



REVISTA TECNOLÓGICA

Ministerio de la Industria Básica Habana - Cuba

Una publicación bimestral del
Ministerio de la Industria Básica
de la República de Cuba

Vol. VII.

Mayo - Junio
Julio - Agosto 1969

Nos. 3-4

ORGANISMOS REPRESENTADOS EN EL CONSEJO DE DIRECCION

Centro de Documentación
e Información Técnico-Eco-
nómica del Ministerio de
la Industria Básica.

Ministerio de Minería y
Metalurgia.

Dirección de Automatiza-
ción Industrial del Minis-
terio de la Industria Básica.

Dirección de Normas y
Metrología del Ministerio
de la Industria Básica.

Centro de Desarrollo de
Maquinaria.

Empresa Consolidada del
Petróleo.

Empresa Consolidada de
la Química.

Empresa Consolidada de
la Electricidad.

Empresa Consolidada de
Conformación de Metales.

Empresa Consolidada de
la Minería.

Facultad de Tecnología de
la Universidad de La
Habana.

Sumario

	Pág.
Tendencias mundiales en la fabricación del cemento y sus posibles aplicaciones en Cuba. Por Juan A. Muñoz Cusiné	3
Elementos para la selección de reactores en sistemas eléctricos. Por Oscar Portela Polo	16
Geología del Nordeste de la provincia de Pinar del Río. Por G. Furrázola Bermúdez	22
Problemas principales de las investigaciones ingeniero-geológicas. Por N. E. Lapshin	28
Tuberías y equipos de proceso de vidrio. Por Anthony J. Burton	36
Un ejemplo de utilización de las técnicas de las telecomunicaciones en "L'Electricité de France". Las telemediciones. Por Michel Luscán	46
Los flotadores en la industria. Por V. Massuet Gran	53
Vibraciones. Su análisis y control	67
Avances de la Ciencia y la Técnica	78



REVISTA

PORTADA:

Diseño: Gerardo de la Torre

TEMA DE LA PORTADA

Idea sobre la Fábrica de ce-
mento de Nuevitas.

Editada por el Centro de Documentación e Información Técnico-Económica. Ministerio de la Industria Básica. La Habana, Cuba. REDACCION: Carlos III 666. La Habana. Precio del ejemplar: \$0.50. Suscripción anual: \$2.50 Territorio Nacional. Se desea el cambio con las publicaciones congéneres —On accepte des échanges avec les publi- cations congeneres—. Exchange with similar publication is desired—Si desidera il cambio colle pubblicazioni congene- ri—Aceitam se permutas con publicacoes congenes—Wir bitten um Austausch hlichen Fachzeitschriften.

Problemas principales de las investigaciones ingeniero-geológicas

N. N. LAPSHIN

Dpto. Ing. Geológica I.N.R.H.

Desde abril de 1967 el Departamento de Ing. Geológica del Inst. Nacional de Recursos Hidráulicos comenzó a efectuar intensos trabajos prácticos y científicos de carácter hidrogeológico en toda la Isla de Cuba.

Los trabajos antes mencionados abarcaban:

- 1) Estudios hidrogeológicos regionales por medio de levantamientos hidrogeológicos a escala 1:100 000 en las provincias de Matanzas, Camagüey, Oriente y Pinar del Río.
- 2) Investigaciones hidrogeológicas relacionadas con la elaboración de proyectos y construcción de embalses, canales y otras obras hidro-técnicas. Por ejemplo, en la provincia de Pinar del Río: Guane-Mantua, San Diego, San Cristóbal; en la provincia de Matanzas: Caballero Milián, Camilo Cienfuegos, V. I. Lenin, Indio Hatuey, Romero y Desempeño; en la provincia de Las Villas: Banao, Sur de Jíbaro, Refugio, Juraguá, Sagua la Grande; en la provincia de Camagüey: La Laguna, Vertientes y varias obras en la provincia de Oriente.
- 3) Trabajos hidrogeológicos a fin de argumentar los esquemas del aprovechamiento de las aguas subterráneas para el regadío en la provincia de Matanzas en las cuencas de los

ríos La Palma, Hanábana-Canimar-Camarioca, San Juan, San Agustín y Cañas y en la provincia de Pinar del Río en la cuenca del río Cuyaguaje.

