

INTRUSIÓN SALINA EN ACUÍFEROS DEL URABÁ ANTIOQUEÑO

Víctor MUÑOZ MORA*, **César RODRÍGUEZ CÁRDENAS***
Carlos VÁSQUEZ VILLEGAS**

RESUMEN

La región costera del Urabá antioqueño, desde Turbo hasta Chigorodó, está conformada por sedimentos aluvial-deltaicos del Cuaternario y por rocas sedimentarias del Terciario Superior. Las aguas subterráneas que se encuentran en esas rocas son alcalinas, de dureza media a alta, ferruginosas e incrustantes.

En las cercanías de Turbo se ha detectado una intrusión progresiva de la cuña de agua marina como consecuencia del sobrebombeo de los pozos. Allí, se aconseja no explotar los acuíferos someros.

ABSTRACT

The Urabá coastal region in the Department of Antioquia, Colombia is conformed by consolidated sedimentary rocks of tertiary age and alluvial-deltaic deposits of quaternary age.

Underground waters are of medium to high hardness and alkalines; they have elevated contents of iron and incrust the wells and piping.

A saline intrusion push forward into fresh water in environs of Turbo. The salt-water pollution is caused by overpumping, and it is not commendable to exploit the surficial aquifer in that site.

PROEMIO

La región costera del Urabá antioqueño, desde Turbo hacia el sur hasta Chigorodó, se ha convertido en un importante polo de desarrollo, gracias al cultivo del banano con destino a la exportación que se está desarrollando a gran escala desde la década de los años 60. Tal auge aumentó considerablemente los requerimientos de agua para uso doméstico, riego de las

* Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, A.A. 1027, Medellín.

** Geólogo independiente.

plantaciones y lavado de la fruta. Ante la escasez cada vez mayor de la disponibilidad de las aguas superficiales, en especial en épocas de sequía, se han perforado algo más de 200 pozos para aprovechar las aguas subterráneas.

La región bananera, objeto de la investigación Hidrogeoquímica, cuyos resultados sintetizados se presentan en este artículo, está localizada entre el Golfo de Urabá y las estribaciones de la Serranía de Abibe y entre las cabeceras municipales de Turbo y Chigorodó (Fig. 1). La ciudad de Apartadó en la parte central de la zona bananera, se ha convertido en el epicentro de la actividad económica que gira alrededor de la industria del banano.

El clima es cálido, con dos períodos estacionarios: uno lluvioso que empieza a mediados de marzo y se extiende hasta comienzos de diciembre y otro seco, de diciembre a marzo. La precipitación media anual es mayor en el sur, donde alcanza a llegar a los 3.600 mm.; hacia el norte disminuye progresivamente hasta 2.200 mm. en las inmediaciones de Turbo (Fig. 2).

La temperatura media es de 28°C, la humedad relativa se aproxima al 85% y la zona de vida corresponde al bosque húmedo tropical (Espinal, 1990).

HIDROGEOLOGÍA

Los terrenos de la zona Bananera de Urabá se encuentran conformados principalmente por materiales aluvial-deltaicos y aluviales del Cuaternario y en menor proporción por rocas sedimentarias del Terciario Superior.

Los depósitos de origen aluvial están conformados por gravas, arenas, limos y arcillas y en su parte superior cubiertos por materiales bastante limosos; la gran mayoría de estos corresponden a los acarreados por la corriente del Río León y por los diferentes tributarios que drenan la vertiente occidental de la Serranía de Abibe, entre los que sobresalen los Ríos Chigorodó, Carepa, Apartadó, Grande, Currulao y Guadualito.

La mayor parte de las corrientes antes descritas al entrar en la llanura aluvial de Urabá, formaron grandes abanicos de piedemonte entre los que sobresale el gran abanico de Apartadó.

