonatadas, silíceo-carbonatadas y terrígeno-carbonatadas de edades comprendidas entre el Jurásico superior y el Cuaternario.

Tabla 2. Resultados analíticos de algunas aguas minerales españolas envasadas (Según indicaciones en la etiqueta; Custodio y Llamas, 1983).

Nombre del agua	Malavella		Fonter		Firgas		Vital		Vichy Catalán		San Narciso		Clará	
Lugar	Caldas de Malavella		Amer		Firgas		La Garriga		Caldas de Malavella		Caldas de Malavella		Argentona	
Provincia	Gerona		Gerona		Las Palmas		Barcelona		Gerona		Gerona		Barcelona	
Cationes	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm
Na	911,04	39,60	1182,57	51,50	103	4,49	53,8	2,34	1110	48,24	654	28,40	8,75	0,38
K	178,93	4,59			4,1	0,11	5,1	0,13	70,8	1,81	250	6,41		
Ca	56,44	2,82	55,43	2,77	56	2,80	10,6	0,53	19,2	0,96	56,6	2,83	111,4	5,57
Mg	9,99	0,83	43,42	3,62	29,2	2,43	7,7	0,64	14,8	1,24	20,2	1,68	47,6	3,97
Fe ⁺⁺	1,35	0,02	Indicios		3,9	0,07			1,3	0,05				
Total	47,86		57,89		9,90		3,54		52,30		39,32		9,92	
Aniones	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm
CO ₂ H	3268,94	53,60	1304,31	21,40	594	9,75	83,7	1,43	2100	34,52	1048,5	17,17	494,0	8,10
SO ₄	54,65	1,14	36,62	0,71	7,6	0,02	8,9	0,02	46,3	0,96	444,9	9,26	25,0	0,54
Cl	595,93	16,79	(?)447,66	12,60	31,5	0,89	59,6	1,68	590	16,60	554,6	15,60	46,1	1,30
NO ₃					12	0,19								
Total	71,53		34,71		10,85		3,13		52,08		42,03		9,94	
Residuo seco ppm			2900		512		248				3424,2			
CO ₂ disuelto ppm	1075		990		1584		14		328		202,6		510	
O ₂ disuelto ppm	4,56		5,82						1,6				4,15	
N ₂ disuelto ppm	17,9		20,1						3,9		64,65		7,6	
Radioactividad	300 µµc/l de Ra		152 Volt/h/l				590 Volt/h/l						1300 µµc/l	
Otras sustancias ppm	Li 0,15, Al 1,02, SiO ₂ 70,5, Indicios de Ba, Sr, Mn, F, Br, PO ₄ y BO ₃		Al ₂ O ₃ 98, SiO ₂ 10		Al 0,7, SiO ₂ 140, Residuo fijo a calcinación 439 ppm		SiO ₂ 2,1, PO ₄ ⁻ Indicios, Materia orgánica 4 ppm en O ₂		SiO ₂ 59,5, Li 0,13, Br 0,13, I 0,012, F 4,65, Análisis compensado		Li 1, SiO ₂ 78,5, pH 8,0, Densidad 1,00185		SiO ₂ 22, Sr indicios, Análisis compensado	
Temperatura °C	60 °C								60 °C		59,5 °C			

II.7 NOCIONES DE TERMOTERAPIA.

II.7.1 Mecanismos de transferencia de energía térmica.

La termoterapia es la aplicación del calor o el frío como agentes terapéuticos.

En aras de una mejor comprensión por parte del lector es válido aclarar el concepto de calor: que no es más que una forma de energía que poseen todos los objetos materiales. También el término de temperatura que representa la velocidad promedio (energía cinética promedio) del movimiento molecular en ese material. En cuanto al término calor específico (c) es la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado la temperatura de una unidad de masa de una sustancia.

Son reconocidos cuatro mecanismos por los cuales se realiza la transferencia térmica al cuerpo humano a saber que son: La radiación, conducción, la convección, la evaporación y la conversión.

