

**CENTRO NACIONAL DE TERMALISMO “VÍCTOR  
SANTAMARINA”**

**MEMORIA FINAL DEL PROYECTO**

**Caracterización y evaluación de los yacimientos de  
aguas minerales y peloides de Cuba**

**Responsable del Proyecto: Dr. Sc. Juan Reynerio Fagundo Castillo**

**Responsables de resultados:**

**Resultado 1: Dr. Laureano Orbera Hernández**

**Resultado 2: Lic. Luis Sánchez Rodríguez**

**Resultado 3: Lic. (Msc) Genoveva Popowski Casaña**

**Resultado 4: Dra. Nelsa N. Moya Botino**

**Otros participantes de la Institución:**

**Lic. (Msc) Patricia González Hernández**

**Lic. (Msc) Boris Peña Fortes**

**Ing. Pablo Cervantes Hernández**

**Ing. (Msc) Angela Manchado Martín**

**Ing. (Msc) Ana María Moreno Cao**

**Lic. Clara Melían Rodríguez**

**Lic. Margaret Suárez Muñoz**

**Dr. Alejandro Cima Pérez**

**Dr. Alberto Díaz León**

**Participantes de otras instituciones: \_**

**Dr. José A. Soto (Balneario San Diego de los Baños)**

**Dra. Raisa Furet Bridón (CNIC)**

**Dra. Estrella Alvarez Varela (CNIC)**

**Lic. Ileana Vinardell Grandal (CNIC)**

**Lic. Gilberto Tillán (CNIC)**

**Lic. Maritza Llerena Portilla (IGT)**

## ÍNDICE

1. Resumen (Pág. 3)
2. Introducción (Pág. 3,4)
3. Tareas proyectadas y objetivos cubiertos en el proyecto. (Pág. 5-8)
4. Deficiencias y dificultades. (Pág. 8)
5. Síntesis de los resultados logrados en el proyecto. (Pág. 9-11)
6. Principales logros científico - técnicos y resultados relevantes. (Pág. 11,12)
7. Publicaciones relacionadas con el proyecto. (Pág. 13)
  - 7.1 Libros publicados relacionados con los resultados del Proyecto. (Pág. 13)
  - 7.2 Artículos publicados relacionados con los resultados del Proyecto. (Pág.13 –16)
8. Participación en eventos. (Pág. 17, 18)
9. Elaboración de nuevos proyectos. (Pág. 18,19)
10. Docencia impartida y Tesis de grado. (Pág. 19)
11. Formación del personal a cargo del Proyecto. (Pág. 20)
12. Conclusiones. (Pág. 21-23)
13. Recomendaciones. (Pág. 23)

## **RESUMEN**

Como resultado del proyecto "Caracterización y evaluación de los yacimientos de aguas minerales y peloides de Cuba", se caracterizaron y evaluaron algunos yacimientos de aguas minerales y peloides que dispone el país, con vistas a proponer la construcción de instalaciones adecuadas para la utilización y explotación de estos recursos en aquellos casos donde no existan, y el empleo racional en las unidades existentes.

Con este fin, el Proyecto ha logrado integrar la labor de carácter científico que se realiza en diferentes instituciones nacionales con relación al estudio de las propiedades químico - físicas, hidrogeológicas, microbiológicas y biológicas de los recursos presentes en estos yacimientos para respaldar la aplicación y extensión de estos resultados y futuras investigaciones en la obtención de bioproductos de interés terapéutico y cosmetológico.

Para alcanzar este propósito se realizaron investigaciones científicas fundamentales y aplicadas en balnearios reconocidos (San Diego de los Baños, San Miguel de los Baños, Elguea y otros) y se realizó la evaluación de las propiedades de otros recursos naturales del país. Participaron en las acciones de este proyecto investigadores del Centro Nacional de Termalismo "Víctor Santamarina" (MINSAP), del Centro Nacional de Investigaciones Científicas (MES), del Instituto de Geografía Tropical (CITMA) y de otras instituciones.

Los resultados de este proyecto constituyen un aporte socioeconómico dirigido a una mejor explotación de las aguas minerales y peloides para su uso por la población y de esta manera, mejorar su calidad de vida; así como el empleo de estos recursos naturales por las instituciones encargadas de ofertar servicios médicos internacionales, no sólo en balnearios, sino además por la comercialización de los productos con propiedades bioactivas.

## **INTRODUCCIÓN**

Cuba cuenta con una gran cantidad y variedad de yacimientos de aguas minerales y peloides (sedimentos de uso terapéutico) con propiedades farmacológicas, en virtud de las condiciones específicas de cada ecosistema físico-geográfico, los microorganismos presentes y del clima tropical del país. En ese medio se originan elementos, sustancias, nutrientes y productos bioquímicos de acción terapéutica, beneficiosos para la cura de determinadas afecciones y enfermedades.

La acción beneficiosa de las aguas y peloides de los balnearios del país se conoce desde hace muchos años de manera empírica. Existen anécdotas en relación a la cura de lesiones de esclavos en fuentes de aguas mineromedicinales, y se reporta que ilustres figuras de nuestra intelectualidad criolla recibieron, durante el período colonial, tratamientos exitosos que permitieron la cura de determinadas enfermedades. No es hasta después de la creación del Instituto de Hidrología y Climatología Médicas en el año 1945 y bajo la dirección del Dr Víctor Santamarina, que se comenzaron a hacer investigaciones científicas encaminadas a dilucidar los mecanismos y los efectos que determinan las causas de tales curas; así como establecer las prácticas terapéuticas adecuadas y los antagonismos de los diferentes recursos naturales.

Para ello se desarrollaron en aquel Centro investigaciones científicas de carácter multidisciplinarias, dirigidas por eminentes especialistas en los campos de la Medicina, la Química, la Geología, la Hidrología, la Climatología y otras disciplinas de la ciencia. Los trabajos más importantes de esta época aparecen publicados en Anales del Instituto de Hidrología y Climatología Médicas, revista especializada que dejó de editarse al desaparecer dicho Centro.

A pesar de que con la creación de ese Instituto, se comenzaron a desarrollar en Cuba investigaciones encaminadas a la caracterización de los recursos termales y a su aplicación con fines terapéuticos, esta actividad quedó relegada en la década del 60 debido, entre otras causas, a la influencia de las corrientes occidentales imperantes en relación a la medicina convencional. En años más recientes, debido a la escasez de recursos como consecuencia del período especial, la denominada medicina natural ha cobrado fuerzas y en particular, las investigaciones relacionadas con las aguas y peloides, especialmente, después de la creación del Grupo Nacional de Termalismo (GNT) bajo la presidencia del Viceministro Primero del MINSAP Dr. Abelardo Ramírez Márquez y la coordinación del Comandante Jesús Montané Oropeza.

El GNT, creado en 1991 desarrolló un papel importantísimo en la coordinación y dirección de las tareas que con gran entusiasmo y eficiencia, se llevaron a cabo por diferentes organismos del país. Como resultado culminante de esta labor, fue creado el Centro Nacional de Termalismo “Victor Santamarina” (CENTERVISA), perteneciente al Ministerio de Salud Pública (MINSAP), el cual dirigió metodológicamente y juega un papel rector en las investigaciones multidisciplinarias, que actualmente se vienen desarrollando por muchos especialistas e instituciones del país, tales como el Instituto Nacional de Higiene y Epidemiología (INHEM), hospitales e instalaciones balneológicas del MINSAP; el Instituto de Geología y Paleontología (IGP), el laboratorio Central de Minerales José Isaac del Corral (LACEMI) y la Oficina Nacional de Recursos Minerales del Ministerio de Industria Básica (MINBAS); el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) y Universidad de la Habana (UH) del Ministerio de Educación Superior (MES); el Instituto de Oceanología (IO), el Instituto de Geografía Tropical (IGT), el Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo de la Energía Nuclear (CEADEN), Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR), Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA) del Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA); Oficina Nacional de Normalización (ONN); Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH); MINFAR y otros.

El Centro Nacional de Termalismo “V́ctor Santamarina” es el encargado de dirigir metodológicamente esta labor científica en relación a los recursos de aguas y peloides, introducir los resultados de estas investigaciones en la práctica. Este Centro cuenta con un área para la aplicación de los resultados de las investigaciones en pacientes con diferentes afecciones.