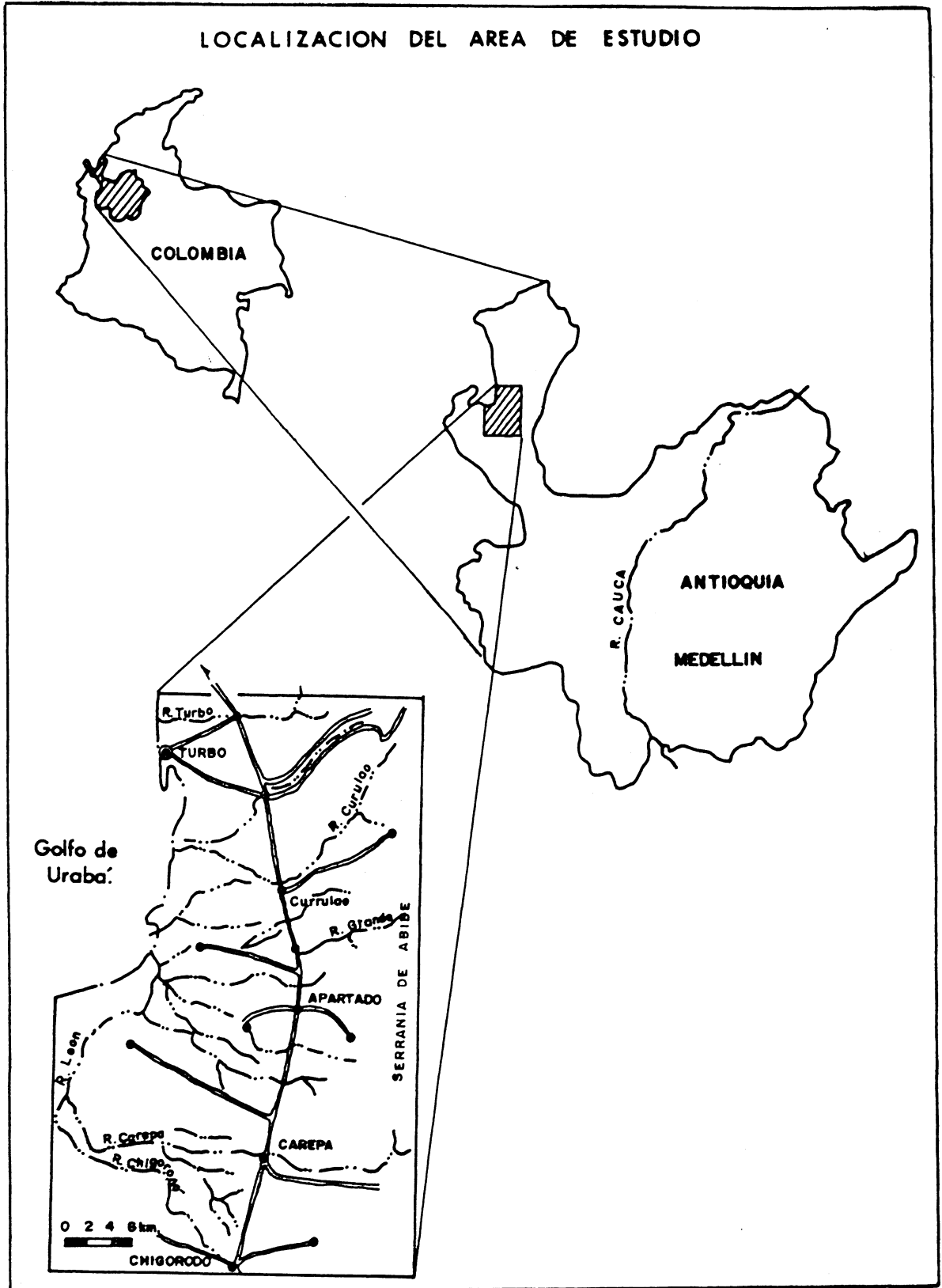


FIG.1. Localización del área de estudio.