La conducción, convección y radiación pueden producir tanto pérdida como ganancia de calor por parte del organismo, mientras que la evaporación siempre produce pérdida de calor.

II.7.2 Respuestas fisiológicas a la aplicación de calor terapéutico.

Las respuestas fisiológicas a las aplicaciones con fines de curación de calor son las siguientes: Aumento de la circulación sanguínea y linfática, aumenta la flexibilidad del tejido colágeno, por lo cual disminuye la rigidez articular, alivia el dolor, disminuye el espasmo muscular y colabora con la reabsorción de infiltrados inflamatorios, edema y exudados.

II.7.2.1 Precauciones y contraindicaciones en la aplicación de calor.

Existen situaciones de precaución y especial cuidado cuando se aplica calor al organismo como son:

Es importante tener cuidado en zonas de pérdida o trastornos de la sensibilidad, se debe vigilar la aparición de dolor durante la aplicación. Está contraindicado en los tejidos con irrigación inadecuada, tampoco cuando exista tendencia al sangramiento. Es importante no aplicar en zonas donde existen procesos malignos, por la posibilidad de diseminación y no aplicar en procesos inflamatorios agudos, ni febriles.

No aplicar en pacientes con trastornos cardiovasculares descompensados. No debe aplicarse calor sobre las gónadas, ni sobre el feto en desarrollo. La exposición al calor del abdomen grávido puede ser causa de anomalías funcionales y retraso mental para el futuro bebé. Se debe eliminar todo contacto con objetos metálicos durante el tratamiento, por lo que es adecuado ubicar al paciente sobre silla o camilla de madera. No aplicar en pacientes con implantes metálicos en la zona del tratamiento.

Para el caso del calor producido por las altas frecuencias, el paciente debe estar colocado en una posición cómoda y fija, pues los pequeños movimientos del cuerpo durante el tratamiento, pueden alterar la impedancia del circuito de tal manera que se producirá una resonancia y podrá incrementarse en forma considerable el flujo de corriente sin que lo advierta el fisioterapeuta. Es necesario evitar la acumulación de gotas de sudor empleando una toalla. No se debe aplicar calor en pacientes con marcapasos, ni

en pacientes con dispositivo intrauterino que contienen metal. No se debe aplicar durante el período menstrual por la posibilidad de aumentar el sangramiento.

Es importante retirar los lentes de contacto antes de la aplicación por constituir núcleos de calor. En el caso de las saunas y baños de vapor, deben estar indicadas bajo supervisión médica para evitar complicaciones como el síncope por calor, que ocurre por fallo de los mecanismos termolíticos y constituye una urgencia médica.

No se debe aplicar sobre zonas de crecimiento óseo en niños. Se debe elegir la modalidad termoterapéutica que producirá la temperatura más alta en el sitio de la lesión, sin sobrepasar los niveles de tolerancia en los tejidos circundantes. Hay que conocer la distribución de la temperatura que producen los dispositivos de calentamiento con los que contamos. No se ha comprobado que la exposición a radiación dispersa pueda causar trastornos en los fisioterapeutas, pero se plantea que la intensidad de la exposición prolongada se debe mantener por debajo de 5 a 10 mW/cm

II.7.3 Clasificación de la termoterapia.

Según su profundidad de acción, se clasifican en:

- Superficiales: sólo producen un calentamiento de la superficie corporal, ya que su penetración es muy baja, por absorberse cutáneamente casi en su totalidad.
- Profundos: producen efectos biológicos gracias al calentamiento directo de los tejidos situados en mayor profundidad. Este grupo incluye: onda corta, microondas y ultrasonidos.

Superficial

Conducción

Convección

Conversión

Profunda

Conversión

Efectos biológicos.

Se verifican a la luz de los siguientes procesos que ocurren en el organismo humano bajo tratamiento como son:

- Aumento de la extensibilidad del tejido conectivo.
- Disminución de la rigidez articular.
- Efecto analgésico.
- Efecto antiespasmódico.
- Efecto antiinflamatorio.