- 4) Exploración detallada de yacimientos de aguas subterráneas con la estimación y los cálculos de las reservas de explotación como las obras de Victoria de las Tunas, Jobabo y Bayamo, en la provincia de Oriente.

- 5) Estudios de las aguas subterráneas como fuentes de abastecimiento de agua potable e industrial, como las obras Guanajay, García de Vandra, San Luis, Benigno, Madruga, Jati-bonico, Mariel, La Carretera, etc.

- 6) Además de lo antes expuesto por todas las provincias el Dept. de Ing. Geológica efectúa estudios del régimen de aguas subterráneas, sistematización y generalización de los resultados de los estudios hidrogeológicos, y de los problemas de recuperación artificial y protección de las aguas subterráneas e intrusión marina.

En el presente artículo el autor se propone observar la finalidad y el carácter de los estudios hidrogeológicos principales antes citados.

I LEVANTAMIENTO HIDROGEOLOGICO

Todos los departamentos en las regionales del I.N.R.H. a excepción de la regional en Isla de Pinos tienen la tarea de realizar el levantamiento hidrogeológico a escala 1:100 000 que abarca un conjunto de investigaciones en el campo, con la finalidad de estudiar las rocas.

Por medio del levantamiento podemos resolver los problemas siguientes:

- a) Conocer la extensión y disposición de los complejos acuíferos.
- b) Confeccionar el corte hidrogeológico.
- c) Conocer las condiciones de alimentación, movimiento y descarga de las aguas subterráneas.
- d) Conocer la acuosidad de las rocas.
- e) Conocer la calidad y volumen de las aguas subterráneas.
- f) Aclarar la influencia de las aguas subterráneas en los fenómenos físico-geológicos, y conocer unas u otras formas del relieve en los yacimientos de los minerales útiles.

Durante el levantamiento hidrogeológico se consideran la constitución geológica, tectónica, la paleogeografía, la geomorfología, los factores hidrogeológicos, climáticos y otros (naturales o artificiales), los cuales se estudian no en forma general, sino como fenómenos, que determinan la formación, extensión, disposición, alimentación, movimiento de las aguas subterráneas, las cuales influyen mucho en las grandes tomas de agua, de los sistemas de regadío y de desecación, de embalses, etc.

El levantamiento hidrogeológico puede efectuarse tanto con ayuda de un mapa geológico como con el levantamiento geológico. En este último caso el levantamiento se designa como "levantamiento complejo geólogo-hidrogeológico". Además del mapa geológico hay que tener a mano el mapa topográfico.

PROBLEMAS PRINCIPALES...

Durante el levantamiento hidrogeológico se hacen las observaciones geológicas y geomorfológicas a fin de relacionar lo más estrechamente posible los datos hidrogeológicos con la constitución geológica de la región estudiada.

También hay que prestar atención a los estudios de los depósitos cuaternarios ya que los datos sobre su extensión y composición nos

pueden ayudar en la aclaración de las condiciones de alimentación y de drenaje de las aguas subterráneas y a veces, de su composición química. Hay que prestar atención al carácter de la vegetación, porque las plantas que se encuentran, de algún modo nos muestran la profundidad de las aguas subterráneas.

El levantamiento hidrogeológico es un proceso muy complicado, que abarca un complejo de operaciones compuestas: diferentes observaciones en el campo, descripciones y documentación de los fenómenos, generalización de los datos obtenidos y confección de los mapas de campo.