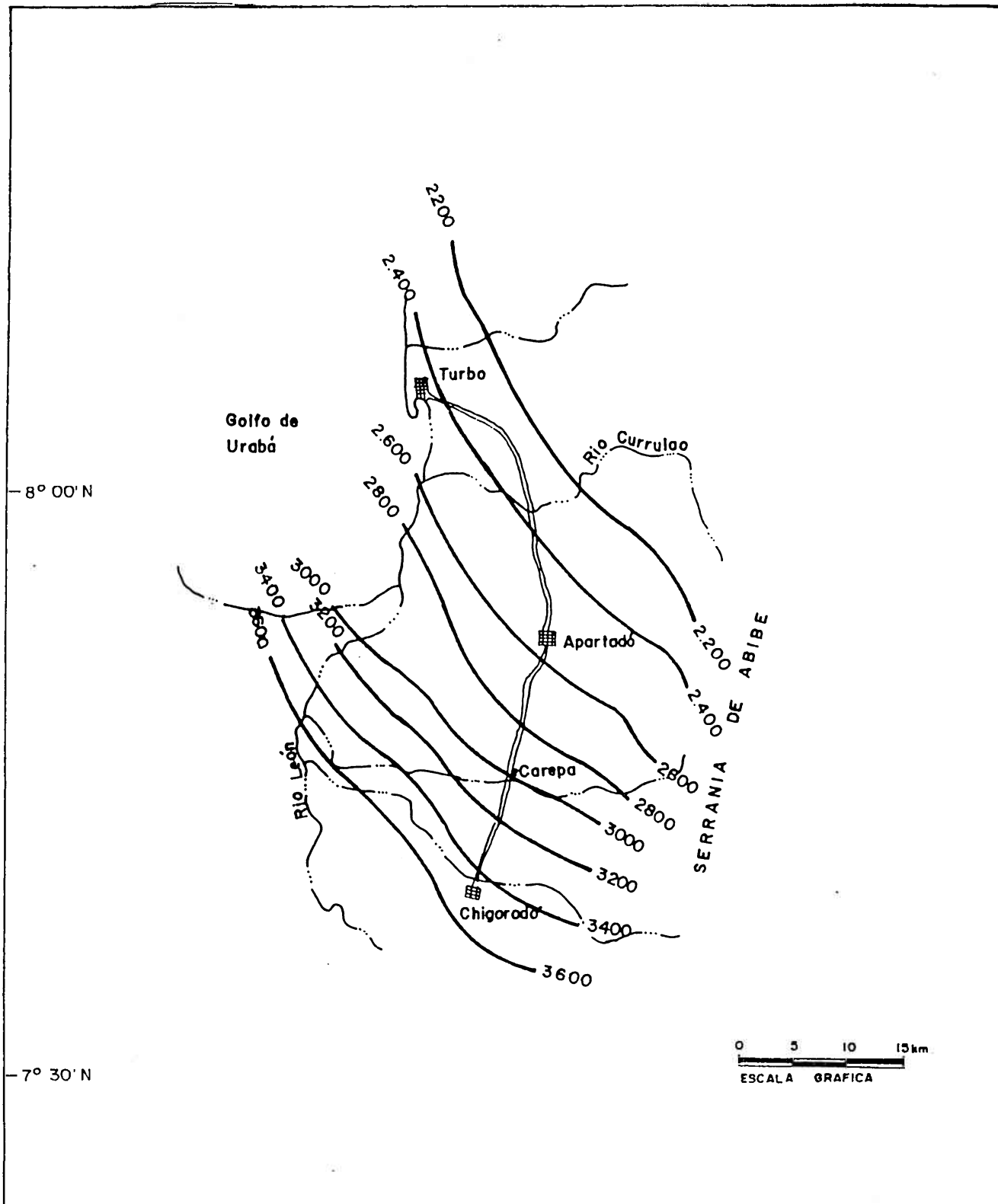


FIG.2. Isolinias de precipitación pluvial media anual (Fuente: Himat, 1978 y Corpurabá, 1984).

Cabe resaltar que la textura y disposición de los materiales de estos abanicos facilitan la transmisibilidad y almacenamiento del agua subterránea; dentro de la llanura el drenaje se acomoda a un modelo de corrientes consecuentes.

El espesor de los depósitos del cuaternario se desconoce por cuanto ninguna de las perforaciones hechas en la búsqueda de agua subterránea, ha logrado atravesar la totalidad de los depósitos.

Las rocas sedimentarias del Terciario afloran al oriente de la zona bananera, formando un relieve montañoso de colinas bajas y elongadas en dirección N20°-30°W.

La secuencia sedimentaria consta de areniscas, limolitas y conglomerados polimícticos. Estas rocas presentan bajo grado de intemperismo por desarrollo de suelos arcillosos y arenas arcillosas de color amarillo ocre a amarillo rojizo y localmente con tintes abigarrados.

Las rocas sedimentarias presentan una estratificación que varía de fina a gruesa. Esta última es notoria en las areniscas y los conglomerados; las actitudes de la estratificación varían de dirección N10°W a N35°W y los buzamientos dirigidos al occidente, entre 20° y 50°.

En la región se han definido cinco unidades geomorfológicas, así: Complejo Costanero de Urabá, Planicie Aluvial del Río León, Abanicos Aluviales del Piedemonte de Apartadó, Terrazas Bajas de Guadualito y Colinas Bajas de la Serranía de Abibe. Algunas de estas unidades fueron determinadas por Ruhe et al (1976). El Complejo Costanero de Urabá está conformado por depósitos lenticulares de origen transicional con intercalaciones de sedimentos litorales (Muñoz y Rodríguez, 1992).

Se ha obtenido agua subterránea de los acuíferos cuaternarios de la parte superior del relleno aluvial. Los mejores rendimientos hídricos se han obtenido hacia el sur de la zona bananera, en los abanicos aluviales de Chigorodó y Guapá con sus gruesas capas de gravas y arenas, que tienen buenas transmisibilidades y altos coeficientes de almacenamiento.

Por el contrario, al norte en las vecindades de Turbo, los acuíferos tienen mucho material fino, lo cual hace disminuir la eficiencia de los acuíferos. En esta última región la calidad del agua se afecta por las intrusiones salinas y la influencia de la sedimentación marina en antiguos manglares, caños, marismas y lagunas costeras. En estos sedimentos transicionales se han formado acumulaciones de turba que al

descomponerse emiten gases y ácidos orgánicos (Muñoz y Rodríguez, 1992).

Las rocas terciarias que conforman las colinas de la Serranía de Abibe, reciben recarga hídrica gracias a la permeabilidad de sus estratos de areniscas y conglomerados; el agua infiltrada fluye hacia el occidente.

Los conglomerados y areniscas del Terciario podrían constituir un acuífero artesiano, cuyo techo se hallaría probablemente a más de 300 metros de profundidad en el sector distal de los abanicos aluviales.

Desde 1963, año en el cual comenzó la actividad bananera, se han perforado más de dos centenares de pozos y un número aún no determinado de aljibes. Integral (1986), hizo el primer inventario de la región en la parte norte. Posteriormente Vásquez (1992) realizó una prolija actividad recopiladora y completó un inventario de 88 pozos y localizó 102; por consiguiente 14 de ellos carecen de información, aparte de su ubicación cartográfica. Los datos de dicho inventario debidamente tabulados, se encuentran en el trabajo dirigido de grado "Contribución al conocimiento de las aguas subterráneas en la zona bananera de Urabá" (Vásquez, 1992).

HIDROGEOQUÍMICA

La evaluación hidrogeoquímica se hizo mediante los análisis de las aguas de 32 pozos, 2 aljibes, 1 manantial y 1 caño. Algunos pozos tienen análisis de diferentes épocas. En total se tuvieron en cuenta 48 análisis realizados por siete laboratorios: Laboratorio Químico Analítico de Medellín, Laboratorio Químico Biológico SAR de Bogotá, Departamento de Investigación y Servicios Técnicos de la Cía Frutera de Sevilla de Apartadó, Centro de Investigaciones Ambientales CIA de la Universidad de Antioquia, Acuantioquia S.A. de Medellín, Centro de Investigación para el Desarrollo Integral CIDI de la Universidad Pontificia Bolivariana y Aguas Industriales Ltda.