II.7.4 Métodos conductivos.

Expondremos brevemente algunos de las técnicas y métodos convectivos mas comunes empleados en la práctica médica y en la vida domestica.

II.7.4.1 Bolsas calientes

Estas transfieren calor por conducción, aunque también se produce algo de convección y de irradiación. Las llamadas (Hot-packs) consisten en una bolsa de algodón rellena de bentonita u otro material hidrófilo. Otro tipo como las Hydrocollator, contienen silicato en forma de gel en una bolsa de algodón. Existen otras rellenas de Hidrocoloide, material gelatinoso que puede ser utilizada tanto en termoterapia como en crioterapia. Se las calienta en un baño de agua controlada por un termostato. Se aplica con 71° a 79° C y

se envuelven en toallas para que mantengan la temperatura; se aplican entre 15 y 20 min., pero a los 5 min. Deben ser retiradas para revisar el estado de la piel. En todos los casos se calienta fundamentalmente el tejido subcutáneo. Una vez que son retiradas del agua, pierden rápidamente temperatura. Algunas de las variedades pueden calentarse también en un horno microonda. El calor “seco” puede elevar más rápido la temperatura corporal que el calor húmedo pero tiene menor capacidad de penetración.

La bolsa de agua caliente.

Es una modalidad de termoterapia muy útil para el uso doméstico. Se llena con agua caliente a 48° C, se aplica con la misma metodología que las anteriores, pero produce una menor transferencia térmica al paciente, cuando se utilizan temperaturas superiores se corre el riesgo de producir quemaduras. Nunca se deben indicar en personas mayores con riesgo de dormirse o no tener adecuada atención.

Se aplican con una duración de 15-20 minutos. Es necesario interponer toallas para evitar quemaduras.

II.7.4.2 Compresas kenny.

Desarrolladas para pacientes con poliomielitis, para aliviar el dolor y los espasmos musculares. Formadas por paños de lana que se calientan al vapor y luego se les elimina el exceso de agua por centrifugación. La compresa relativamente seca se aplica enseguida sobre la piel, a 60° C. cae la temperatura a 37° C en 5 min. Es una aplicación de calor muy corta pero muy intensa, que produce una importante respuesta refleja.

II.7.4.3 Compresas químicas.

Son envases flexibles que contienen dos sustancias químicas y al ponerlos en contacto se produce una reacción química exotérmica con elevación rápida e intensa de la temperatura.

II.7.4.4 Almohadillas eléctricas.

Deben estar adecuadamente aisladas por plástico sobre una tela húmeda. Tiene la ventaja de mantener la temperatura por el tiempo que dure la aplicación, pero son peligrosas por la elevación constante del calor en un paciente que puede quedar dormido. La potencia oscila entre 20 y 50 W, según el tipo de almohadilla.

Tienen la ventaja de mantener la temperatura durante el tiempo de aplicación. El calor se produce mediante el calentamiento de una resistencia en el interior de la almohadilla. Suele disponer de un interruptor, reóstato con varios niveles de calentamiento. Deben reunir todas las normas de seguridad eléctrica. Mantenerse la temperatura constante, se corre mayor riesgo de producción de quemaduras, sobre todo si el paciente yace sobre la almohadilla o se duerme con ella

II.7.4.5 Indicaciones de las bolsas y compresas calientes.

Estas técnicas son empleadas en: la reducción del espasmo muscular, en apoyo a la kinesiología y el masaje, por disminuir la resistencia al estiramiento de los tejidos, para analgesia en puntos hipersensibles como en la fibromialgia. Aplicando calor superficial sobre el abdomen se obtiene reducción de molestias gastrointestinales y reducción de la acidez gástrica.

II.7.5 Métodos convectivos.