Atendiendo a la escala, el levantamiento hidrogeológico se divide en tres categorías:

de escala pequeña (1: 1 000 000 - 500 000)

de escala media (1: 200 000 - 100 000)

de escala grande (1: 50 000 - 25 000 y mayores)

En las condiciones de Cuba la tarea del levantamiento de la escala media (1: 100 000) actualmente consiste en el estudio general de las condiciones hidrogeológicas con la división de las rocas hidratadas en los mantos y horizontes acuíferos. También este levantamiento comprende lo siguiente:

—Aclaración de la calidad de las aguas subterráneas, dividiéndolas en tipos según su composición química y su mineralización,

—estimación relativa de la acuosidad de los mantos acuíferos divididos,

—régimen de las aguas subterráneas,

—fenómenos físico-geográficos y su acción en la formación de las formas de relieve,

—otros estudios hidrogeológicos.

Durante el levantamiento hidrogeológico se usan la perforación de exploración y de mapeo (las calas de poca profundidad), las observaciones de reconocimiento, las pruebas de permeabilidad en el campo (aforos, inyecciones, toma de muestras de agua para el análisis químico), excavaciones (calicatas, trincheras), observaciones geofísicas, topográficas, hidrológicas y de laboratorio.

Los datos sobre el régimen de las aguas subterráneas se coleccionan tanto por medio del interrogatorio, como por la organización de las observaciones especiales en los puntos más

característicos, aprovechando los datos obtenidos durante muchos años.

Los mapas hidrogeológicos durante el levantamiento se confeccionan tanto en el campo (es decir, durante la realización de las rutas geológicas) como en la oficina. En los mapas del campo se reflejan sólo los elementos, que pueden ser revelados como resultado de las observaciones inmediatas en el campo cuando las condiciones geológicas son sencillas.

Ante todo, en el campo se confecciona el mapa de ubicación de los puntos de observación, que sirve como una base para la confección de otros mapas. Sería preferible confeccionar un mapa de las manifestaciones naturales de agua y de los lugares de captación de las aguas subterráneas. Además, se hace el mapa de extensión de los mantos acuíferos, divididos durante el levantamiento. En este mapa también se refleja la mineralización total de las aguas subterráneas, capacidad de los puntos de agua sometidos a la prueba, contactos tectónicos, zonas de rupturas, capas impermeables, que tienen extensión e importancia regional. Al hacer el levantamiento hidrogeológico en una llanura hay que establecer la profundidad del primer manto acuífero (desde la superficie). Como resultado final del levantamiento hidrogeológico a escala media se confeccionan los mapas hidrogeológicos (con perfiles y esquemas), que presentan una generalización gráfica de los datos de campo, archivo y literatura que existen para el territorio estudiado. A la vez, los mapas geológicos nos muestran muy claramente las condiciones hidrogeológicas del territorio, la extensión y acuosidad de los mantos acuíferos (complejos), profundidades de niveles freáticos, valores de las presiones de las aguas subterráneas, tipos químicos y mineralización de estas aguas y particularidades litológicas y faciales de las rocas impermeables.

En la memoria explicativa del mapa hidrogeológico se ofrecen características breves, pero detalladas de las condiciones hidrogeológicas del territorio, y se estima la posibilidad del aprovechamiento de las aguas subterráneas para las necesidades de economía nacional.

Los mapas hidrogeológicos a escala media (1: 100 000) nos sirven como base para la planificación de estudios más detallados, en particular, para la planificación de la exploración de los yacimientos de agua.

También estos mapas pueden ayudarnos en la estimación de las reservas de aguas subterráneas, en la elección de los lugares de ubicación de las tomas de agua grandes así como en la confección de los planes de aprovechamiento de las aguas subterráneas para la economía nacional del país.

II INVESTIGACIONES HIDROGEOLOGICAS PARA LAS OBRAS DE REGADÍO

Para las obras de regadío se efectúan investigaciones complejas: meteorológicas, hidrológicas, ingeniero-geológicas, hidrogeológicas.