La mayor parte de los resultados de los análisis fueron suministrados por C.I. BANACOL S.A., en tanto que los demás se obtuvieron con los propietarios de los pozos. Algunos de estos análisis son incompletos y determinan solo unos pocos parámetros. Aunque los análisis se realizaron en laboratorios diferentes y a través de varios años; lo cual no permite evaluar el sistema hidrogeoquímico en un momento determinado, si se pueden establecer sus tendencias generales.

Clasificación Química

La clasificación química se hizo registrando los resultados de las determinaciones de las cantidades en reacción (Rating Value) de sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruros, bicarbonatos y sulfatos en el diagrama triangular de Piper (Fig. 3). Para comparar y visualizar los resultados se elaboraron los diagramas poligonales de Stiff (Figs. 4 y 5).

Las aguas subterráneas de la región bananera en general contienen calcio y magnesio, que las caracterizan de semiduras a duras, varían de ligeramente alcalinas a alcalinas y tienen un contenido excesivo de hierro muy por encima de los límites tolerables (Tabla 1).

En algunos pozos cercanos a Turbo y al litoral, las aguas del acuífero freático presentan un alto contenido de cloruros (pozos: Medellín, Las Marías, Inderena, Casanova-1, Casanova-2 y La Venturosa). Estos pozos se han contaminado con agua salobre como consecuencia del sobrebombeo, que probablemente ha ocasionado la invasión progresiva de la cuña de agua marina. La aseveración anterior se sustenta con el caso del pozo Las Marías (125 de la nomenclatura establecida por Vásquez, 1992), cuyo contenido de cloruros en marzo 2 de 1988 fue de 45 ppm. y casi dos años después, en marzo 5 de 1990 alcanzó 1250 ppm y tuvo que abandonarse por este inusitado incremento. La mayoría de los pozos mencionados corrieron igual suerte por el mismo motivo; o sea, por el aumento de la salinidad o contenido de cloruros.

Por otra parte, en el Pozo Casanova-2, se registraron incrementos en la salinidad desde 1992 hasta principios de 1995; a partir de abril de 1995 se redujo el caudal de bombeo en un 50%; desde entonces se ha mantenido estable el contenido de cloruros.

Dureza

La dureza está representada por los contenidos de calcio y magnesio. En las aguas subterráneas que se encuentran en contacto con rocas sedimentarias de origen marino, el contenido de calcio se origina en la disolución de carbonatos y sulfatos de dicho elemento (calcita, dolomita, anhidrita y yeso entre otros). Su alta frecuencia en las aguas del subsuelo se debe a la abundancia en la corteza terrestre y a su movilidad en la hidrosfera.

