

# **SISTEMA DE BASE DE DATOS DE AGUAS MINERALES Y MINEROMEDICINALES (TERMADAT)**

**J. Fagundo, J. R. Fagundo, P. González, A. Cima**

*Centro Nacional de Termalismo "Víctor Santamarina", Ciudad Habana, Cuba.*

## **RESUMEN**

*Se presenta un sistema de base de datos para el eficiente aprovechamiento de los recursos de aguas minerales y mineromedicinales. Este sistema permitirá al especialista la selección de los datos analíticos necesarios para realizar investigaciones y estudios prácticos encaminados a la caracterización y evaluación de las aguas a partir de sus propiedades físicas, químicas, biológicas y terapéuticas, así como para determinar los mecanismos y los procesos que originan su composición. El sistema permite además conectarse a programas de cálculo y modelación, obtener informes de los datos analíticos consultados y salidas de datos hacia Sistemas de Información Geográfica. El sistema permite las técnicas más actuales de trabajo en redes en sistemas multiusuarios y permite el acceso a los datos a través de Internet.*

**Palabras Claves:** Base de datos, modelos hidrogeoquímicos, termalismo.

## **ABSTRACT**

*A data base system for the available management of the mineral and medicinal water resources is presented. With this system, the specialist can to choice the analytical data for to develop scientific researches and practical studies for the characterization and evaluation of the mineral waters from its physicochemical, biologic and therapeutic characteristics, as well as to determine the mechanisms and process which originate the composition of these waters. The system allows the connection with software and models, to obtain information about the analytical data consulted and output to Geographical Information System. The system can be used by several users and can be explored through Internet.*

**Key words:** Database, hydrogeochemical models, thermalism.

## **INTRODUCCION**

Con el desarrollo de la computación se han elaborado numerosas bases de datos con el objetivo de almacenar grandes volúmenes de información y extraer de las mismas aquellos datos de interés en forma de tablas o gráficos, directamente o mediante previo procesamiento de programas de tipo estadísticos, geoestadísticos, hidrogeológicos, hidrogeoquímicos, etc. (UN-GWW, 1995; ChemPoint, 1997; Monitor 5 for Windows, 1998; TECHBASE, 1998).

En Cuba se han elaborado algunas bases de datos para el manejo de la información hidrológica e hidroquímica por el instituto nacional de recursos hidráulicos (Prodat, 2001). En el campo de la hidrogeología también se han hecho algunos intentos en este sentido por especialistas del MINBAS, sin embargo, en el campo de la balneología, no se dispone aún de un sistema de base de datos, la información existente se encuentra dispersa en distintos ficheros y soportada en diferentes formatos.

Cuba cuenta con una gran cantidad y variedad de yacimientos de aguas minerales con reconocida acción beneficiosa sobre la salud. Para un óptimo aprovechamiento de estos recursos es necesario unificar y organizar la información existente de manera eficiente. Al disponerse de la información organizada, se le facilitaría a los especialistas la selección de los datos analíticos necesarios para el desarrollo de investigaciones científicas encaminadas a la caracterización y evaluación de las aguas minerales, así como para determinar los procesos y mecanismos que originan sus propiedades

curativas.

TERMADAT es una primera propuesta de un sistema de base de datos diseñado para satisfacer estas necesidades. El sistema luego de alcanzar su primera etapa de concepción y diseño, se encuentra en fase de análisis y superación, quedando para etapas posteriores el diseño de los programas de cálculo y modelación que lo acompañen.

## **MATERIALES Y METODOS**

Para la realización de la estructura de datos y la aplicación principal se utilizó Microsoft Access 97 y Visual Basic para Aplicaciones (VBA). El diseño de las páginas web se realizó con ayuda de Macromedia Dreamweaver 4 y Jasc Paint Shop Pro 7. Para la programación web y el acceso a los datos a través de Internet se emplearon las tecnologías Visual Basic Script (VBScript), Active Server Pages (ASP) y Microsoft SQL Server (MS SQL).