Actualmente debido al auge de la construcción hidrotécnica en Cuba las investigaciones hidrogeológicas tienen una importancia extraordinaria.

Para los proyectos de regadío las investigaciones hidrogeológicas se hacen a fin de estimar la tendencia y carácter de los cambios, que ocurrirán bajo la influencia de la obra proyectada.

El complejo de los estudios hidrogeológicos incluye lo siguiente:

- a) Búsqueda y estimación de las fuentes de agua para el regadío.
- b) Investigaciones, relacionadas con el transporte de agua de regadío hacia los macizos de regadío.
- c) Aclaración del régimen natural de las aguas subterráneas y elaboración del pronóstico de sus cambios futuros durante el regadío.
- d) Drenaje y abatimiento artificial de niveles freáticos en la zona de regadío.

La tarea principal del mejoramiento de los terrenos consiste en la creación de tal régimen acuático de los suelos, que garantice su fertilidad elevada y estable.

Las investigaciones, efectuadas para la elaboración de los proyectos de las obras hidrotécnicas, abarcan las tareas siguientes:

- 1 —Caracterizar las condiciones naturales como base de elección y de argumentación de las medidas de mejoramiento de los terrenos.
- 2 —Obtener los valores de diseño para la elaboración del proyecto, es decir, los datos necesarios para los cálculos de las pérdidas

por filtración y de los **perfiles** longitudinales y transversales de los canales.

- 3 —Establecer las **condiciones** de elección del régimen, método, técnica del regadío y de lavado de los suelos en dependencia del relieve y constitución litológica del territorio de regadío.
- 4 —Hacer el pronóstico del régimen hidrogeológico durante el regadío.
- 5 —Obtener los datos necesarios para los cálculos del balance hidrato-salino del territorio de regadío.

Al realizar las investigaciones hidrogeológicas hay que prestar atención a los siguientes aspectos del territorio estudiado:

En el sentido geomorfológico hay que establecer los tipos morfogenéticos de la región dada y aclarar su papel en el proceso de acumulación de las sales (arrastre, tránsito y acumulación), así como estudiar la posibilidad del aprovechamiento de los elementos de relieve para el drenaje y estimar el relieve desde el punto de vista de erosión y planteamiento de los terrenos.

Los estudios geólogo-litológicos deben aclarar el origen, composición, condiciones de la disposición de las rocas, que forman el territorio de regadío (más detalladamente en las zonas de saturación y aereación, es decir, entre los límites del primer manto acuífero).

Las investigaciones hidrogeológicas deben establecer las condiciones de disposición, alimentación, movimiento y descarga de las aguas subterráneas, así como su mineralización y composición química, carácter de las variaciones hidroquímicas por vertical y horizontal (en relación con los estudios de la velocidad del proceso de desalinización de los horizontes superiores). Estas investigaciones también deben establecer la influencia de las aguas freáticas en el régimen de sales y en los procesos del movimiento y acumulación de las sales solubles en agua; deben aclarar la extensión y el carácter de los mantos acuíferos profundos (100-200 m), su unión recíproca durante el drenaje vertical y estimarlas como una fuente de regadío; estudiar las propiedades hidro-físicas de las rocas, su permeabilidad al agua, salinización y régimen de la humedad en la zona de aereación.

Podemos obtener los datos antes citados sólo por medio de las investigaciones hidrogeológicas que comprenden:

- Levantamiento hidrogeológico;
- trabajos de exploración (perforación, excavación de las calicatas);
- pruebas de ensayo en los laboratorios;
- observaciones estacionarias del régimen de aguas subterráneas;
- trabajos de oficina;
- confección del informe.

Como auxiliares durante las investigaciones hidrogeológicas se emplean los estudios geofísicos, hidrológicos y los trabajos topográficos.

A eso hay que agregar, que las investigaciones hidrogeológicas para el regadío tienen un carácter especial y se diferencian considerablemente de los estudios hidrogeológicos generales.