DIAGRAMAS POLIGONALES DE STIFF

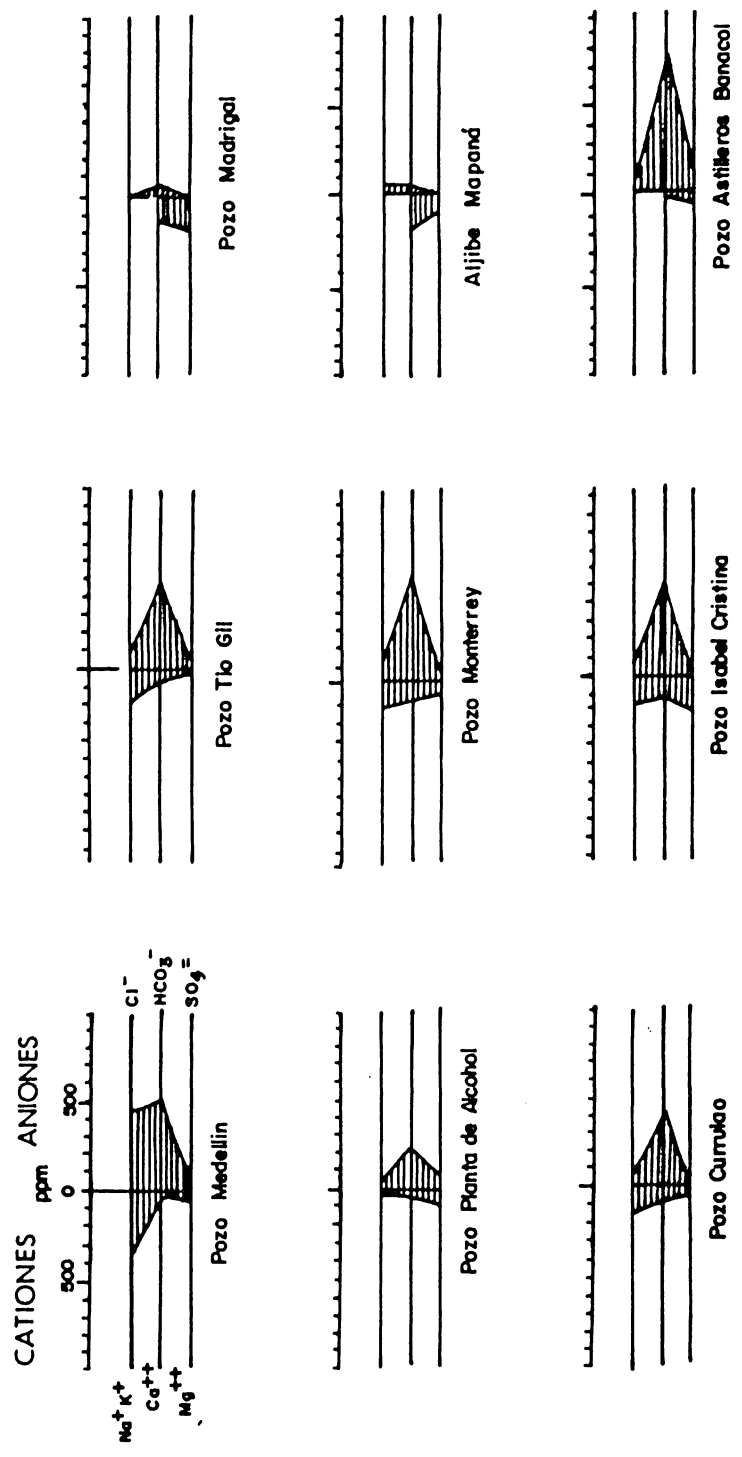


FIG.4. Diagramas poligonales de Stiff.

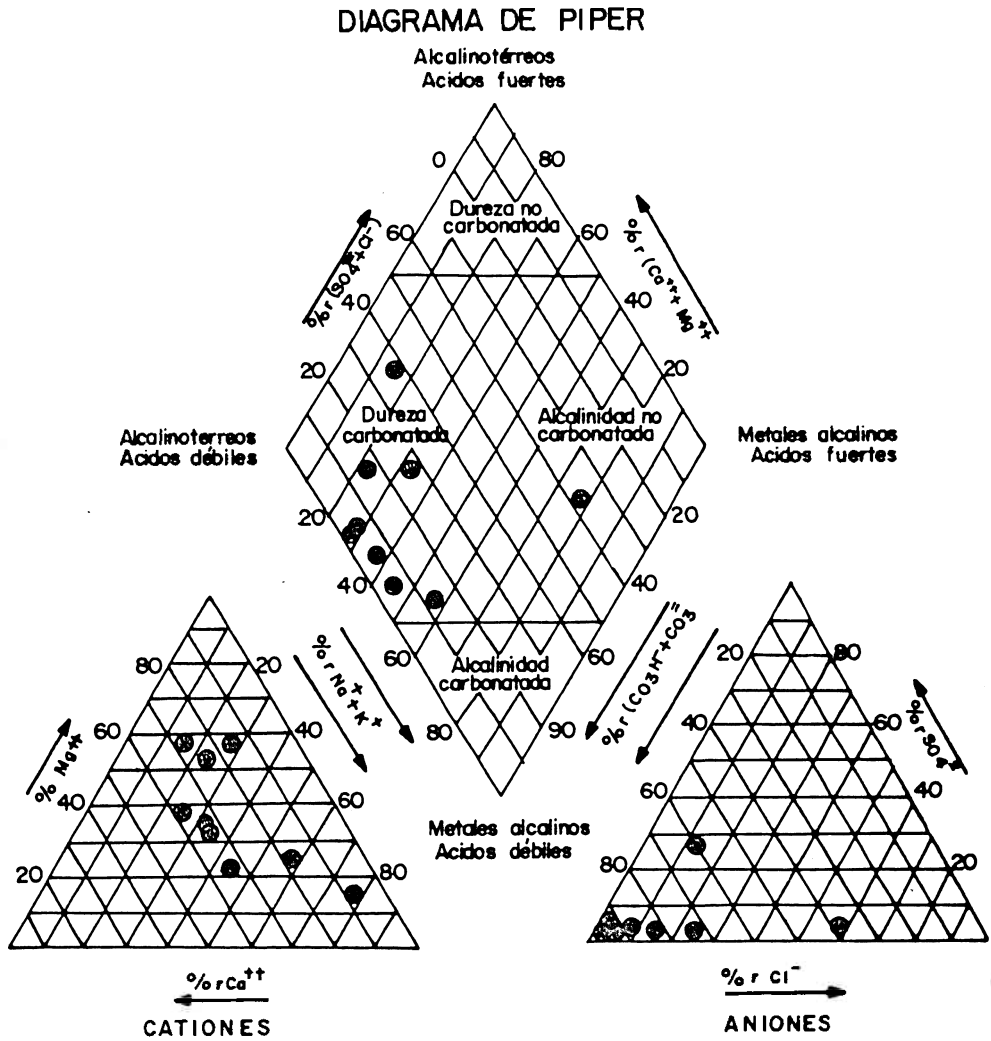


FIG.3. Diagrama de Piper.