Dentro de los métodos convectivos hay diferentes medios de importancia en la terapéutica médica que generalmente se combinan o asocian al uso de los peloides como la sauna, los baños de vapor, las vaporizaciones, los baños de parafina.

II.7.5.1 Sauna o baño finlandés.

La sauna o baño finlandés como también es conocido es una aplicación termobifásica; consiste en la exposición a aire caliente y muy seco que generalmente se alterna con aplicaciones de baños frías. La aplicación se realiza en un local con condiciones especiales y puede tener diferentes dimensiones. Los paneles se fabrican con madera especial proveniente de dos fuentes principales, el Abeto o el Pino rojo de los países nórdicos, Finlandia, Canadá, esta última tiene ventajas, como son el color más claro y mayor resistencia. Esta madera se somete a un proceso especial de secado que la hace resistente al calor < 120° C y a la humedad (tratamiento antihumedad). La temperatura se genera mediante estufas eléctricas resistentes al agua, segura con piedras graníticas, bazálticas, o volcánicas, a las cuales se les vierte agua con un cubo y cazo de madera. Debe tener un control electrónico con stop automático en un tiempo determinado y que solo permita la circulación de 24 v (para evitar la electrocución). No debe existir en su fabricación ninguna estructura metálica que pueda ponerse en contacto con el paciente o usuario de la sauna. La instalación eléctrica y los bombillos deben ser también resistentes al calor (400° C y 120° C respectivamente).

-Técnica de aplicación.

En el interior se dispone de una serie de asientos en dos niveles de altura en los que se descansa en decúbito o en sedestación. Cuenta además con un termómetro interior y un higrómetro para medir tanto la temperatura como la humedad dentro de la sauna. En el banco superior se pueden alcanzar temperaturas de 100° C, y en el inferior de 80° C, la humedad debe ser menor de 25 %, mientras más baja es la humedad, más temperatura se tolera. Debe existir una ventilación que permita una renovación del aire más de 5 veces por hora. Antes de entrar se toma una ducha para activar la circulación superficial, luego se entra desnudo o con una toalla, en ningún caso con tejidos que no sean compatibles con las altas temperaturas, si durante la sesión el aire es demasiado seco, se vierte agua sobre las piedras, pero no se debe abusar de esta maniobra. Permanencia no más de 15 min., al salir se toma un baño de inmersión o ducha con agua fría por 2-3 min. Tantas entradas como se haga necesario. Ha de descansar al final en una tumbona o poltrona por unos minutos y se vuelve a entrar. No se realiza ningún tipo de ejercicios que no sean de relajación. La temperatura corporal puede elevarse de 0.5 a 1.5-2° C. Nunca debe aumentar el pulso dentro la sauna a un número mayor que 185 – la edad del paciente, en este caso debe ser retirado el paciente o el usuario rápidamente y solo se permite una nueva entrada si el pulso está entre 10 y 15 por encima del basal.

- Efectos fisiológicos del baño sauna.

Como resultado del baño sauna se produce una sudoración profusa de 200 a 600 g en 15 min. de tratamiento. Ello estimula la renovación de la piel y la formación del manto ácido cutáneo. Activa el mecanismo de excreción transcutánea, por donde se eliminan un grupo importante de desechos metabólicos internos. Estimula los sistemas scavenger o rastreadores de radicales libres, evitando su acumulación y su consecuente participación en disímiles procesos patológicos o enfermedades. Aumenta la frecuencia cardiaca con disminución de la resistencia periférica y disminución de la presión arterial. Aumenta la

frecuencia respiratoria y mejora la perfusión alveolar, incrementa la secreción de moco bronquial. Aumenta la secreción de catecolaminas y tiroxina con aumento del metabolismo general. Produce acción antiinflamatoria y relajante muscular. Efecto significativo de relajación psíquica-física, donde se combinan varios factores como son el aislamiento, el silencio, el color, el olor, y la temperatura elevada con una humedad relativa baja que logra un efecto agradable.

II.7.5.2 Baños de vapor.