Con ese fin sus especialistas, con la participación de otros profesionales, diseñaron en 1996 el presente proyecto, el cual fue aprobado un año más tarde por la dirección de Ciencia y Técnica del MINSAP, para ser ejecutado en el período Junio 1997- Junio 2000.

La presente memoria pretende reflejar las acciones que se han llevado a cabo en el Proyecto “Caracterización y Evaluación de las propiedades de los yacimientos de aguas minerales y peloides de Cuba”, los resultados obtenidos y las recomendaciones a tomar en consideración para la elaboración de nuevos proyectos de investigación relacionados con los recursos termales.

## RESULTADOS

### Tareas proyectadas y objetivos cubiertos en el Proyecto

Para llevar acabo este proyecto fueron diseñadas las siguientes tareas y resultados:

RESULTADO 1: Investigaciones geoambientales y caracterización de las propiedades físicas-químicas y radiactivas de los yacimientos de aguas minerales y mineromedicinales

No.	TAREA
1	Estudio bibliográfico en relación a las características geológicas, hidrogeológicas y ambientales de los yacimientos de aguas minerales y mineromedicinales de Cuba.(1997-1998)
2	Caracterización químico-física y radioactiva de los principales yacimientos de aguas minerales y mineromedicinales con vistas a la certificación de su calidad. (1997-1998)
3	Investigaciones geoambientales en las diferentes fuentes de aguas minerales y mineromedicinales. (1997-1998)
4	Análisis químico sistemático en centros termales; toma de muestras y análisis en laboratorios especializados. (1997-1998)
5	Procesamiento automatizado y análisis de los datos, establecimiento de modelos y del Sistema de Control Automatizado de la calidad de las aguas estudiadas. (1998-1999)
6	Simulación en el laboratorio de los procesos de interacción de las aguas con las rocas constitutivas del material acuífero en diferentes condiciones experimentales. (1997-1999)
7	Implementación y perfeccionamiento de software para la evaluación de las propiedades hidrogeoquímicas de las aguas minerales. (1997-1999)

RESULTADO 2: Caracterización y evaluación de las propiedades físico-químicas y radioactivas de los peloides por métodos convencionales e instrumentales avanzados

No.	TAREA
1	Estudio bibliográfico sobre las características geomorfológicas y propiedades físicas y químicas de los peloides de yacimientos de génesis diferentes. (1997-1999)
2	Caracterización químico-física de los yacimientos de peloides por Difracción de Rayos X, Análisis Térmico Diferencial, Espectroscopía Infrarroja. (1997-1999)
3	Estudio de las fases portadoras de hierro de los peloides procedentes de los centros termales de San Diego, Elguea y las Salinas Bidos y 10 de abril mediante la Espectroscopía Mossbauer. (1997-1999)
4	Determinación de la composición química elemental de los peloides por Absorción atómica, Análisis por Activación Neutrónica y Fluorescencia de Rayos X por Reflexión Total. (1997-1999)
5	Caracterización orgánica de los peloides. (1997-1998)
6	Determinación de los contenidos de Radionucleidos y estudios dosimétricos. (1997-1999)

RESULTADO 3: Caracterización biológica y microbiológica de las aguas minerales, mineromedicinales y peloides.

No.	TAREA
1	Estudio bibliográfico sobre las características biológicas de los yacimientos de aguas minerales y peloides. (1997-1998)
2	Caracterización de los microorganismos (microalgas y bacterias), presentes en los yacimientos de aguas minerales y peloides. . (1997-1998)
3	Caracterización y cuantificación de las sustancias biologicamente activas, presentes en los yacimientos de aguas minerales y peloides. (1997-1999)
4	Evaluación de los peloides durante los procesos de conservación y tiempo de vida útil en yacimientos seleccionados. (1997-1999)
5	Impacto ambiental y antropogénico en la calidad de las aguas mineromedicinales y su control en los centros termales. (1997-1999)
6	Control sanitario de aguas minerales y peloides de los yacimientos objeto de estudio. (1997-1999)

RESULTADO 4: Utilización de las aguas mineromedicinales y peloides en personas portadoras de enfermedades crónicas o convalecientes de afecciones del sistemas nerviosos central, periférico, sistemas osteomioarticular, dermatológicas y en sanos con distress.

No.	TAREA
1	Búsqueda de la información, revisión bibliográfica y sistematización de los datos obtenidos sobre la utilización terapéutica del agua mineromedicinal (Clasificación, mecanismos de acción, indicaciones, contraindicaciones y técnicas de aplicación. (1997-1998)
2	Búsqueda de la información, revisión bibliográfica y sistematización de los datos obtenidos sobre la utilización terapéutica de los peloides (Clasificación, mecanismos de acción, indicaciones, contraindicaciones y técnicas de aplicación. (1997-1998)
3	Conocer y analizar los métodos de aplicaciones de la crenoterapia en personas portadoras de afecciones del sistema nervioso central y periférico, dermatológicas, sistema osteomioarticular y en sanos con distress en los centros termales seleccionados. (1997-1999)
4	Conocer y analizar los métodos de aplicaciones de la peloterapia en personas portadoras de afecciones del sistema nervioso central y periférico, dermatológicas, sistema osteomioarticular y en sanos con distress en los centros termales seleccionados. (1997-1999)
5	La utilización de los peloides de la Salina 10 de Abril en pacientes afectos de enfermedades del sistema osteomioarticular y enfermedades dermatológicas en el Hospital Provincial de Santa Clara y Centro Termal Ciego Montero. (1998- 1999)
6	La utilización de los peloides de la Salina Bidos en pacientes afectos de enfermedades del sistema osteomioarticular, sistema nervioso periférico y enfermedades dermatológicas en el Hospital Nacional de Rehabilitación Julio Díaz y Centro Nacional de Termalismo. (1998- 1999)
7	Propuesta de metodología de aplicación de la crenoterapia en personas afectas de enfermedades del sistema nervioso central y periférico, dermatológicas, sistema osteomioarticular y en sanos con distress en los centros termales seleccionados. (1997-1999)
8	Propuesta de metodología de aplicación de la peloterapia en personas afectas de enfermedades del sistema nervioso central y periférico, dermatológicas, sistema osteomioarticular y en sanos con distress en los centros termales seleccionados. (1997-1999)
9	Evaluación de la efectividad de la aplicación de los peloides como estimulante de la red de canales bioenergéticos en patologías del sistema

estimulante de la red de canales bioenergéticos en patologías del sistema osteomioarticular. (1997-1999)
--

Del total de tareas reflejadas en las tablas anteriores se puede decir que la mayor parte de las correspondientes a los Resultado 1 y 2 fueron cumplidas satisfactoriamente y con respecto con los resultados 3 y 4, una gran parte de las tareas fueron cumplidas, aunque con alcance más limitado en algunos casos. No obstante, puede señalarse que otras tareas relacionadas con el proyecto no contempladas en el plan original, fueron desarrolladas en el periodo de ejecución del Proyecto, previo conocimiento y aprobación por parte del Consejo Científico del Centro.

### **Deficiencias y dificultades**

Las principales dificultades que afectaron la cabal ejecución del Proyecto y que por tanto, incidieron en el limitado alcance o poca ejecución de algunas tareas fueron las siguientes:

- No asignación de recursos en MLC al Proyecto. Esto desestimuló la participación de algunas instituciones con las cuales se pensó constar para el desarrollo de los trabajos conjuntos planificados (INHEM, I.O, CEADEN y otras). Esta limitación no permitió, tampoco, disponer de computadoras y otros recursos necesarios para la compra de reactivos, medios de cultivos y equipos necesarios para la ejecución de algunas tareas. Finalmente, no se contó con financiamiento en MLC para poder pagar servicios analíticos a instituciones que estuvieron de acuerdo en prestar dicho servicio y no participar directamente en los trabajos de investigaciones conjuntas. Por esta razón fueron afectadas las tareas 3 y 4 del resultado 1, la tarea 3 del resultado 3, así como las tareas 3, 4, 5, 6 del resultado 4.
- Falta de Transporte,. No se contó con un medio de transportación, por lo que no se aseguró la visita sistemática a los principales balnearios y salinas del país contempladas como objetivos de estudio del proyecto. Esto limitó el alcance de las investigaciones relacionadas con la caracterización de los recursos, así como la aplicación terapéutica de los mismos. Por esta causa sufrieron afectaciones parciales la tarea 4 del resultado 1, las tareas 4, 5 del resultado 2 y la tarea 2 del resultado 3.
- Los trabajos de investigación relacionados con la caracterización de los recursos termales fueron desarrollados fundamentalmente en el CNIC, el Instituto de Oceanología, el IGT y la Facultad de Geografía de la U.H., el Instituto de la Pesca, y otras instituciones, prestaron también su ayuda para que especialistas de las mismas y del propio CENTERVISA pudieran efectuar sus trabajos, ya que desde la creación de este centro hasta el presente, CENTERVISA no ha contado con laboratorios propios para desarrollar investigaciones científicas. Estas limitaciones afectaron parcialmente las tareas relacionadas con la caracterización de los recursos termales de los resultados 1 y 3.