DIAGRAMAS POLIGONALES DE STIFF

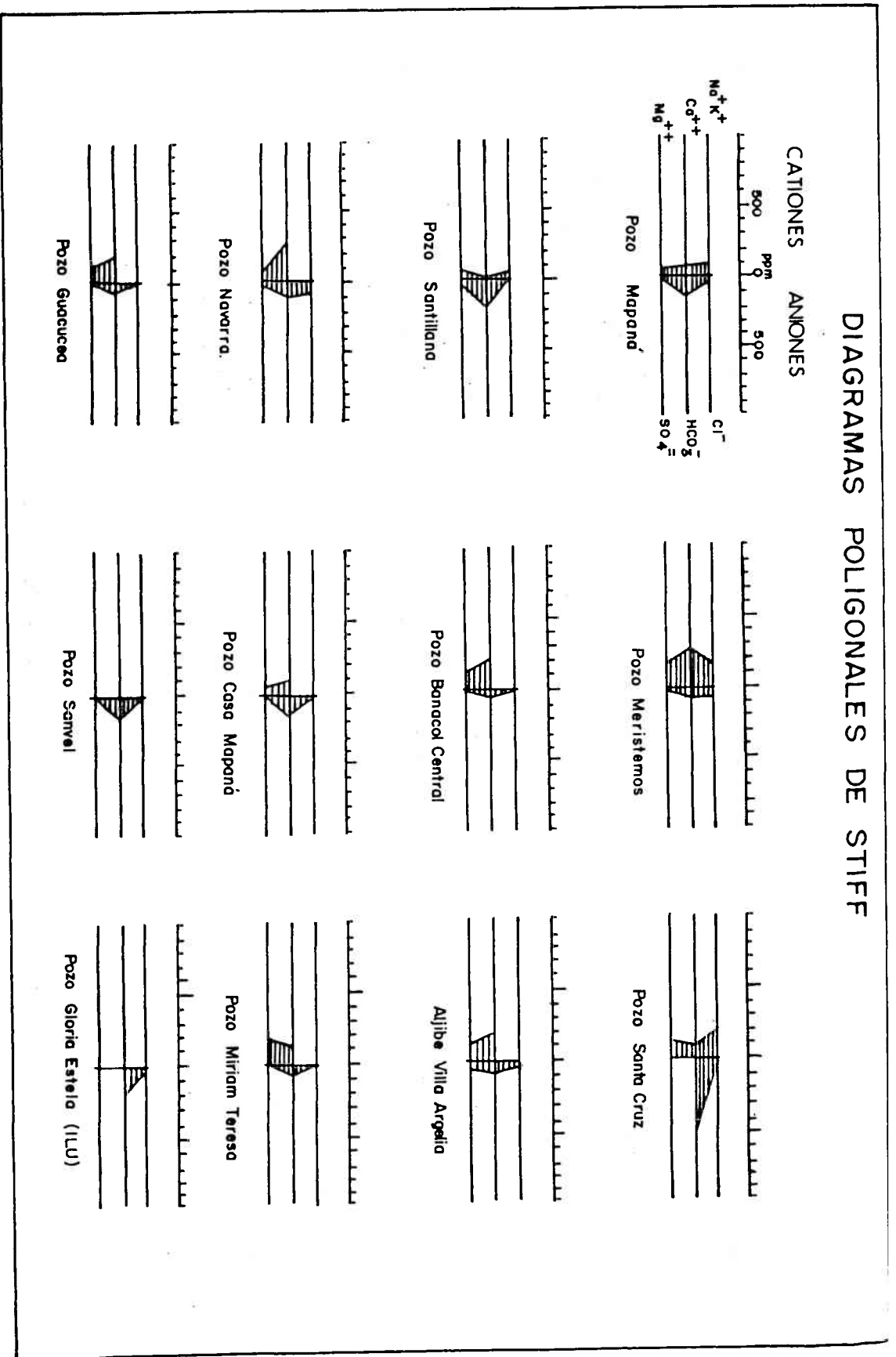


FIG.5. Diagramas poligonales de Stiff.

TABLA 1. Análisis químicos de algunos pozos del complejo costanero de Urabá

No. Pozo	NOMBRE POZO	Na ppm	K ppm	Dureza ppm	Fe ppm	Cloruros ppm	HCO ₃ ppm	SO ₄ ppm	pH
185	Luz Adriana			333	2.2	7.0	310		7.3
186	Bodegas			144	2.0	12.0	376	2.0	8.2
200	Santa Cruz	178	5.4	312	4.4	9.0	537		7.4
225	Carolyn			242	0.9	6.0	276		7.4
230	El Oso			234	0.8	52.0	94		6.7
239	SENA			256	2.0	6.0	500	0.0	
242	Maria del Rosario	30	3.0	115	0.1				6.5
246	Banacol			325	51.6	7.1	38	0.0	8.4
247	Aljibe Villa Argelia			275	4.0	12.8	34	0.0	8.2
248	Navarra			390	5.0	51.0	70	0.5	8.8
249	Meristemas	155		432	8.1	55.3	530	4.0	8.1
295	Santillana 1	45		64	29.0	8.0	150	0.0	6.4
320	Sanvel			40	4.8	11.3	150	1.5	8.1
326	Miriam Teresa			285	7.2	2.3	72	1.2	8.2
327	Guacucos			242	0.3	7.4	56	6.2	8.3
333	Batallón Voltigeros 3			96	5.7	8.0	104		7.6
360	Gloria Estela	8	1.3	33		21.3			6.8
380	Santillana 2			50	4.0	5.0	210		7.8
	Caño Mapana			183	2.4	39.7	150		8.3
125	Las Marías			372	1.9	1250.0	680	1.4	
VALOR MAXIMO ADMISIBLE:				300	0.3	250.0			9.2

NOTA: Entre 76 y 150 ppm de dureza son aguas semiduras.
Entre 151 y 300 ppm de dureza son aguas duras

La mayor concentración de CO_2 en el aire del suelo que en la atmósfera, hace que el agua del suelo pueda contener fácilmente más de 100 ppm. de Calcio. En la región investigada, las concentraciones de este elemento fluctúan entre 18 y 296 ppm., lo cual en la práctica no tiene mucha significación, ya que actualmente se acepta que los altos contenidos de calcio en las aguas son inocuos para la salud y no tienen un efecto fisiológico de significación sobre el hombre. Los valores superiores a 40 ppm. podrían presentar problemas si se usaran en calderas.