Los baños de vapor son aplicaciones de vapor son calientes y tienen carácter terapéutico. El calor en vapor ayuda a mejorar el aparato circulatorio al tiempo que actúa relajando y disolviendo las mucosidades. Tanto las dolencias de estado crónico como las agudas pueden ser tratadas con baños de vapor, siempre bajo prescripción médica y estricta supervisión. El Baño romano o turco, es un baño total saturado de vapor de agua a una temperatura que oscila entre 38 y 45° C. Se aplican en habitaciones de diferentes formas y tamaños, con asientos a diferentes niveles, lo que define diferentes grados de temperatura y estrés calorífico. Deben poseer paredes impermeabilizadas, suelo antideslizante y bombillas de iluminación de menos de 25 W para evitar accidentes eléctricos. Se recibe desnudo o con una toalla, previa ducha de activación, luego de 10-15 min. Se aplica otra ducha, con descansos de alrededor de 15 min. Se hacen varias entradas. El baño finaliza con ducha o con masaje y luego un reposo bien abrigado de 20 o 30 minutos.

II.7.5.3 Vaporizaciones.

Es una variedad de baño de vapor parcial, en sus inicios muy preconizado por Kneipp, y luego muy utilizados hasta la práctica actual, cuando se aplica parcialmente a la cabeza se le denomina popularmente “inhalaciones”, y se aplican ante procesos catarrales de las vías respiratorias superiores y suelen complementarse con sustancias aromáticas como aceites esenciales de plantas (eucalipto, romero, pino, etc.)

❖ Indicaciones de las saunas y los baños de vapor.

Las principales indicaciones de estas aplicaciones caracterizadas por ser frías y calientes o viceversa de ahí que se consideren en dos fases son: Resfriado común, bronquitis crónica compensada, inflamaciones agudas y crónicas de los senos maxilares, también en procesos purulentos, afecciones reumáticas, Osteoartrósis, hernias discales, fibromialgia, Síndrome de sudeck o distrófia simpáticorrefleja, con objeto de disminuir el fenómeno de sobreentrenamiento en el ámbito deportivo, la lipodistrofia o celulitis, como tónico y desintoxicante general y para las tensiones de orden psicológico entre otras muchas.

❖ Contraindicaciones de la sauna y los baños de vapor.

Es importante se conozca donde no se utilizar estas técnicas pues existe el peligro de daño. Estas situaciones o condiciones son: estados febriles e infecciones, procesos anarco proliferativos de cualquier localización, en pacientes poco cooperadores al tratamiento (como el retraso mental, Mal de Alzheimer, la demencia senil entre otros), formalmente en el embarazo, formalmente en las edades pediátricas tempranas, en los trastornos cardiovasculares descompensados tales como: arritmias, infarto agudo del miocardio reciente, la estenosis o estrechez aórtica, en la hipotensión ortostática; entre otras cardiopatías. También en los trastornos hidroelectrolíticos y discrasias sanguíneas, en las afecciones y dolencias inflamatorias de la piel y en situaciones de debilidad y decaimiento en general.

II.7.6 Baños de parafina.

La parafina es una mezcla de alcanos que se encuentra en la naturaleza (ozoquerita) y en los residuos de la destilación del petróleo. En fisioterapia debe ser utilizada la blanca, inodora, insípida, y sólida. Se emplea con puntos de fusión de 51,7 a 54,5° C, en un recipiente con termostato que la mantiene en su temperatura de fusión. La adición de aceite mineral a seis o siete partes reduce, su punto de fusión por lo que se mantiene líquida a 42-52° C. Puede mantener la temperatura mucho más tiempo que los métodos anteriores. Es un método de termoterapia por conducción. Dado que su conductividad y calor específico son bajos, puede aplicarse directamente sobre la piel a temperaturas que no son tolerables con el agua.

❖ Requisitos en la aplicación.