- Dificultades con relación al personal al cargo del Proyecto. El responsable del Proyecto, propuesto para el cargo de Vicedirector de investigaciones, así como otro especialista del CNIC, que debían jugar un papel importante en la ejecución del Proyecto, no pasaron definitivamente a la plantilla de CENTERVISA hasta mediado y finales del año de 1999. La comprensión y colaboración del CNIC, no obstante permitió que dichos especialistas participaron en la ejecución del Proyecto, a pesar de las limitaciones que esta dificultad causaba para su más completo desarrollo. Dos especialistas de CENTERVISA que tenían una activa participación en las tareas proyectadas, permanecieron largo tiempo fuera del país en tareas de formación y de presentación de servicio, lo cual afectó parcialmente las tareas 2, 4, 5, 6 y 9 del resultado 4 del Proyecto.
- Falta de experiencia y limitaciones propias de una UCT de nueva creación en la actividad de Ciencia y Técnica. Esta deficiencia, que en forma similar la han presentado otras unidades de Ciencia y Técnica del MINSAP no habituadas al trabajo de investigación mediante proyectos de tipos I+D, ha sido superada en el curso del tiempo mediante una labor sistemática con los participantes en el Proyecto y la actividad del Consejo Científico. En este aspecto ha jugado un papel positivo el personal del CEADEN y del CNIC que se integró a la plantilla de CENTERVISA, ya que los mismos poseían estos estilos y hábitos de trabajo.

## **Síntesis de los resultados logrados en el Proyecto**

Los principales resultados que se han logrado en el Proyecto son los siguientes:

1. Desarrollo de una metodología para la caracterización geoquímica de sistemas hidrotermales. Fue aplicada al sistema hidrotermal San Diego de los Baños-Bermejales y constituyó un logro científico-técnico aprobado por el Consejo Científico de CENTERVISA en 1999. Forma parte de las salidas del resultado 1 del Proyecto. Este trabajo sintetiza en forma metodológica todo el procesamiento a seguir para caracterizar desde el punto de vista geoquímico, de un recurso hidrotermal. Este resultado forma parte de una Maestría en Ciencias del Agua y de otra en Geografía, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial que se defendió recientemente por un especialista de CENTERVISA.
2. Determinación del comportamiento de los parámetros físico-químicos de las aguas minerales del sector San Miguel de los Baños- Matanzas.

Este trabajo que formó parte de la Tesis de Maestría en Ciencias del Agua de su autora principal, culminó con una serie de recomendaciones para la correcta explotación de este recurso hidrotermal, el cual fue sometido a una intensa explotación que dio lugar a la pérdida de su calidad.

3. Características radioactivas de los principales yacimientos de aguas minerales y peloides. Este resultado, contenido en una tesis de Maestría en Prospección de Minerales Sólidos (ISPJAE), pendientes de defensa,

4. Comportamiento geoambiental de varias fuentes de aguas minerales y mineromedicinales.

5. Esclarecimiento de los procesos geoquímicos de interacción agua roca y simulación en el laboratorio y en el campo de dichos procesos.

Mediante esta tarea, vinculada al resultado 1 del Proyecto, se realizaron estudios en diferentes condiciones experimentales (sistemas abiertos y cerrado con respecto al CO<sub>2</sub>, en diferentes condiciones de mezclas con aguas de mar y en condiciones de intercambio iónico), los cuales permitieron esclarecer los procesos geoquímicos que tienen lugar en los acuíferos carbonatados y sistemas hidrotermales asociados, estimar el modo en que esas aguas adquieren su composición química y crear las bases para el perfeccionamiento para los sistemas autoamplificados de control hidroquímico de su calidad. Estos trabajos formaron parte de una maestría en Ciencias del Agua defendida por una especialista de CENTERVISA en el CNIC.

6. Procesamiento automatizado, análisis de datos y establecimiento de modelos de control automatizado de la calidad de las aguas.

Esta tarea correspondiente al resultado 1, permitió el perfeccionamiento durante estos años de los sistemas automatizados previamente implementado en el CNIC en lenguaje TURBOPASCAL. La nueva versión (HIDROGEOWIN), implementada en DELPHI para WINDOWS, constituyó un logro científico compartido entre CENTERVISA y CNIC, el cual fue aprobado por el Consejo Científico de esta última institución.

El sistema HIDROGEOWIN facilita el trabajo de caracterización y control de la calidad de las aguas naturales y minerales, junto a otros software (SACAN) también implementado por el colectivo del CNIC con la participación de CENTERVISA. El trabajo desarrollado aplicando HIDROGEOWIN formó parte de una tesis doctoral defendida por la autora principal de la tarea ante el Tribunal Permanente de Ciencias Geográficas.

Vinculado también con este resultado se desarrolló un Modelo Geológico Conceptual el cual fue aplicado en la investigación compleja del yacimiento de aguas termales de Menéndez. Este trabajo constituyó un Resultado Relevante aprobado por el Consejo Científico de CENTERVISA en 1999 y forma parte de una Maestría que se defendió en el presente año.

7. Caracterización hidrogeoquímica de acuíferos carbonatados costeros.

Esta tarea, originalmente concebida como parte de la anterior, tuvo un desarrollo propio, al quedar vinculada a acciones de otros proyectos desarrollados con el INRH y la Universidad española de Huelva. El trabajo fue realizado en dos escenarios, la Ciénaga de Zapata y el sector hidrológico Güira-Quivicán en la Cuenca Sur de La Habana. En ambos sitios se produce una invasión del agua marina a los acuíferos carbonatados costeros, originándose una serie de procesos geoquímicos complejos. La presencia de humedales en ambos sitios, favorece la reducción anaeróbica de los sulfatos procedentes del medio marino. Estos procesos generan derivados del azufre (sulfuros, sulfhídrico, sulfhidrilo, azufre coloidal y otros compuestos, los cuales poseen acción terapéutica, beneficiosas tanto en las aguas como en los peloides originados en estas regiones costeras. La tarea culminó con el desarrollo de una metodología para la caracterización geoquímica de acuíferos costeros, la cual constituyó un logro científico

– técnico aprobado en el Consejo Científico del CNIC en 1998, con la participación de especialistas de CENTERVISA.

8. Estudio mediante Espectroscopía Mossbauer de los compuestos portadores de hierro en peloides. Este resultado, perteneciente a la tarea 3 del resultado 2 del Proyecto, constituyó un resultado relevante en el CNIC en 1996 y en CENTERVISA en 1999.

Mediante la aplicación de novedosos métodos analíticos como la Espectroscopía Mossbauer, se logró determinar los principales minerales de hierro presente en los sedimentos y peloides. Este estudio fue complementado con otras técnicas analíticas (Difracción de rayos X y Absorción Atómica) y constituye una contribución al conocimiento de los compuestos que poseen propiedades terapéuticas y que forman parte de los recursos termales presentes en balnearios y salinas.

9. Norma Cubana de Peloides. En esta norma, aprobada por la Oficina Nacional de Normalización participaron de manera destacada especialista de CENTERVISA vinculados al Proyecto. La experiencia de estos así como parte de los resultados experimentales que los mismos llevaron a cabo sirvieron de base para la confección de dicha norma.