Durante las investigaciones para el regadío es necesario estudiar detalladamente las propiedades de filtración y salinización de los suelos, la composición química de las aguas freáticas, para dar un pronóstico de los cambios futuros de los parámetros antes citados, es decir, dar una estimación de los terrenos de regadío desde el punto de vista hidrogeológico.

III TRABAJOS HIDROGEOLOGICOS PARA LA ARGUMENTACION DE LOS ESQUEMAS DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS PARA REGADIO

Estos trabajos se cumplen por los hidrogeólogos a fin de argumentar los esquemas del aprovechamiento de las aguas subterráneas en las provincias de Matanzas y Pinar del Río debido al gran aumento de los terrenos de regadío, ocupados por arroz, caña, pastos, verduras y frutas. También esos trabajos son necesarios para la planificación de perspectivas de los terrenos nuevos de Cuba.

La finalidad de los trabajos consiste en el estudio de las condiciones hidrogeológicas de los mantos acuíferos más potentes de las cuencas de las aguas subterráneas. Estos trabajos también prevén la inspección de formas de aguas existentes, establecimiento de su finalidad y régimen de explotación, comparación de los gastos reales con las reservas dinámicas por toda la cuenca. Como resultado de los trabajos realizados se confecciona un informe y los esquemas del aprovechamiento de las aguas subte-

males de las cuencas a escala 1: 100 000. Al realizar los estudios hidrogeológicos de tal género hay que prestar la mayor atención a la colección, generalización y sistematización de todos los datos existentes en archivos y en la literatura hidrogeológica. Los resultados más importantes son los de aforos de prueba en los pozos que están en explotación a fin de determinar los parámetros hidrogeológicos.

Al hacer la inspección de las tomas de agua en el campo es necesario realizar las tareas siguientes:

- a) Determinar la cantidad total de calas existentes.
- b) Precisar su distribución por planos.
- c) Establecer la ubicación de los niveles estáticos y dinámicos y sus oscilaciones en el tiempo.
- d) Fijar el gasto de explotación verdadero de cada toma de agua (en l/seg.).
- e) Determinar la composición cualitativa de las aguas extraídas.
- f) Describir el equipo y las bombas, instalados en los pozos, y aclarar su estado técnico.
- g) Finalidad de las calas, tiempo de trabajo en horas (al día y al año).
- h) Confeccionar el mapa de contorno del nivel hidrostático.

Es necesario hacer aforos de ensayo en cada pozo a fin de calcular los parámetros principales hidrogeológicos y tomar muestras de agua para los análisis químicos. Además de las inspecciones de las tomas de agua existentes en el campo, se efectúa un grupo de trabajos hidrogeológicos (perforación, aforos, geofísica, hidrología, etc.), cuyo número se establece en cada caso concreto por la tarea técnica y por el programa de las investigaciones.

IV EXPLORACION DETALLADA DE LOS YACIMIENTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS CON ESTIMACION Y CALCULO DE LAS RESERVAS DE EXPLOTACION

En 1967 y principios de 1968 se llevaron a cabo los trabajos de exploración de las obras de Victoria de las Tunas y Jobabo, para las cuales fueron estimadas y calculadas las reservas de explotación de las aguas subterráneas. Actualmente los mismos trabajos se efectúan en las obras de Manzanillo, Bayamo, Banes, etc.

Soluciones técnicas durante la exploración e investigación de los yacimientos de las aguas subterráneas:

1—Hay que seguir el orden establecido realizando algunas etapas de exploración. En este caso podemos evitar los gastos accesorios e investigar correctamente los mantos acuíferos.

La etapa de la exploración preliminar a base de la cual se establece la racionalidad técnico-económica de la explotación del yacimiento es la que tiene mayor importancia. Se hace la elección del lugar de ubicación más favorable de toma de agua, se elabora el esquema de toma de agua, su volumen y la metodología de los estudios hidrogeológicos. En particular, se determina la distribución más razonable de las calas y la distancia entre ellas, la profundidad de perforación, volumen y carácter de las investigaciones hidrogeológicas, geofísicas, hidrologías, etc.