Puede aplicarse a altas temperaturas sobre la piel sin producir quemaduras por su conductividad y calor específico mas bajos (comparados con el agua). Se transfiere calor por conducción. En el caso del método de inmersión de la zona a tratar, una o varias veces luego se recubre con tela y una bolsa plástica de 10 a 20 min. En tanto el método de embrocaciones o pincelación con una brocha, aplicando alrededor de 10 capas durante el mismo período de tiempo. Siempre antes de la aplicación debe lavarse la zona con agua y jabón y luego con alcohol, al final de la aplicación se retira toda la parafina recuperándola en el recipiente o baño. El área tratada debe lavarse nuevamente. El equipo tiene que contar con un termostato y debe ser revisado, limpiado y esterilizado periódicamente (cada 6 meses). En el caso de las manos y los pies se utilizan tres formas: inmersiones repetidas, inmersión mantenida, pincelaciones y la inmersión.

II.7.6.1 Parafina por inmersión

Este es el método más utilizado y consiste en la introducción cuidadosa de la extremidad durante varios segundos en el baño retirándola posteriormente hasta que se forme una delgada capa de parafina, ligeramente endurecida y adherente, sobre la piel. La operación se repite de 8 a 12 veces hasta que se forma una gruesa capa de parafina sólida. A continuación, la zona se envuelve en una bolsa plástica y se cubre con varias toallas para facilitar la retención del calor. El segmento tratado ha de quedar despojada de cualquier tipo de objeto metálico y debe procurarse que no se mueva la zona introducida en el baño para evitar la aparición de «puntos calientes». Si se moviliza la parte introducida en la parafina fundida, se corre el riesgo de interrumpir la barrera de parafina semisólida, con lo que el paciente sentirá una sensación de quemadura. La mano debe sumergirse con los dedos lo más extendidos y separados lo más posible. El paciente se situara en una posición cómoda, con la zona elevada, hasta que finalice el tratamiento para evitar la potencial aparición de edema. La aplicación se mantiene de 15 a 20 minutos. Transcurrido este tiempo, retirar las toallas y la bolsa de tiro, y con una paletilla se retira la capa de parafina sólida y se arroja al baño. Verificarse el estado de la piel tras la aplicación limpiando la zona con agua y jabón. La limpieza puede completarse con un suave masaje con una loción hidratante o aceite mineral, para humedecer y suavizar la piel. Después de una aplicación de parafina, la piel queda más tersa, suave, húmeda y flexible, por lo que resulta más fácil de masajear y movilizar.

II.7.6.2 Pincelación.

Empleada con menor frecuencia, permite aplicar la parafina a temperatura más elevada. Utilizada sobre zonas como los hombros y codos, que no pueden ser tratadas mediante las técnicas anteriores. El método se basa en la aplicación de unas 10 pincelaciones rápidas sobre la zona, que posteriormente queda convenientemente envuelta.

II.7.6.3 Inmersión mantenida.

Se utilizado en contadas ocasiones, al ser poco tolerado, especialmente en individuos con predisposición al edema o que no pueden adoptar una posición estática y cómoda durante el tiempo que dura el tratamiento. En casos en que existan dudas sobre la tolerancia del paciente, es preferible pincelar la zona con parafina hasta que se forme la capa sólida protectora, y luego introducirla en el baño. Se introduce la extremidad tres o cuatro veces en el baño de parafina, hasta que se forma una fina película de parafina sólida. Volviendo a sumergirse en el baño y se mantiene la inmersión de 20 a 30 minutos. Dado que la parafina solidificada sobre la piel posee una baja conductividad térmica, la conducción de calor desde la parafina fundida se reduce, lo que explica que esta aplicación pueda ser tolerada. Único inconveniente que durante la aplicación, la zona se encuentra dependiente, lo que puede contribuir a la aparición de edema. La técnica proporciona un calentamiento intenso sobre la piel, con un descenso importante de la temperatura en el tejido subcutáneo. Sin embargo, teniendo en cuenta la escasez de tejidos blandos que recubren las articulaciones de la mano, la muñeca, el tobillo y el pie, se produce una elevación significativa de temperatura en las pequeñas articulaciones de estas regiones.