La concentración de magnesio probablemente proviene de la disolución de dolomita. Aunque la solubilidad del carbonato de magnesio también depende de la presencia de CO_2 , es mayor que la del carbonato de calcio, por lo que no precipita cerca a la superficie. No obstante, su concentración en las aguas naturales es menor que la del calcio, a excepción de las aguas de mar, que contienen cerca de 5 veces más magnesio que calcio debido a la asimilación preferente de calcio por plantas y animales marinos para formar sus partes duras.

Las concentraciones más frecuentes de magnesio en las aguas subterráneas varían entre 1 y 40 ppm. y las procedentes de rocas ricas en magnesio alcanzan valores de 100 ppm.. Concentraciones superiores son raras, a excepción del agua de mar y las salmueras.

El contenido del magnesio en las aguas subterráneas de Urabá, en general está por encima de 40 ppm. y por debajo de 100 ppm. Excepcionalmente se presentan valores superiores que alcanzan 162 ppm.. La concentración máxima permitida de magnesio es de 125 ppm., ya que puede tener cierto efecto laxante sobre el hombre.

Generalmente se considera que la dureza es el poder neutralizante de estos iones sobre el jabón, por tanto, no tiene un significado sanitario sino económico, ya que incide al aumentar el consumo de jabón y la incrustación de las aguas. Como ya se dijo anteriormente, las aguas subterráneas de Urabá fluctúan entre semiduras (dureza entre 76 y 150 ppm.) y duras (dureza entre 151 y 300 ppm.).

Hierro

La mayoría de los pozos de la zona producen aguas con altos contenidos de hierro, superiores al límite máximo permitido de 0,3 ppm. para el hierro y el manganeso. Esto no incide sobre la salud, pero le comunica color, turbidez y sabor al

agua por lo que ésta requiere tratamiento respecto de este componente.

La fuente del hierro se encuentra en la disolución por reducción de la magnetita contenida tanto en las rocas sedimentarias consolidadas como en las no consolidadas. En estas últimas, dichos iones son movilizados por la existencia de zonas con bajo potencial de óxido-reducción (Eh), a su vez debidas a acumulaciones de restos orgánicos en el subsuelo.

Tampoco puede descartarse localmente en algunos pozos, el aporte originado en la corrosión del entubado del pozo.

Cuando el Eh no es demasiado elevado, las aguas contienen el hierro en la forma iónica reducida soluble de Fe^{++} y cuando afloran a la superficie, en condiciones normales de pH, se oxida fácilmente a la forma férrica Fe^{+++} por la acción del oxígeno atmosférico, precipitándose.

Al oxidarse, el agua ferruginosa adquiere primero un color amarillo crema y posteriormente da lugar a la formación de precipitados. En Urabá este fenómeno se aplica favorablemente en las torres de aireación, para disminuir el contenido de hierro.

Cloruros: La Salinidad

Si bien son un componente menor en la corteza terrestre, es un constituyente importante en las aguas naturales. Las aguas subterráneas poco profundas de las regiones lluviosas contienen regularmente menos de 30 ppm.. El límite máximo recomendado para los cloruros es de 250 ppm..

En la región investigada, la inmensa mayoría de los pozos presentan valores inferiores, que varían entre 2,3 y 55,3 ppm., lo que hace adecuada el agua para cualquier uso. Excepcionalmente y solo al norte cerca a Turbo, los pozos cercanos al litoral presentan valores superiores, tal como se mencionó con anterioridad.

Bicarbonatos

El contenido de bicarbonatos y carbonatos también denominado alcalinidad, tiene como límite máximo 500 ppm..

Es decir, que en la zona de estudio solo un 20% de las aguas analizadas superan estos valores. Los contenidos fluctúan

entre 24 y 724 ppm., presentándose los valores más altos al norte de Apartadó.

Clasificación para Riego

La clasificación de aguas para riego se hace teniendo en cuenta el peligro de salinidad y la relación de absorción de sodio RAS. Según el diagrama de Richards (Fig. 6), las aguas subterráneas de la zona bananera, se ubican dentro de los grupos $C_2 S_1$, $C_3 S_1$ y $C_4 S_2$ que representan un peligro de salinización de mediano a muy alto. Sin embargo, debido a la cantidad e intensidad de las lluvias que caen sobre la región, este riesgo virtualmente se elimina en los suelos regados con aguas procedentes de los pozos de los dos primeros grupos. Los pozos que están en el grupo $C_4 S_2$, corresponden al área litoral cercana a Turbo y el uso de sus aguas para el riego de cultivos no es aconsejable.

CONTAMINACIÓN BACTERIAL

La inmensa mayoría de los pozos presenta contaminación bacteriológica por coliformes (varia de 2600 a más de 100.000 colonias por mililitro), debido a su construcción deficiente que permite la infestación de los microorganismos desde la superficie. Lo anterior indica que el agua no es potable.