Los datos fueron tomados a partir de información de archivo, la mayor parte proviene de los informes de exploraciones orientativas y detalladas efectuadas por las Empresas de Geología del MINBAS y otras instituciones, los cuales se encuentran resumidos en Brodermann (1948), Trelles (1948) y Peña (2000). El resto de los datos se tomaron de los propios trabajos de investigación llevados a cabo por el colectivo de CENTERVISA (González, et. al. 2000).

Como normas para la clasificación de las aguas se utilizó el método hidroquímico de Kurlov y el basado en los grupos balneológicos (Karakolev, 1984; Romero, 2000). Con respecto a la temperatura se utilizó el criterio hidroterapéutico que toma como base la temperatura indiferente del cuerpo (Armijo-Valenzuela y San Martín, 1994) y con relación de pH, lo establecido en la norma cubana de agua mineral (NC: 93 – 01 – 218: 1995).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El sistema TERMADAT fue diseñado de acuerdo a las reglas de normalización, las cuales le confieren mayor flexibilidad a la base de datos y eliminan la redundancia y las dependencias inconsistentes (Ullman et al., 1999). La información contenida en la base de datos esta distribuida a través de un total de 17 tablas relacionadas donde la información es clasificada según el sujeto principal al cual describe.

Como se muestra en la figura 1 las tablas principales que componen el sistema son:

1. Provincias: Lista de las provincias del país.
2. Municipios: Lista de los municipios del país donde se ubican los diferentes Balnearios.
3. Balnearios: Lista de balnearios además de una breve descripción de los mismos.
4. Balnearios - Detalles: Espacio reservado para una descripción más detallada de aquellos balnearios en los cuales se disponga de esta información. Permite describir detalladamente la historia del balneario, la localización, los recursos termales disponibles, los servicios de salud, los programas médicos, así como otros servicios que se oferten en el centro termal, además de teléfonos y dirección de correo para contactar y una fotografía de la instalación.
5. Fuentes: Almacena los principales datos de las fuentes de aguas minerales que forman parte de cada balneario. Además del nombre de la fuente y el tipo de fuente que se trate (manantial, pozo, piscina, etc.) recoge los datos de coordenada x, y, z, lo cual permite que estos datos, así como el resto de los datos que estén relacionados con los mismos, sean exportables a un Sistema de Información Geográfico (SIG).

6. **Muestras:** Información de las distintas muestras tomadas en las fuentes de aguas minerales para su análisis, clasificadas atendiendo a la fuente a la cual pertenece y la fecha y la profundidad a la cual fue tomada. Presenta además la referencia bibliográfica de donde procede dicha información, lo cual garantiza la validez de estos datos.
7. **Análisis:** En esta tabla se recogen todos los datos analíticos efectuados a cada una de las muestras, especificándose el parámetro que se determinó, el valor que se obtuvo en la determinación, el error analítico de la determinación y puede especificarse si es una determinación efectuada en el laboratorio o en el campo. Los distintos parámetros que pueden introducirse están clasificados en la tabla Parámetros.
8. **Parámetros:** Lista de los diferentes parámetros analíticos registrados, unidad de medida en que serán expresados, así como tipo de parámetro al cual pertenece.
9. **Tipos de Parámetros:** Entre los tipos de parámetros disponibles se tienen: iones mayoritarios, parámetros físicos, moléculas neutras, compuestos minoritarios, elementos trazas, compuestos orgánicos, parámetros geológicos y parámetros biológicos. Esta tabla junto con la tabla de Parámetros le confieren a la base de datos una estructura flexible y variable según las propias necesidades de sus usuarios, siendo posible registrar un nuevo parámetro e incluso asociarlo a un nuevo grupo o clasificación.