10. Comportamiento de las microalgas en aguas y peloides en yacimientos de agua y minerales y peloides.

Vinculada al resultado 3 del Proyecto, las acciones ejecutadas en el mismo permitieron las caracterizaciones de estos recursos así como esclarecer el comportamiento de las microalgas presentes en las aguas mineromedicinales y peloides de yacimientos de Cuba y el Caribe. Constituyó un Resultado Relevante aprobado por el Consejo Científico de CENTERVISA en 1999 y formó parte de una tesis de maestría de Ciencias Biológicas defendida por la autora principal del resultado.

11. Aplicación de la peloterapia y otras técnica heloterápicas en Cervicalgias crónicas.

Perteneciente al resultado 4 del Proyecto, constituyó un Resultado Relevante aprobado por el Consejo Científico de CENTERVISA en 1999.

12. Creación de un Centro de Termalismo y Rehabilitación de Termas en Río Hondo, Argentina.

Este trabajo, desarrollado en Argentina, está vinculado indirectamente al Resultado 4 del Proyecto. Constituyó un logro Científico – Técnico aprobado por el Consejo Científico de CENTERVISA en 1999.

### Principales Logros Científico - Técnicos y Resultados Relevantes

A continuación se resumen los Logros y Resultados Relevantes vinculados con el Proyecto:

1997. HIDROGEOWIN: Sistema informático para caracterizar aguas naturales y minerales mediante patrones hidrogeoquímicos. Logro Científico Aplicado (Consejo Científico del CNIC).

1997. Procesos hidrogeoquímicos en cuencas cársicas costeras. Resultado Relevante (Consejo Científico del CNIC).

1997. Experimentos en el laboratorio de los procesos de interacción agua-roca carbonatada en diferentes condiciones de mezcla y de intercambio iónico. Resultado Relevante (Consejo Científico del CNIC).
1998. Metodología para la caracterización geoquímica de acuíferos cársicos costeros. Aplicación en el sector hidrogeológico Güira-Quivicán (Cuenca Sur de la Habana). Logro Científico Aplicado (Consejo Científico del CNIC).
1998. Sistema de computación para la caracterización y control de calidad de las aguas naturales en acuíferos y cuencas hidrográficas. Tesis Doctoral. Resultado Relevante (Consejo Científico del CNIC).
1998. Estudio de las propiedades químico físicas y terapéuticas de algunas aguas mineromedicinales de Cuba. Tesis de Diploma Universitario. Resultado Relevante (Consejo Científico del CNIC).
1999. Metodología para la caracterización hidrogeoquímica de sistemas hidrotermales. Aplicación al sistema San Diego de los Baños – Bermejales. Logro Científico Aplicado (Consejo Científico de CENTERVISA).
1999. Creación de un Centro de Termalismo y Rehabilitación de termas de Río Hondo en Argentina. Logro Científico Aplicado (Consejo Científico de CENTERVISA).
1999. Modelo geológico conceptual. Su aplicación en las investigaciones complejas del yacimiento de aguas termales de Menéndez. Resultados Relevantes (Consejo Científico de CENTERVISA).
1999. Comportamiento de las microalgas en aguas y peloides de yacimientos mineromedicinales del Caribe. Resultado Relevante (Consejo Científico CENTERVISA).
1999. Norma Cubana de Peloides. Resultados Relevantes (Consejo Científico CENTERVISA).
1999. Estudio mediante Espectroscopia Mossbauer de los compuestos portadores de hierro en peloides cubanos. Resultados Relevantes (Consejo Científico CENTERVISA).
1999. Estudio del comportamiento de los parámetros físico-químicos de las aguas mineromedicinales del sector “San Miguel” (San Miguel de los Baños, Matanzas). Resultados Relevantes (Consejo Científico CENTERVISA).
1999. Software para el monitoreo automatizado de la calidad hidroquímica de las aguas minerales y mineromedicinales. Resultados Relevantes (Consejo Científico CENTERVISA).
1999. Las radiaciones nocivas en la vivienda y Centros Termales. Resultados Relevantes (Consejo Científico CENTERVISA).
1999. Peloterapia y otras técnicas hidroterápicas en Cervicalgias crónicas. Resultados Relevantes (Consejo Científico CENTERVISA).

## Publicaciones relacionadas con el Proyecto

### Libros publicados relacionados con los resultados del Proyecto

- A. González, J.R. Fagundo. "Técnicas Automatizadas de Control". Curso en el marco del Proyecto Iberoamericano "Evaluación automatizada de la Respuesta Hidrogeoquímica de los Acuíferos Cársicos Costeros ante el Impacto del Hombre y los Cambios Globales". Tomo 1, 318 Págs., Tomo 2. 354 Págs., Ed. Universidad de Huelva (España), 1997.

- M Arellano, J.R. Fagundo, I. Antiguada, I. Morell y otros. "Curso avanzado sobre Contaminación de Aguas Subterráneas. Monitoreo, Evaluación, Recuperación". Universidad del País Vasco (España). Tomo 1 235 Págs., 1997.

### Artículos publicados relacionados con los resultados del Proyecto

#### Resultado 1:

- P. Cervantes y A. Manchado. "Rn- 222 Diffusion in Cretaceous Limestones Aquifer. Proceeding of the MIGRATION '99 Conference. Lake Tahoe", USA, october 1999.

- G. Tillán, I. Vinardell, E. Ontivero, J.R. Fagundo, L. Sánchez, M.A. Ariarte. "Caracterización hidroquímica de las aguas de San Miguel de los Baños mediante patrones" (IMP-08). En: Memorias del III Taller de la Cátedra de Medio Ambiente. La Habana 1997. 5 pp., 1997.

-J.R. Fagundo, J.E. Rodríguez, V. Ferrera y P. González. Geoquímica de acuíferos cársicos de la Sierra del Rosario, Pinar del Río, Cuba. En: "Investigaciones Hidrogeológicas en Cuba". Eds.:D.M. Arellano, M.A. Gómez, I. Antiguada, Universidad del País Vasco, Bilbao (España), 135-149, 1997

- J.R. Fagundo, J.E. Rodríguez, J. Vega, J.E. Pajón. "Estudio del desarrollo de la carsificación a partir de las respuestas naturales en las emergencias". En: Memorias Geología y Minería'98. Ed. Centro Nacional de Ingeniería Geológica, I.G.P., La Habana, 215-218, 1998.

- I. Morell, A. Pulido-Bosch, J.R. Fagundo, F. López-Vera, M.L. López-Chicano, P. González. "Caracterización de los acuíferos kársticos de la cuenca Zapata, Matanzas, Cuba". En: I Congreso Ibérico de Geoquímica. VII Congreso de Geoquímica de España. Editor: CEDEX, Soria (España): 367-374, 1997.

- I. Morell, E. Giménez, J.R. Fagundo, A. Pulido-Bosch, M.L. López-Chicano, M.L. Calvache, J.E. Rodríguez. "Hydrogeochemistry and karstification in the Ciénaga de Zapata aquifer (Matanzas, Cuba)". In: Karst Water and Environmental Impacts, Gunay and Johnson (Editors), Balkema, Rotterdam, Brookfield, 191-198, 1997.

- V. Ferrera, J.R. Fagundo, P. González, G. Benítez. "Comportamiento del contenido iónico de las aguas subterráneas afectadas por la salinización. Caso de estudio: Cuenca de Zapata, Provincia de Matanzas" (IMP-05). En: Memorias del III Taller de la Cátedra de Medio Ambiente. La Habana 1997. 6 pp., 1997.

- Fagundo J.R. y E. Alvarez. "Modelos geoestadísticos y geoquímicos para el tratamiento de datos hidroquímicos". En: Contaminación de Aguas Subterráneas. Monitoreo, Evaluación,

Recuperación. Ed. Arellano, M., J.R. Fagundo, I. Antigüedad, I. Morell y otros, Universidad del País Vasco, Bilbao (España), 167-178, 1997.

- P. González, J.R. Fagundo, V. Ferrera, G. Benítez, E. Alvarez. "Simulación química de los procesos de interacción agua-roca carbonatada en diferentes condiciones experimentales" (MOD-01). En: Memorias del III Taller de la Cátedra de Medio Ambiente. La Habana 1997. 7 pp., 1997.

- E. Alvarez, J.R. Fagundo, I. Vinardell. "Diseño de software para la caracterización hidroquímica de acuíferos y otros cuerpos de agua".(MOD-02). En: Memorias del III Taller de la Cátedra de Medio Ambiente. La Habana 1997. 5 pp., 1997.