❖ INDICACION.

Contracturas y rigideces articulares localizadas en manos y pies.

II.7.7 CRIOTERAPIA.

Es el conjunto de procedimientos que utilizan el efecto del frío en la terapéutica médica. Se puede producir un efecto refrigerante por tres mecanismos, la conducción, la convección y evaporación

II.7.7.1 Efectos fisiológicos.

Los efectos biológicos y fisiológicos son debidos a la reducción de temperatura de los tejidos y a la acción neuromuscular y la relajación de los músculos producida por la aplicación de frío. El frío disminuye el umbral del dolor, la viscosidad y la deformación plástica de los tejidos, pero disminuye el rendimiento motor. No es frecuente los efectos secundarios aunque hay que vigilar la aplicación de hielo evitando producir quemaduras en la piel o daños en el sistema nervioso. En estudios se ha visto que la aplicación de hielo produce una reducción significativa en el volumen de sangre local. No se ha observado a posteriori se produzca vasodilatación refleja significativa, lo cual demuestra que la aplicación de frío está indicada después de un trauma tisular sin riesgo de aumento de la inflamación reactiva. Disminuye la temperatura y el metabolismo tisular, reduciendo el riesgo de hipoxia secundaria en los tejidos adyacentes a la lesión. Disminuye la inflamación y el edema. Disminuye el dolor y el espasmo muscular, así como la velocidad de conducción de los nervios periféricos. Estimula la función muscular cuando es aplicado con estímulos de corta duración. Disminuye la amplitud de los reflejos osteotendinosos y la

frecuencia del clonus, por lo que se considera dentro de los métodos antiespásticos. Inicialmente se produce vasoconstricción, por enfriamiento directo de la musculatura lisa de los vasos como por excitación refleja de terminaciones adrenérgicas. Reduce el flujo sanguíneo. Aumenta la viscosidad sanguínea. Reduce la extravasación de líquido hacia el intersticio. Al mantenerse el enfriamiento por más de 10 min. o en el caso de que la temperatura alcance los 10° C, se produce una vasodilatación seguida de otra vasoconstricción (“respuesta oscilante” de Clarke y Lewis) como esfuerzo del organismo por conservar la temperatura corporal. Constituye un agente fisioterapéutico de elección en el paciente traumatizado, sobre todo en la fase aguda y subaguda. Disminución de la temperatura y metabolismo tisular. Disminución del flujo sanguíneo. Disminución de la inflamación y el edema. Disminución del dolor y el espasmo muscular.

II.7.7.2 Formas de aplicación.

El enfriamiento conseguido dependerá de: El agente utilizado en la duración de la aplicación; el espesor de grasa subcutánea que recubre el área que hay que tratar; la temperatura relativa de esta área.

La elección del método dependerá, asimismo, de su disponibilidad o accesibilidad, de la forma de la zona que hay que tratar y de su superficie y el tamaño de la zona.

II.7.7.2.1 Métodos más comunes de aplicación.

- Bolsas de hielo.
- Bolsas de gel (cold-packs).
- Bolsas frías químicas.
- Toallas o compresas frías.
- Criomasaaje.
- Vaporizadores fríos.
- Otros métodos (máquinas enfriadoras, manguitos enfriadores, etc.)

❖ Bolsas de hielo.