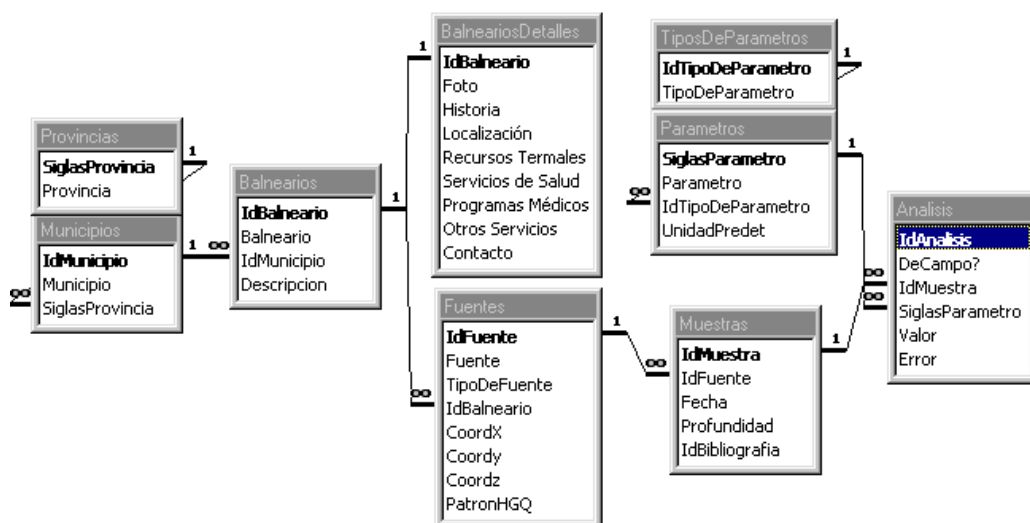


Figura 1. Tablas principales del sistema Termadat.

Además de estas tablas principales el sistema cuenta con otras tablas auxiliares. Una parte de ellas como son las tablas: "Compuestos Químicos", "Unidades" y "Tipos de Unidades" están destinadas a la conversión entre diferentes unidades de medida para la visualización y salida de los reportes analíticos en diferentes unidades y para la realización de los cálculos. Otro grupo de tablas está destinada a la clasificación de las diferentes fuentes en cuanto a aplicaciones terapéuticas, clasificación balneológica y clasificación mediante patrones hidrogeoquímicos, información que además de su entrada directa es posible generar a partir del procesamiento de los datos analíticos.

El sistema dispone de una aplicación principal desarrollada también en Access 97, la cual está compuesta por diferentes ventanas, barras de herramientas y barras de menú personalizadas, presentando un ambiente visual por lo que la entrada y salida de información puede realizarse de manera rápida y sencilla.

La aplicación está compuesta por las siguientes ventanas:

1. Inicio: Ventana inicial de presentación, que además del menú y la barra de herramientas principal, facilita el acceso al resto de las ventanas e informes.
2. Mapa de Cuba: En esta ventana se presenta un mapa de Cuba que facilita la búsqueda y selección de balnearios a partir de la provincia en que se ubiquen y por las principales propiedades de sus aguas: aplicaciones terapéuticas, clasificación balneológica y patrón hidrogeoquímico. Esta ventana permite que de una manera visual se acceda fácilmente a los balnearios y fuentes que se estén buscando. A partir de esta ventana puede accederse al Catálogo de Balnearios, informe donde se resumen los principales datos de todos los balnearios registrados.
3. Balnearios: Ventana que presenta los datos de los diferentes balnearios que cumplen con los criterios previamente seleccionados en el mapa, o de todos los balnearios disponibles en el caso que sea activada de forma directa. Esta ventana está formada por 4 secciones. En una primera sección se presenta la foto del balneario y una breve descripción del mismo; la segunda sección presenta ya una información más detallada compuesta por la historia, localización, recursos termales disponibles, etc.; en la tercera sección se presenta una lista de todas las fuentes correspondientes al balneario, el tipo de fuente que se trata y sus coordenadas geográficas; y por último, en la cuarta sección, pueden verse las propiedades de sus aguas: clasificación balneológica, aplicaciones terapéuticas y patrón hidrogeoquímico.
4. Datos Analíticos: Permite seleccionar datos analíticos a partir de criterios de selección imprescindibles como son el nombre del balneario y de la fuente a que corresponden y el tipo de parámetro que se desea consultar. Además permite seleccionar mediante criterios avanzados tales como el intervalo de fecha y profundidad y el tipo de análisis (de laboratorio o de campo). Puede elegirse las unidades de concentración en que se presentan los datos entre mg/L, meq/L y mmol/L. Permite también realizar un informe general con todos los datos seleccionados y un informe resumen, con los valores promedios para cada fuente y balneario.