- I. Vinardell, J.R. Fagundo, E. Alvarez y J. Vega. "Control automatizado de la calidad de las aguas en los acuíferos cársicos de la Llanura Meridional de Pinar del Río afectados por la intrusión marina". En: "Investigaciones Hidrogeológicas en Cuba". Eds.: D.M. Arellano, , M.A. Gómez, I. Antigüedad, Universidad del País Vasco, Bilbao (España), 105-113, 1997.

- J.R. Fagundo. "Control de la calidad de las aguas en zonas costeras". En: A. González, J.R. Fagundo. "Técnicas Automatizadas de Control". Curso en el marco del Proyecto Iberoamericano "Evaluación automatizada de la Respuesta Hidrogeoquímica de los Acuíferos Cársicos Costeros ante el Impacto del Hombre y los Cambios Globales". Tomo 1, 24 pp., Ed. Universidad de Huelva (España), 1997.

- E. Alvarez y J.R. Fagundo. "Hydrochemical characterization and water quality monitoring by means of specific computer system". Ed. Abdus Salam International Center for Theoretical Physics, Internal Report IC/IR/97/13. Trieste (Italia), 1-8, 1998.

- J.R. Fagundo. "Control de la calidad de las aguas en zonas costeras". En: A. González, J.R. Fagundo. "Técnicas Automatizadas de Control". Curso en el marco del Proyecto Iberoamericano "Evaluación automatizada de la Respuesta Hidrogeoquímica de los Acuíferos Cársicos Costeros ante el Impacto del Hombre y los Cambios Globales". Tomo 1, 24 pp., Ed. Universidad de Huelva (España), 1997.

- J.R. Fagundo, V. Ferrera, P. González, S. Jiménez, E.R. Sebastián, A. González, E. Romero, G. Benítez. "Procesos y patrones hidrogeoquímicos en acuíferos cársicos costeros.". En: Memorias Geología y Minería'98. Ed. Centro Nacional de Ingeniería Geológica, I.G.P., La Habana, 215-218, 1998.

- J.R. Fagundo. "Patrones hidrogeoquímicos y relaciones matemáticas en aguas naturales". Ingeniería Hidráulica, 19 (2): 62-78, 1998.

- J.R. Fagundo, R. Barandela, J. Alvarez, V. Ferrera, E. Alvarez, I. Vinardell, G. Benítez. "Estimación de la composición química de las aguas naturales mediante modelos de correlación matemática". Revista CENIC Ciencias Químicas, 29 (3): 155-168, 1998.

- J.R. Fagundo, P. González, G. Benítez, S. Jiménez, V. Ferrera, A. González. "Geoquímica del acuífero cársico costero Güira-Quivicán (Cuenca Sur de la Habana)." En: Memorias del XII Seminario Internacional del CIRA y XII Seminario Internacional sobre Gestión y Tecnología de Suministro de Agua Potable y Saneamiento Ambiental. Ed.: ISPJAE, La Habana, 10 Pags., 1998.

- P. González, J.R. Fagundo, G. Benítez, M. Suárez, J. Ramírez. “Influencia de la reducción de sulfatos en los procesos de disolución y precipitación de carbonatos en un acuífero cársico costero”. En: Memorias del XII Seminario Internacional del CIRA y XII Seminario Internacional sobre Gestión y Tecnología de Suministro de Agua Potable y Saneamiento Ambiental. Ed.: ISPJAE, La Habana, 7 Págs., 1998.
- J.R. Fagundo. “Geoquímica de las aguas”. En: Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. Editores: F.M. Luzardo, O. Arjona, J.E. Estévez y J. L. Santana. Ed. Academia, La Habana, 168-172, 1998.
- P. González, G. Benítez, M. Suárez, J.R. Fagundo. “Corrosión química por mezcla de aguas de diferente naturaleza”. En: Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. Editores: F.M. Luzardo, O. Arjona, J.E. Estévez y J. L. Santana. Ed. Academia, La Habana, 64-68, 1998.
- I. Vinardell, G. Tillán, J.R. Fagundo, E. Alvarez, E. Ontivero. “HIDROCLASWIN: Separación por patrones hidrogeoquímicos para la clasificación de las aguas naturales”. En: Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. Editores: F.M. Luzardo, O. Arjona, J.E. Estévez y J. L. Santana. Ed. Academia, La Habana, 160-163, 1998.
- E. Alvarez, J.R. Fagundo, E. Vinardell. “Automatización del control de los parámetros químicos físicos y calidad de las aguas”. En: Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. Editores: F.M. Luzardo, O. Arjona, J.E. Estévez y J. L. Santana. Ed. Academia, La Habana, 164-167, 1998.
- I. Vinardell, 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.
- E. Alvarez, 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.
- J.R. Fagundo, P. González, G. Benítez, S. Jiménez, E.R. Santiesteban, A. González, E. Romero. “Procesos Geoquímicos y calidad de las aguas en los acuíferos costeros”. En: “El Caribe, Contribución al conocimiento de su Geografía”. Ed. Instituto de Geografía Tropical, CITMA, 40-47, 1999.
- P. González, J.R. Fagundo, G. Benítez, S. Jiménez, V. Ferrera, A. González, E. Romero, D. Orihuela, J. Ramírez, M. Suárez “Metodología para la caracterización geoquímica de los acuíferos cársicos costeros. I. Muestreo sistemático y caracterización de facies hidroquímicas. En: “Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. Ed. ISCTN (CITMA), 173-181, 1999.
- J.R. Fagundo, P. González, S. Jiménez, G. Benítez, V. Ferrera, J. Ramírez, A. González, E. Romero, D. Orihuela, J. Ramírez, M. Suárez “Metodología para la caracterización geoquímica de los acuíferos cársicos costeros. II. Identificación de los procesos de mezcla y modificación de las facies hidroquímicas. . En: “Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. Ed. ISCTN (CITMA), 182-191, 1999.
- M.C. Espinosa, P. González, J.R. Fagundo, M. Suárez, G. Benítez, J. Ramírez, R. Mayarí. “Empleo de índices geoquímicos en el establecimiento del monitoreo de cultivo de microalgas”. En: “Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. Ed. ISCTN (CITMA), 163-167, 1999.

- V. Ferrera, J.R. Fagundo, P. González, I. Morell, A. Pulido-Boch, M. López Chicano, F. López-Vera. "Caracterización hidrogeoquímica de los acuíferos kársticos de la Cuenca de Zapata, Matanzas, Cuba". *Voluntad Hidráulica*, 91, 21-27, 1999.

#### Resultado 2:

- G. Capote y B. Peña. "Determinación de los elementos de las TR en sedimentos marinos de las costas noroccidentales cubanas". *Revista Nucleus* (26): 18-22, 1999.

- G. Capote, B. Peña, O Díaz, G. Pérez, A.T. Hernández. "Determination of rare elements in sea sediments from Cuban Northwest coast by instrumental neutron activation analysis". *Nucleus*, La Habana 26, 18-22, 1999.

- N.R. Furet. "Investigaciones químico – físicas en suelos, aplicaciones en Cuba como residuo termal y agrícola". Libro II Encuentro Internacional de Mujeres Creadoras. La Habana, Abril 1997.

- N.R. Furet, A. Dago, A.C. Rodríguez, B. Luna, C. Portilla. "Comportamiento del hierro en los peloides. Un estudio por Espectroscopía Mossbauer del <sup>57</sup>Fe y Espectrometría de Absorción Atómica". Libro Workshop on Nuclear and Related Techniques in Environment. La Habana, Oct. 1997.

- N.R. Furet, A. Dago, A.C. Rodríguez, J.R. Fagundo, M. Llerena, B. Luna, C. Portilla. "Estudio químico – estructural de rocas sedimentarias de tres zonas de Cuba mediante Difracción de Rayos X y Espectrometría de Absorción Atómica." En: *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental*. Editores: F.M. Luzardo, O. Arjona, J.E. Estévez y J. L. Santana. Ed. Academia, La Habana, 120-123, 1998.

#### Resultado 3:

- G. Delgado, G. Popowski y R. Nodar. "Primer Reporte de Procentrum lima (Ehr) Dodge 1975 en aguas cubanas". *Revista de Investigaciones Marinas* 21 (1-3), 2000.