Se obtiene un enfriamiento de mayor intensidad y duración en tejidos profundos que el alcanzado con las bolsas de gel congelado. Las bolsas de hielo se preparan introduciendo en una bolsa de plástico hielo machacado. El tamaño de la bolsa estará en consonancia con el de la zona de aplicación. Se disponen en contacto directo con la piel, fijándose mediante toallas, almohadillas o vendas elásticas, de forma que toda la bolsa y las zonas adyacentes queden cubiertas. Se recomienda una duración del tratamiento mínima de 20 minutos. Para un enfriamiento adecuado de tejidos profundos, ha de mantenerse durante 30 o incluso 40 minutos en zonas con abundante tejido subcutáneo o grandes masas musculares. Para el tratamiento inmediato de lesiones agudas, la crioterapia debe acompañarse de compresión firme, no excesiva y elevación de la zona o segmento lesionado. La bolsa de hielo se aplica cada 2-3 horas. Durante los períodos en los que se retira la bolsa, debe colocarse el vendaje elástico y debe mantenerse la elevación. Durante el descanso nocturno, se mantiene la compresión. Esta aplicación intermitente de frío, como norma general, se realiza durante las primeras 12-24 horas a partir de la producción del traumatismo.

❖ Bolsas o paquetes fríos(cold-packs)

Unos combinan hielo prensado con alcohol isopropílico, en porcentaje de dos partes de hielo por una de alcohol, o una mezcla de agua y glicerina; esta mezcla va introducida en una bolsa de plástico, preferiblemente doble, para su posterior aplicación. La configuración de estas bolsas hace que sean de utilidad para aplicaciones sobre zonas irregulares, como el hombro. Las bolsas de «frío químico» producen enfriamiento mediante una reacción química endotérmica, que se activa por compresión o golpeando contra una superficie dura.

❖ Toallas o compresas frías.

Al introducir toallas o paños gruesos en un recipiente que contenga hielo picado y agua y escurrimos el exceso de humedad, podemos conseguir una forma de crioterapia que puede abarcar áreas extensas. Si las toallas tienen rizo, las introducimos en el recipiente anterior y las sacudimos ligeramente, las partículas de hielo se adherirán a la toalla; ésta conservará así su baja temperatura, para ser aplicada sobre la superficie articular o zona que hay que tratar. El enfriamiento alcanzado con éste método será

bastante superficial y, por otra parte, será necesario cambiar la toalla cada 4 o 5 minutos, ya que su calentamiento se produce rápidamente.

II.7.7.3 Indicaciones

- Espasmo muscular y espasticidad
- Traumatismo mecánico
- Quemaduras
- Alivio del dolor
- Artritis aguda y subaguda
- Procesos que impliquen inflamaciones postraumáticas

II.7.7.4 RIESGOS Y PRECAUCIONES EN SU APLICACIÓN

El aumento de la resistencia vascular periférica a la que conduce la vasoconstricción causada por el frío, origina un incremento transitorio de la presión arterial, lo que es necesario tener en cuenta a la hora de programar esta terapéutica en enfermos hipertensos. Algunas de las respuestas circulatorias son mediadas por el sistema nervioso simpático, los efectos terapéuticos esperados por la aplicación del frío pueden no producirse en los pacientes que presenten disfunciones vegetativas. La evaluación de la fuerza muscular de un paciente no deberá realizarse tras la aplicación de crioterapia. El frío puede afectar al tejido colágeno: puede incrementarse su viscosidad y por tanto, la rigidez articular. Evitar temporalmente la aplicación de frío intenso directamente sobre las heridas. Evitar aplicar prolongadamente el frío sobre áreas en las que las formaciones nerviosas se encuentran situadas muy superficialmente, por el posible problema neural, ya que se han descrito casos de neuropraxia o axonotmesis. Producción de quemaduras por hielo en aplicaciones excesivas en tiempo. Necrosis grasa y los fenómenos de congelación.

II.7.7.5 Contraindicaciones y etapas de sensaciones.

- Los trastornos vasculares periféricos.
- Las afecciones que cursan con vasoespasmos.
- La arteriosclerosis.
- La hipersensibilidad al frío.
- Enfermedad de Raynaud
- Trastornos sensitivos de cualquier etiología.

II.7.7.5.1 Etapas de sensaciones:

1. Frío.
2. Dolor profundo.
3. Sensación de pinchazos (parestesia) y quemazón.
4. Entumecimiento.