2—La elección de los tramos de exploración detallada debe ser acordada por el consumidor del agua y la inspección sanitaria.

Cuando entre los límites del tramo escogido como un lugar de exploración detallada existen edificios, plantas industriales, fincas, etc., cuyas aguas albañales puedan contaminar los mantos acuíferos estudiados, siempre hay que llegar previamente a un acuerdo con los organismos estatales sobre la posibilidad del traslado o liquidación de las fuentes de contaminación antes mencionadas.

3—Como resultado de la exploración detallada del tramo elegido debemos hacer los cálculos seguros de las reservas de explotación de las aguas subterráneas por las categorías "A" y "B" y obtener los datos iniciales necesarios para la elaboración del proyecto de construcción de la toma de agua.

4—La constitución geológica y las condiciones hidrogeológicas de la región deben ser estudiadas detalladamente y reflejadas en los mapas a escalas correspondientes: yacimientos del primer grupo 1: 5 000 - 1: 10 000, yacimientos del segundo grupo 1: 25 000 - 1: 50 000. Dichos mapas deben ser acompañados por los perfiles correspondientes.

5—La exploración de las aguas subterráneas se efectúa principalmente por medio de la per-

foración con los aforos de prueba, y en algunos casos, con ayuda de las fuentes brotantes. Al realizar los trabajos hidrogeológicos detallados es razonable usar varios tipos de investigaciones geofísicas, que nos permitan bajar el costo de la exploración y precisar sus resultados (por ejemplo, determinación del espesor y de las propiedades de filtración de las rocas hidratadas).

6—La metódica de exploración, sistema de distribución de las calas y excavaciones, distancia entre estas últimas, volumen y metódica de las pruebas de ensayo, duración del período de observaciones del régimen de aguas subterráneas, complejo de los estudios geofísicos y otros dependen de las particularidades hidrogeológicas concretas del tramo escogido, finalidad de la exploración, del volumen requerido de agua y del esquema previsto de toma de agua.

Las soluciones técnicas a las investigaciones detalladas consisten en obtención de datos seguros, necesarios para la estimación correcta de las reservas de explotación de las aguas subterráneas y elaboración del proyecto de toma de agua.

7—Las reservas de las aguas subterráneas se calculan en base a los métodos de la hidráulica subterránea. La determinación del gasto natural de la corriente subterránea (reservas dinámicas) se efectúa en tomas de agua, que funcionan ininterrumpidamente en el período seco (más crítico). La anchura de la corriente se toma sobre el mapa de hidroisopiezas perpendicular a la dirección de la corriente.

Las reservas estáticas y reguladas (es decir, volumen de agua en la zona de oscilaciones de los niveles) se calculan aprovechando el valor del coeficiente de almacenamiento y volumen de las rocas hidratadas. Este valor del coeficiente de almacenamiento para los depósitos gravo-arenosos se establece por medio de los aforos.

El coeficiente de almacenamiento de las rocas fisurales se determina como resultado de un aforo de largo tiempo.

La recuperación de las reservas de explotación por las aguas superficiales (infiltración a los mantos acuíferos observados) debe ser argumentada por medio de los cálculos correspondientes.

Los datos sobre las reservas (estáticas y dinámicas) de las aguas subterráneas y valor de

infiltración sirven como base de elección del método de cálculo de las mismas reservas de explotación.

8—Las reservas de explotación (dinámicas, estáticas y artificiales) pueden ser calculadas para el yacimiento (manto acuífero), o parcialmente, para algunos tramos.

Los cálculos deben hacerse en plena concordancia con las normas existentes y las soluciones técnicas del consumidor del agua con respecto a la calidad, volumen y régimen de explotación de las aguas subterráneas. También hay que tener en cuenta el esquema de toma de agua.