- G. Popowski, G. Delgado, M. Sánchez y R. Nodar. "Gambiendiscus toxicus Adachi y Fukuyo en el litoral \_Norte de la Ciudad de la Habana". *Revista de Investigaciones Marinas* 21 (1-3), 2000.

- G. Popowski, M. Sánchez y J.N Alvarez - Cadena . Composición y Abumdancia de las microalgas halino resistentes en los esedimentos mineromedicinales en salinas de Cuba, *Hidrobiologia* # Ref.3799.

- G.Popowski y M. Sánchez "Effects caused by Cianobacterias in salt works. Marine CyanoBacteria. Volumen Especial N°: 19: 593 - 598, Bulletin de Institut Océano graphique, Monaco. ISSN 0304-5722. 1999.

- G.Popowski; J.N Alvarez – Cadena; G. Delgado y M. Sánchez, "Composición y Abundancia del Fitoplancton de la laguna de Bojorquez, Cancún, México. Pág. 75-76.

En: *Estudios sobre pláncton en México y el Caribe*.



E. Ríos –Jara; E. Juárez- Carrillo, M. Pérez - Peña; E. López – Uriarte; E.G Robles – Jarero; D.U. Hernández Becerril y M. Silva – Briano (EDS). Sociedad Mexicana de Planctología y Univ. De Guadalajara 147 p. 2000.

- G. Delgado; de la Paz, L. Y G. Popowski. *Proto-peridinium Balechii* Akselman, Nov. Amb. Nuevo registro de microalgas para las aguas cubanas. Revista de Investigaciones Marinas 21 (1-3)

Resultado 4:

- Martha Cortes. "Psoriasis". Carta de Cuba. Boletín de Acci Psoriasi. Barcelona, España,(20), 9, 1999.

- Moya, M., E. Montoya y A. Díaz. " Los Fangos, un valioso recursos en las puertas del siglo XXI". Revista de Rehabilitación Integral (3): 7-9, 2000.

- Cima, A., Pérez. "El Diagnostico medico en un Centro de Termalismo y los Servicios Individuales y Colectivos. Memorias del I Congreso Latinoamericano de Turismo y Salud. Edición en Soporte Magnético.

## **Participaciones en eventos**

Los principales resultados del Proyecto fueron divulgados a través de los siguientes eventos científicos:

1997

- III Taller de la Cátedra de Medio Ambiente. C. Habana. Presentación de 5 trabajos.

- I Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. C. Habana. Presentación de 5 trabajos.

- Congreso de Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible, C. Habana. Presentación de 1 trabajo.

- I Congreso Ibérico de Geoquímica. VII Congreso de Geoquímica de España, Soria (España). Presentación de 1 trabajo.

- VIII Conferencia Internacional sobre algas nocivas España. 3 Trabajos.

- XII Forum Ciencia y Técnica. CIP 2 Trabajos

- International Symposium marine Cyanobacteria and related organisms. Francia. 1 Trabajo.

1998

- INFORMATICA'98. Palacio de las Convenciones, La Habana. Presentación de 2 trabajos:

- Taller sobre el Programa Regional Integrado para el Desarrollo del Tratamiento y/o Recurso de Aguas de Abasto y Residuales y la Protección del Medio Ambiente. Centro Nacional de Investigaciones Científicas, La Habana. Ponencia.

- Seminario Cuba-Canadá sobre Tecnologías para el Medio Ambiente. Hotel Cohiba, La Habana. Participación y actividad de comercialización.

- I Simposio Internacional de Termalismo. Hotel Neptuno, La Habana. Organización del evento y presentación de varios trabajos.
- III Congreso Cubano de Geología y Minería'98. Palacio de las Convenciones, La Habana. Participación en el Comité Científico, Secretaría de dos Sesiones Científicas presentación de 3 trabajos.
- XII Seminario Internacional del CIRA y III Seminario Internacional sobre Gestión y Tecnología de Suministro de Agua Potable y Saneamiento Ambiental. ISPJAE, 1998. Presentación de 2 trabajos.
- Taller sobre el Programa Regional Integrado para el Desarrollo del Tratamiento y/o Reuso de Aguas de Abasto y Residuales y la Protección del Medio Ambiente. Centro Nacional de Investigaciones Científicas, La Habana. 1 Ponencia.
- IV Taller de la Cátedra de Medio Ambiente del ISCTN, La Habana. Presentación de 5 trabajos.
- Forum de Análisis de Rocas y Minerales. Presentación de 1 trabajo que fue premiado en la Comisión de Analítica:
  - Evento Nacional de Hidrogeología "GERONA'98", Isla de la Juventud. Participación como Miembro de Honor, presidente de la Sesión de Conferencias y presentación de 1 trabajo.
  - II Reunión Internacional de Plantología y IX Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología. México 1 Ponencia, 1 Conferencia Magistral.
  - II Seminario Internacional Plantología 98. 3 Trabajos.

1999

- FOTOCIENCIAS'99. Universidad de la Habana, La Habana, Enero de 1999. Presentación de 1 trabajo:
- Convención TRÓPICO'99. Palacio de las Convenciones, La Habana, Marzo-Abril 1999. Participación en Mesa Redonda, presidencia de Sesión y presentación de 3 trabajos:
- II Congreso Manejo Integral, Gestión Ambiental y Protección de las Aguas en Cuencas Hidrogeográficas (II Congreso Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo). La Habana,. Presentación de 2 trabajos.
- INFORAHUA'09. INRH, La Habana, Mayo 1999. Presentación de 3 trabajos.
- V Taller de la Cátedra de Medio Ambiente. Instituto Superior de Ciencia y Tecnologías Nucleares, La Habana, Junio 1999: Presentación de 3 trabajos y moderación de 1 Mesa Redonda.
- Feria de la Técnica Médica "Salud para Todos". La Habana. Participación como organizadores, moderadores y ponencias en una Conferencia.
- XIII Forum de Ciencia y Técnica (Nivel de Base). Centro Nacional de Termalismo, La Habana. Presentación de 2 trabajos seleccionados, uno de ellos con categoría Relevante

- I Congreso Nacional de Termalismo. Centro de Convenciones Pedagógicas Cojímar. La Habana, Octubre 1999. Presidente del Comité Científico (Comité de Organización), Secretario de Sala, Presentación de 7 trabajos:
- I Congreso Nacional de Termalismo. Centro de Convenciones Pedagógicas Cojímar. La Habana, Octubre 1999. Organización del y presentación de 28 trabajos.
- I Taller Internacional Cunyma' 99. Contaminación y Protección del Medio Ambiente. 3 Trabajos XI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Plactología. México. 1 Trabajo

### **Elaboración de nuevos proyectos**

Durante el período de ejecución del presente proyecto y como resultado del desarrollo del mismo, fueron elaborados y presentados a las convocatorias correspondientes nuevos proyectos que contemplaban aspectos no estudiados en el primero, los cuales fueron debidamente aprobados en el Consejo Científico del Centro y en Ciencia y Técnica del MINSAP. Los mismos se relacionan a continuación:

1. Estudio Geoambiental de los Yacimientos de Aguas Minerales de la Región Centro Oriental de Cuba. (Programa Ramal MINSAP: Científico Técnico Medicina Natural y Tradicional. Código: 99110220). Inicio: Julio 99, culminación Julio 2002
2. Diseño de paquetes de Programas para el pesquisaje y vigilancia de la calidad de las aguas minerales y mineros medicinales y su aplicación terapéutica. (Programa Ramal MINSAP: Científico técnico Medicina Natural y Tradicional. Código: 9911003). Inicio Julio 99. Culminación 2002.
3. Sistema automatizado para el control de calidad de aguas (Programa Ramal Instituto Nacional Recursos Hidráulico. Inicio: 2000, culminación 2003).

Además de estos, se han diseñado otros proyectos y perfiles de proyectos, algunos de los cuales han aprobados hasta el presente por el Consejo Científico del Centro, quedando pendiente los su presentación a Ciencia y Técnica:

- Estudio Biometeorológico y Carboxiterapia en las Vasculopatía Arteriales Periféricas y Artropatía, Degenerativa en los miembros inferiores.
- Atlas de los Recursos Termales en Cuba.
- Talasoterapia en Asma Bronquial Pediatría en condiciones de clima subtropical húmedo.
- Bioenergía y Talasoterapia en algunas enfermedades crónicas (Psoriasis y osteoartritis).
- Evaluación de la eficiencia del Tratamiento Termal y Bioenergetico en pacientes de la tercera edad.
- Evaluación clínico – terapéutica de las propiedades de las aguas minero – medicinales y peloides del Balneario San Diego de los Baños.
- Producción y comercialización de un jabón de tocador con activos cosméticos de arcillas y peloides.