Para la entrada y edición de los datos se dispone de dos ventanas adicionales, una para los datos principales y otra para los datos auxiliares. Una última ventana constituye una herramienta extra para la conversión de unidades de medida.

El fichero que contiene la aplicación está separado del fichero que contiene los datos, accediéndose a los mismos a través de vínculos que la propia aplicación actualiza cuando esta es movida de lugar. Esto permite que pueda trabajarse con la base de datos en un sistema multiusuario para lo cual debe ubicarse el fichero de datos en el servidor o en una carpeta compartida y distribuir el fichero de aplicación en las máquinas de los usuarios. De este modo, puede accederse desde diferentes máquinas al mismo juego de datos. Para garantizar la protección de los datos, el sistema presenta diferentes niveles de acceso para que no todos los usuarios tengan la posibilidad de modificar, eliminar o agregar datos, como tampoco de realizar algún cambio en el diseño.

Para la exploración de los datos a través de Internet, el sistema cuenta con un conjunto de páginas web dinámicas que presentan un esquema de navegación similar al de la aplicación principal. A partir de un mapa de Cuba para la selección de los criterios de búsqueda, se accede a un listado de los diferentes balnearios y sus características principales de igual manera que en la aplicación principal. Posteriormente, mediante la selección de uno de los balnearios de la lista, puede accederse a la información detallada del mismo y a un listado de sus fuentes con sus correspondientes propiedades. Todas las páginas presentan vínculos entre sí, permitiendo que resulte sencilla la navegación.

Actualmente se trabaja en la unión de la base de datos TERMADAT con los sistemas de cálculo y modelación desarrollados con anterioridad por nuestro colectivo: SAMA (Alvarez et al., 1990), SAPHIQ, BATOMET (Vinardell et al., 1995), SACAN (Tillán et al., 1996) y MODELAGUA

(Fagundo-Sierra et al., 2001).

Estos sistemas informáticos han sido aplicados en diferentes tareas de tipo hidrogeológico, hidroquímico, tales como: la caracterización y clasificación de las aguas (Virnardell et al., 1999), el control automatizado de la calidad hidroquímica de las mismas (Alvarez et al., 1999) y la determinación de la composición química de aguas de diferente naturaleza hidrogeológica (Fagundo et al., 2000 a; Fagundo et al., 2000 b; Fagundo et al., 2001).

## CONCLUSIONES

- ┆ Se desarrolló un nuevo sistema de base de datos (TERMADAT) que permite almacenar los datos más importantes de los diferentes balnearios y yacimientos de aguas minerales del país.
- ┆ La base de datos una vez vinculada con los programas de cálculos y modelación ya desarrollados, constituirá una herramienta de gran utilidad para el control automatizado de la calidad de las aguas.

## BIBLIOGRAFIA

Alvarez, E., I. Vinardell, J.R. Fagundo, E. Reguera, M.E. Cardoso. Evolución química y relaciones empíricas en aguas naturales. II- Sistema Automatizado para el Monitoreo de las Aguas. Voluntad Hidráulica, 83: 15-25, 1990.

Alvarez, E., J.R. Fagundo, I. Vinardell. Control automatizado de la calidad de las aguas y de sus variables químico – físicas. Revista CENIC Ciencias Químicas: 20 (1), 21-27, 1999.

Armijo-Valenzuela, M. y J. San Martín Clasificación de las aguas mineromedicinales. En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Computense, Madrid, 219-223, 1994.

Brodermann, J. Clasificación de las aguas minero-medicinales analizadas por el Instituto Nacional de Hidrología y Climatología Médicas. Archivos del Instituto Nacional de Hidrología y Climatología Médicas, Año II, No. 2, 1948.

ChemPoint. Ground'Water Analysis Database for Windows. Manual de Usuario, 1997.

Fagundo, J.R., P. González, M. Suárez, J. Fagundo-Sierra, C. Melián y M. Llerena. "Origen de la composición química de las aguas naturales y minerales procedentes de acuíferos carbonatados de la Sierra del Rosario". En: "Contribución a la Educación y la Protección Ambiental". Editorial Academia, ISCTN 959-02-02535. Vol. 1, 198-203, 2000.