Los contornos de los tramos para los cuales se calculan las reservas, deben corresponder a las particularidades geológicas, estructurales, hidrogeológicas, e hidroquímicas del manto acuífero estudiado. En algunos casos estos contornos deben ser concordados con el relieve, geomorfología e hidrografía de la región estudiada.

9—Los resultados de los cálculos de las reservas de explotación de las aguas subterráneas se expresan en metros cúbicos por día.

10—Los cálculos de las reservas de explotación para todas las categorías (A_1 , B, C_1 y C_2) deben realizarse considerando la posibilidad de su recuperación y las variaciones cualitativas y cuantitativas durante la explotación futura bajo la influencia de los factores naturales y artificiales.

11—De acuerdo con la clasificación existente de las reservas de explotación, las aguas subterráneas, en dependencia del grado de los estudios hidrogeológicos anteriores y de las condiciones de su explotación, se dividen en 4 categorías (A_1 , B, C_1 y C_2).

Categoría A_1

Las reservas estudiadas y exploradas detalladamente, una vez aclarada la constitución geológica, disposición y presión de los mantos acuíferos, propiedades de filtración de las rocas hidratadas así como las condiciones de alimentación de los mantos acuíferos y posibilidad de recuperación de las reservas de explotación. También los estudios realizados deben permitirnos establecer la unión hidráulica de las aguas subterráneas estimadas con las aguas superficiales y subterráneas de otros mantos acuíferos.

La calidad de las aguas subterráneas debe ser estudiada con detalles, que nos garanticen su aprovechamiento durante todo el tiempo de explotación.

Las reservas de explotación de las aguas subterráneas entre los límites de toma de agua proyectada se han calculado según los datos de explotación, aforos de ensayo y explotaciones pilotos.

Categoría B

Las reservas estudiadas y exploradas tan detalladamente, que es posible argumentar y aclarar las particularidades principales de la disposición de los mantos acuíferos, su constitución y alimentación, así como establecer la unión de las aguas subterráneas, cuyas reservas estamos calculando, con las aguas de otros mantos acuíferos y aguas superficiales, determinar aproximadamente las reservas naturales, las cuales pueden servir como una fuente de recuperación de las reservas de explotación de las aguas subterráneas.

Se ha estudiado la calidad de las aguas subterráneas, por lo que podemos establecer la posibilidad de su aprovechamiento para los fines previstos.

Las reservas de explotación entre los límites de toma de agua proyectada se han calculado según los datos de aforo de ensayo y por extrapolación.

Categoría C₁

Las reservas son exploradas de modo que sea posible, en líneas generales, aclarar la constitución geológica, las condiciones de disposición y extensión de los mantos acuíferos.

La calidad de las aguas subterráneas debe ser estudiada en tal grado, que sea posible resolver el problema de la posibilidad de su aprovechamiento de acuerdo con una finalidad prevista.

Las reservas de explotación se han calculado en base de los aforos de ensayo en unas calas (o calicatas) de exploración, así como por analogía con las tomas de agua existentes, para las cuales las reservas de las aguas subterráneas del mismo manto acuífero fueron calculadas según la categoría A₁ y B.

Categoría C₂

Las reservas, determinadas en base de los gastos geólogo-hidrogeológicos generales, prue-

bas del manto acuífero en algunos puntos y analogía con los tramos vecinos ya estudiados. La calidad de las aguas subterráneas se ha determinado por medio de las muestras de agua, tomadas en algunos puntos del manto acuífero o por analogía con los tramos ya estudiados del mismo manto acuífero. Las reservas de explotación de las aguas subterráneas se han determinado entre los límites de estructuras favorables.

12.—A la par del proyecto de abastecimiento de agua se prevén las zonas de protección sanitaria que se dividen en tres fajas con su propio régimen sanitario.