- MINERODENT. Gel dental con aguas sulfuradas del Balneario San Diego de los Baños para la Estomatitis Aftosa.

## **Docencia impartida y Tesis de Grado**

Con el objetivo de promover la calificación de los personal a cargo del Proyecto, así como de otros profesionales vinculados en forma directa o indirecta a los objetivos del mismo, se impartieron entre 1997 y 1999 varios cursos de postgrado, los cuales se relacionan a continuación:

1. "Hidroquímica y calidad de las Aguas". En el marco de la Maestría "Química Ambiental". Fac. Química. Universidad de la Habana (16 horas), 1999. Impartido por Dr. J.R. Fagundo.
2. "Hidroquímica e hidrología isotópica". En el marco del III Curso Internacional de Agua Subterránea y Medio Ambiente". ISPJAE (16 horas), 1999. Impartido por Dr. J.R. Fagundo:
3. "Control de la calidad de las aguas para riego". Sede Santa María de la Rábida, Universidad Iberoamericana de Sevilla (España), 1999. Impartido por Msc. P. González.
4. "Exploración y caracterización de recursos naturales termales". Santa Rosa de Cabal. Colombia, 1999. Impartido por Dr. Juan Romero Sánchez, Ing. Ana M. Moreno Cao, Ing. Pablo Cervantes, Lic. Luis Sánchez.
5. "Sistemática del Fitoplancton". Sede CIM-UH. (Enero – Abril 1999). Impartido por Msc. Genoveva Popowski.
6. "Medicina del Hábitat". Sede Clínica de Medicina Tradicional, Municipio Plaza (35 horas). Impartido por Dr. L. Obrera.
7. "Radiestesia Médica". Sede Hospital Clínico Quirúrgico Hermanos Albarrán (40 horas). Impartido por Dr. L. Obrera.
8. "Bioenergía". Sede Policlínico Rampa. 20 horas. Impartido por Dr. L. Obrera.
9. "Salud en la Vivienda". Sede Instituto Nacional de Higiene y Epidemiología e INTERNET. 60 horas. Impartido por Dr. L. Obrera.
10. "Elementos sobre Rehabilitación Integral para Discapacidades". Sede Termas de Río Hondo, Argentina. (60 horas). Impartido por la Dra. Nelsa Moya.
- 11- "Hidroterapia y Fangoterapia". Curso Precongreso. XVIII Congreso de la Asociación Médica Latinoamericana de Rehabilitación. Hospital "Julio Díaz" Cuba. (8 horas), 1999. Impartido por Dra. Nelsa Moya:
- 12- I Curso de Excelencia contaminación y medio ambiente CIP-MIP Abril / 97. Impartido por Msc. Genoveva Popowski.
- 13- Curso de Excelencia "Contaminación y Medio Ambiente" CIP-MIP Abril / 98. Impartido por Msc. G. Popowski

## **Formación del personal a cargo del Proyecto**

Como parte de la labor de formación de cuadros científicos, fueron defendidas las tesis que a continuación se relacionan, cuyos autores o tutores son investigadores de CENTERVISA participantes en el Proyecto:

1. Autora: Lic. Patricia González Hernández. Tutor: Dr. J.R. Fagundo Castillo “Estudios a escala de laboratorio de los procesos de interacción agua-roca”. Tesis de Maestría en Ciencias del Agua, CNIC, 1997.
2. Autora: Lic. Vivian Ferrera León. Tutor: Dr. J.R. Fagundo Castillo. “Caracterización hidrogeoquímica del acuífero cársico de la Ciénaga de Zapata”. Tesis de Maestría en Ciencias del Agua, CNIC, 1997.
3. Autora: Márgaret Suárez Muñoz. Tutores. Lic. Patricia González Hernández y Dr. J.R. Fagundo Castillo. “Estudio de las propiedades químico-físicas y terapéuticas de algunas aguas minero medicinales de Cuba”. Tesis de Diploma Universitario. Facultad de Farmacia (U.H.), 1998.
4. Autora: Genoveva Popowsk Casñ. Tutora: Dra. Ana María Suárez. "Efectos beneficiosos y nocivos de las microalgas de las salinas de Cuba". Tesis de Maestría en Ciencias en Biología Marina, Fac. de Biología (U.H.), 1998.
5. Autora Lic. Estrella Alvarez Varela. Tutor: J.R. Fagundo. “Sistemas de computación para la caracterización hidrogeoquímica y el control de la calidad de las aguas naturales en acuíferos y cuencas hidrográficas”. Tesis de Dr. En Ciencias Geográficas. Facultad de Geografía (U.H.), 1998.
6. Autora: Ing. Ana María Moreno Cao, Tutor: Dr. J.R. Fagundo Castillo. “Comportamiento de los parámetros físico-químicos de las aguas mineromedicinales del sector San Miguel (San Miguel de los Baños, Matanzas, Cuba)”. Tesis de Maestría en Ciencias del Agua, CNIC, 1999.
7. Autor: Ing. Sigilfredo Jiménez Hechevarría, Tutor: Dr. J.R. Fagundo Castillo. “Estudio del Efecto modificador del Dique Sur en el acuífero costero Artemisa-Quivicán”. Tesis de Maestría en Ciencias del Agua, CNIC, 1999.
8. Autora: Lic. Arlenne Martín Páramo, Tutor: Dr. J.R. Fagundo Castillo. “Contaminación por materia orgánica de las aguas de la Bahía de la Habana, Cuba”. Tesis de Maestría en Ciencias del Agua, CNIC, 1999.
9. Autor: Roberto Hernández, Tutor: Lic. Boris Peña Forte. "Simulación de cambios en el ciclo hidrológico relacionado con fenómenos antrópicos en tres Cuencas Hidrográficas seleccionadas". Tesis de Diplomas Universitario. Fac. Geografía (U.H.), 1999.
10. Autora: Lic. María del Carmen Espinosa Llorénz, Tutor: Dr. J.R. Fagundo Castillo. “Monitoreo automatizado para el control de cultivos de *Arthrospira maxima*”. Tesis de Dr. En Ciencias Técnicas. Universidad Central de las Villas, 1999.

11. Autor: Joel Fagundo Sierra. Tutores: Lic (MC) Patricia Gonzalez Hernández y J.R. Fagundo Castillo. “Modelo para la determinación del origen de la composición química de aguas naturales”. Tesis de Diploma Universitario. Facultad de Química (U.H.), 2000.

12. Autor: Lic. Boris Peña Forte. Tutor: Dr. J.R. Fagundo Castillo. “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.

13. Autora: Angela Manchado Martín. Tutores: Dr. César Alaminos Ibarría y MC. Ing. Enrique A. Castellón Abella. “Modelación de yacimientos de aguas mineromedicinales y termales con auxilio de la Tecnología SIG”. Tesis de Maestría en Geofísica de Minerales. Facultad de Ingeniería Civil, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, 2000.

14. Autora. María del Carmen Pombo Cuesta, Tutores: Msc. Gilma Delgado y Msc. Genoveva popowski. “Dinoflagelados tóxicos bentónicos asociados con la ciguatera en dos localidades del litoral Cubano” Tesis de Maestría en Biología Marina, Mención en Ecología marina y Acuicultura (U.H) Facultada de Biología. 2000.