Fagundo, J.R., P. González, M. Suárez, J. Fagundo-Sierra, C. Melián, M. Llerena y L. Sánchez. "Origen de la composición química de las aguas naturales y minerales procedentes de acuíferos no carbonatados de la Sierra del Rosario". En: "Contribución a la Educación y la Protección Ambiental". Editorial Academia, ISCTN 959-02-02535. Vol. 1, 204-210, 2000.

Fagundo, J.R., P. González, M. Suárez, J. Fagundo-Sierra, L. Sánchez, B. Peña, C. Melián. "Origen de la composición química de las aguas del sistema hidrotermal San Diego de los Baños-Los Bermejales, Pinar del Río". En: Memorias del VII. Taller de la Cátedra de Medio Ambiente, ISCTN, La Habana. Soporte electrónico, 2001

Fagundo-Sierra, J., J.R. Fagundo, P. González, M. Suárez. "Modelación de las aguas naturales". En: Memorias del VII. Taller de la Cátedra de Medio Ambiente, ISCTN, La Habana. Soporte

electrónico, 2001.

González, P., M. Suárez, G. Benítez, J. Ramírez y J.R. Fagundo. Caracterización de aguas minerales de algunos yacimientos del país. *Le Monde du Thermalisme*. Ed. L' Organisation Mondiale du Thermalisme (O.M.Th). París (Francia), 14-15, 2000.

Karakolev, D. Fundamentos de la Balneoterapia. Ed. Medicina y Cultura Física. Sofía, 298 Págs., 1984.

Monitor 5 for Windows. Environmental Data Management, Assessment and Reporting Software. Manual de Usuario, 1998.

N.C. 93-01-218: 1995. Norma Cubana de Agua Mineral. Oficina Nacional de Normalización (La Habana, Cuba), 8 Págs., 1995, 1995.

Peña, B. Caracterización de Sistemas Hidrominerales en el Distrito Físico Geográfico Pinar del Río. Tesis de Maestría en Geografía, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial. Facultad de Geografía (U.H.), 2000.

PRODAT. Base de datos para el Procesamiento de Datos de Análisis Hidroquímicos. J. L. Miranda. INRH, 2001.

Romero, J. Aguas minerales, mineromedicinales y peloides. Uso con fines turísticos. Memorias del I Congreso Latinoamericano de Turismo y Salud, México. Edición en soporte electrónico, 2000.

Silberschatz, Abraham, Korth, Henry F. y Sudarshan, S., Fundamentos de Bases de Datos, tercera edición, Editorial McGraw Hill, España 1998.

TECHBASE. Geologic Information System. Manual de Usuario, 1998.

Trelles, F. Análisis de aguas minero-medicinales cubanas estudiadas por este Instituto. Archivos del Instituto Nacional de Hidrología Climatología Médicas, Año II, No. 2, 171-184, 1948.

Tillán, G., I. Vinardell, J.R. Fagundo, V. Ferrera, P. González y L. Sánchez. SACAN: Sistema Automatizado para la Caracterización de Aguas Minerales. En: "Contribuciones a la hidrogeología y medio ambiente en Cuba". Eds.: J.R. Fagundo Castillo. D. Pérez Franco, A. Alvarez Nodarse, J.M. García e I. Morell, Universidad de Castellón (España), 113-121, 1996.

UN-GWW. United Nations Ground Water for Windows. Relational Data Base and Ground Water Information System Version 1.2. Manual de Usuario, 1995.

Vinardell, I., E. Alvarez y J.R. Fagundo. Sistema automatizado para el control de las aguas cársicas afectadas por la intrusión marina mediante reconocimiento de patrones, BATOMET. En: "El Karst y los acuíferos Kársticos, ejemplos y métodos de estudio". Ed. A. Pulido-Bosch, J.R. Fagundo, J. Rodríguez, Univ. Granada (España), 251-256, 1995.

Vinardell, I., G. Tillán, J.R. Fagundo, E. Ontivero. Un método para la clasificación e identificación de las aguas mediante patrones hidrogeoquímicos. *Revista CENIC Ciencias Químicas*: 20 (1), 14-20, 1999.

[Volver al índice del VIII Taller](#)