En la primera faja sanitaria se encuentra la cala y toma de agua. En esa faja se prohíbe habitar a las personas, que no están relacionadas con el mantenimiento de las tomas de agua y hacer cualquier construcción (a excepción de las mismas obras del acueducto).

La segunda faja sanitaria abarca el territorio alrededor de las fuentes de abastecimiento de agua. En esta zona también están prohibidas todas las acciones, que pueden dañar cualitativa o cuantitativamente la fuente de abastecimiento de agua.

La tercera zona abarca el territorio vecino con la segunda zona. El estado anti-sanitario de la tercera zona puede provocar la propagación de las enfermedades contagiosas por medio de acueductos.

La argumentación hidrogeológica de la zona de protección sanitaria se hace en forma de una memoria explicativa del informe hidrogeológico, donde se citan la característica de los mantos acuíferos y de la capa cubierta, la velocidad y dirección de las corrientes subterráneas, se aclara su unión hidráulica con las aguas superficiales, se ofrecen datos breves sobre el régimen de las aguas subterráneas, pero se presta la mayor atención al estado sanitario de la región de alimentación.

V ESTUDIOS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS COMO FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE E INDUSTRIAL

Las investigaciones de las fuentes de abastecimiento de agua se efectúan por todas las regionales del I.N.R.H. de la República de Cuba y abarcan los trabajos siguientes:

1.—Colección y elaboración de los datos del fondo geológico.

2.—Observaciones de reconocimiento por medio de rutas geológicas (descripciones del relieve, afloramientos, manifestaciones de aguas subterráneas, etc.).

3.—Confección de los programas, metódicas, gráficos de los trabajos futuros, elección del personal y del equipo necesario (para perforación, aforos, etc.).

4.—La realización del levantamiento hidrogeológico, perforación de las calas (de exploración, explotación y de ensayo), aforos en calas, observaciones del régimen, mediciones de temperatura y de niveles freáticos, determinaciones de las propiedades físico-mecánicas en el laboratorio, etc.

5.—Como resultado de todos los trabajos se confecciona un informe con las conclusiones y recomendaciones del aprovechamiento de los pozos y fuentes para los fines de abastecimiento del agua potable e industrial.

Sólo al hacer los análisis químicos y bacteriológicos podemos descubrir en las aguas las mezclas dañinas. Por ejemplo, al encontrar en el agua combinaciones nítricas, o gran cantidad de iones cloruro en las aguas subterráneas de poca profundidad, cerca de las poblaciones, podemos hacer conclusiones sobre el grado de contaminación y contenido probable de microbios de enfermedades contagiosas en las aguas. Si el agua potable contiene más de 1,5 mg/l de flúor la población puede sufrir de caries. Al revés, la falta o un contenido bajo de yodo, provoca otras enfermedades de la población.

A menudo las aguas naturales contienen gran cantidad de sales de hierro que dificulta mucho la explotación de los acueductos y no permite someterlos al proceso de desferrización preliminar. Cuando las aguas contienen muchas sales de hierro, éstas se sedimentan y los tubos de los acueductos se cubren de bacterias ferruginosas.

Sólo cumpliendo las soluciones técnicas con respecto a la calidad de las aguas subterráneas que se usan en la industria, agricultura, medicina y para el abastecimiento de la población, podemos resolver muchos problemas.

CONCLUSIONES

La gran importancia para el desarrollo de la economía nacional de los problemas hidrogeológicos antes expuestos, la especialidad de su contenido y de los métodos de su solución, nos permite plantear la necesidad de aplicar una rama independiente de la ciencia hidrogeológica (como se ha hecho en muchos países) la llamada *hidrogeología agrícola*.

Los problemas a estudiar y las tareas principales son los siguientes:

— Investigación de las aguas subterráneas como un factor de la formación de los suelos, y como una fuente de regadío de los pastos;

— Creación del régimen de aguas subterráneas más favorable para la agricultura.