15. Autor: Pablo Cervantes González. Tutores: C.L. Alaminos, A. Manchado. Estudio Geólogo – Geofísico del sistema geotérmico San Diego de los Baños, Pinar del Río, Cuba. Tesis de Maestría en Geofísica de Minerales. Facultad de Ingeniería Civil, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, 2001.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones de las investigaciones realizadas en el marco del Proyecto, están contenidas en las publicaciones y Tesis de Doctorado, Maestría y Diplomado Universitario relacionadas con el mismo. A continuación se expone un resumen de dichas conclusiones:

- Las aguas de los manantiales y pozos estudiados en el sistema hidrotermal San Diego de los Baños-Bermejales, poseen una composición que se explica, principalmente, mediante procesos geoquímicos de disolución congruente de calcita, dolomita y halita, disolución incongruente de albita, oxidación de pirita con reducción parcial de sulfato, así como mezclas en diferentes proporciones de aguas de los tipos bicarbonatadas cálcicas, bicarbonatadas sódicas y sulfatadas cálcicas. Estas aguas se encuentran en equilibrio termodinámico, sobresaturadas o subsaturadas con respecto a diferentes minerales. Los principales manantiales, con mineralización mayor de 1 g/l y temperaturas superiores a 30 °C, poseen componentes mayoritarios y minoritarios, así como gases disueltos que le confieren sus propiedades medicinales. Los principales componentes con acción terapéutica (según la Norma Cubana de Aguas Minerales) son:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y otros que a pesar de su bajo contenido han sido detectados mediante métodos analíticos sensibles (ICP e ICP-Masas). Esta aguas son además estables en el tiempo y ante el efecto de la explotación continua. El origen de las mismas es meteórico, descienden hasta profundidades de 560 y 1200 m por acción de la gravedad, donde alcanzan temperaturas de 57 y 127 °C respectivamente, ascendiendo a través de las grietas asociadas a las fallas. La metodología utilizada para la caracterización geoquímica de este sistema hidrotermal puede ser aplicada en otros sistemas similares de Cuba y el extranjero.

- Las aguas mineromedicinales de San Miguel de los Baños, de tipo bicarbonatadas sulfatadas magnésicas cálcicas y bicarbonatadas magnésicas cálcicas, son ricas en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y oligoelementos. Su composición cumple con lo establecido por la Norma Cubana para Aguas Minerales de uso Balneológico, aunque algunos sitios del yacimiento presentan contaminación bacteriológica, lo cual debe ser objeto de estudios sistemáticos en un futuro. Poseen gran estabilidad en su composición, siempre que su explotación no exceda un caudal de 2.5 l/s.
- Los manantiales del Balneario Elguea, cuyas aguas son de tipo cloruradas sódicas de alta mineralización y elevada temperatura, presentan estabilidad en el tiempo y poseen un numeroso grupo de componentes beneficiosos a la salud por su acción terapéutica, según la Norma Cubana de Agua Mineral ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{B}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Sr}^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ).
- La metodología aplicada en la prospección del yacimiento Menéndez, con el auxilio del Sistema de Información Geográfico es novedosa. Permite la modelación de este yacimiento con mayor detalle que mediante los métodos geofísicos tradicionales. Su aplicación puede extenderse a otros yacimientos de génesis similar y debe probarse en otros de diferente origen.
- Las aguas naturales no minerales del Distrito Físico Geográfico Pinar del Río y en particular las de la Subregión Sierra del Rosario presentan una composición química variada, donde predominan las de tipo bicarbonatadas cálcicas, bicarbonatadas magnesianas, y bicarbonatadas sódicas de baja mineralización. Parte de las aguas minerales asociadas a las mismas litologías poseen una composición relativa similar, pero con una mineralización superior a 1 g/l en algunos casos. Otra parte de estas aguas son de tipo bicarbonatadas mixtas y sulfatadas cálcicas, sulfatadas bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas mixtas. Poseen por lo general mayor temperatura y contenidos de  $\text{CO}_2$ , más elevados que las aguas naturales y todas poseen concentraciones relativamente altas de  $\text{H}_2\text{S}$  (sobrepasan la concentración mínima requerida en la Norma Cubana de Agua Mineral, por lo que clasifican como aguas minerales sulfuradas). El origen de esta composición se explica mediante procesos geoquímicos de disolución congruente de calcita, dolomita, halita y serpentín; disolución incongruente de plagioclasa (albita, anorthita y microclino), oxidación de pirita con reducción de sulfato, precipitación de sílice y generación o pérdida de  $\text{CO}_2$ .
- En los acuíferos cársicos costeros afectados por la intrusión salina, donde hay presente humedales, se producen complejos procesos geoquímicos, siendo los más notables la disolución de dolomita, oxidación de pirita e intercambio iónico directo en la zona de recarga y los de precipitación de calcita y dolomita, reducción de sulfato e intercambio iónico inverso en la zona de mezcla. La reducción anaeróbica del sulfato procedente del mar, con la participación de los microorganismos, genera componentes sulfurados de acción terapéutica, en forma similar a lo que ocurre en las salinas, produciéndose un sedimento con propiedades medicinales.
- Los estudios realizados en las salinas Bidos y 9 de Abril, permiten relacionar la comunidad plactónica con la salinidad y establecer tres zonas en las salinas : Zona de salinidad baja (3.5-9.5 °Bé), donde la comunidad se corresponde de una región marina costera; en la zona

de salinidades intermedias (9.5-22.5 °Bé), existe un incremento relativo de las microalgas con la reducción de algunos grupos y especies (desaparece la fauna plactónica); en la zona de cristalizadores (22.5-30 °Bé), y la presencia de , Dunadiella salina.

- Los experimentos de simulación en el laboratorio de los procesos de interacción agua-roca carbonatada en presencia de CO<sub>2</sub> y diferentes grados de salinización, mostraron que los iones HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y Ca<sup>2+</sup>, así como la conductividad eléctrica aumentan en el tiempo hasta alcanzar el equilibrio, mientras el pH, que tiende a crecer a medida que se disuelve la roca, guarda una relación inversa con el CO<sub>2</sub>. Los experimentos con mezclas con agua de mar demostraron que las concentraciones de los iones HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y Ca<sup>2+</sup> generados por disolución de las calizas se incrementan con el porcentaje de agua de mar en la mezcla como resultado del efecto salino. Estos estudios pusieron de manifiesto, además, un incremento lineal de la corrosión química con la salinización, en forma similar a como ocurre en los acuíferos carbonatados costeros afectados por la intrusión marina. Finalmente, los experimentos de laboratorio brindaron una base teórica para el control de la calidad de las aguas en los acuíferos cársicos mediante modelos matemáticos.
- Con la implementación de los sistemas informáticos HIDROGEOWIN, SACAN, MODELAGUA y otros basados en sistemas de reconocimiento de patrones hidrogeoquímicos, se contó con herramientas poderosas para el procesamiento de datos hidroquímicos y la caracterización de acuíferos y cuencas hidrográficas. Mediante la modelación de los sitios estudiados, se confirmó que es posible el control de la calidad de las aguas naturales y minerales mediante simples mediciones de temperatura, pH y conductividad eléctrica. El sistema SIMUCIN permite procesar los datos correspondientes a los experimentos cinéticos efectuados en el laboratorio, de simulación de los procesos de interacción agua-roca.
- Los estudios de tipo geoambientales pusieron de manifiesto que varias fuentes de aguas minerales se habían contaminado por la actividad humana, encontrándose fuentes alternativas para la explotación de los recursos de esos yacimientos.
- Los estudios relacionados con la radiactividad de las aguas y peloides en balnearios y salinas, permitieron determinar los contenidos de radionucleidos en los mismos, información necesaria para la mejor explotación de esos recursos.

## **Recomendaciones**

- Se debe estimular a los investigadores que defendieron exitosamente sus tesis de Diplomado y Maestría, para que prosigan sus estudios con vistas a completar sus trabajos y ello le permita optar, en un futuro, a los grados de Master en Ciencias y Doctor en Ciencias respectivamente.
- Proponer a la Dirección de Ciencia y Técnica del MINSAP nuevos proyectos que den continuidad a la labor científico técnica de este proyecto que culmina. Especial atención debe darse a aquellos aprobados por el Consejo Científico de CENTERVISA relacionados con: la creación de una base de datos que sirva de fundamento para la creación futura de un Atlas de los Recursos Termales de Cuba; las investigaciones de carácter médico



relacionadas con los recursos termales: la aplicación terapéutica de las aguas mineromedicnales de San Diego de los Baños en las afecciones más importantes y novedosas, los estudios relacionados con la Talasoterapia, la Climatoterapia y otras terapias relacionadas con los recursos termales; así como aquellas investigaciones que tienen que ver con la creación de productos con propiedades farmacéuticas y cosmetológicas derivados de los recursos termales..