El alto contenido de hierro provoca además una contaminación bacterial que produce incrustaciones en los conductos de distribución del agua por la denominada "lama bacterial de hierro".

Las acumulaciones de óxidos de hierro tanto en pozos como en tuberías de conducción, han ocasionado problemas, ya que favorecen la procreación de bacterias ferruginosas (Integral, 1986) de los géneros *Crenothrix*, *Gallionella* y posiblemente *Sphaerotilus*, *Leptothrix* y *Toxothrix*, estas bacterias le imparten a las aguas colores y sabores repulsivos, y producen la lama bacterial que produce incrustaciones en los pozos y en los conductos de distribución del agua.

Para remediar esta situación, se hace necesario efectuar una acción bactericida, por lo que usualmente se aplica cloro. Al clorarse las aguas que llevan iones ferrosos, ocurre su inmediata oxidación a la forma férrica; y solo hasta que se completa íntegramente esta reacción, puede el cloro disolverse en el agua, formar ácido hipocloroso e iniciar su acción bactericida. Según la reacción anterior, cada ppm. de Fe^{++} necesita para su oxidación 1,9 ppm. de Cl y por lo tanto

DIAGRAMA DE RICHARDS

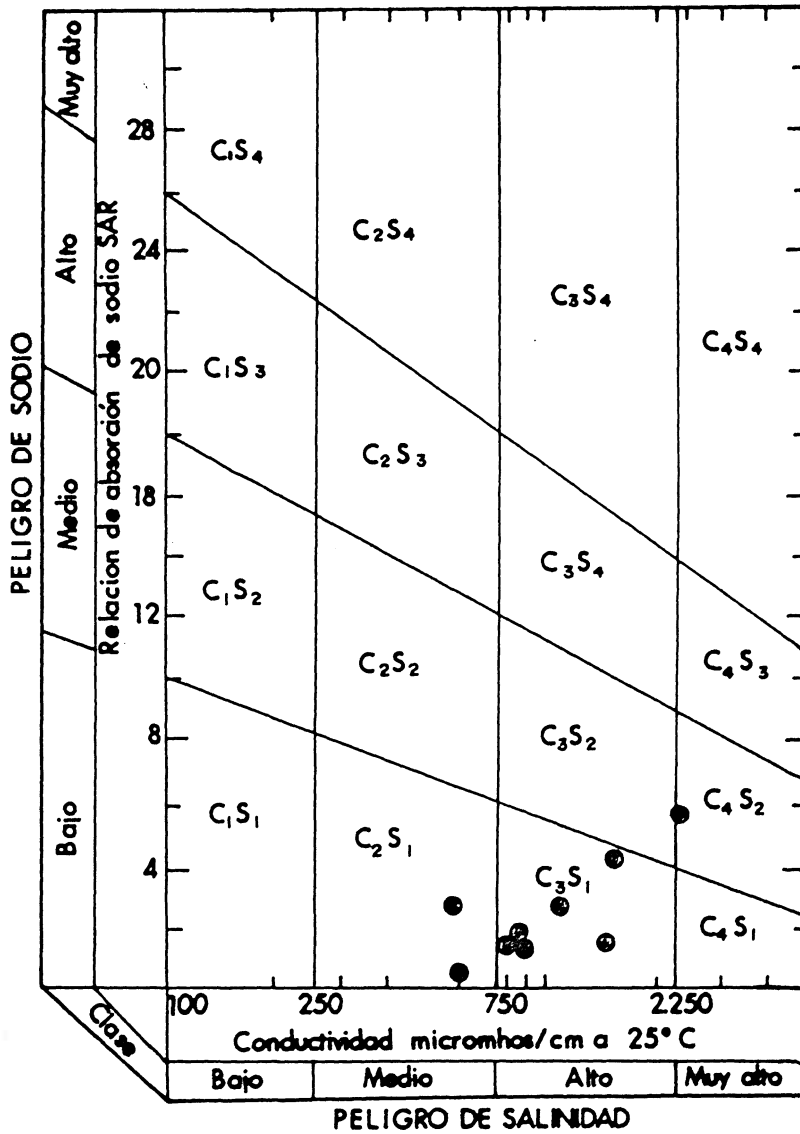


FIG.6. Diagrama para la clasificación de aguas para riego (U.S. Salinity Lab. 1954, p.80)

muchas veces no se llega a clorar el agua. En Urabá en la mayoría de los casos, no se alcanza la acción bactericida que se pretende efectuar con la aplicación de cloro.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La explotación de los acuíferos superficiales en la parte norte de la zona bananera de Urabá, no es aconsejable. Actualmente se están creando problemas de salinidad en la calidad de las aguas subterráneas, debido a su extracción irracional en algunos pozos mal diseñados, lo cual trae como consecuencia la invasión progresiva de la cuña de agua marina.

- Las aguas que se explotan tienen un alto contenido de hierro; por esta razón deben ser tratados por aireación y clorinación para evitar obstrucciones en los sistemas de riego por goteo y en los de distribución de agua para consumo doméstico y lavado de banano.

- Las aguas por su dureza cálcico-magnésica son incrustantes.

- Cada vez que se perfore un nuevo pozo debe hacerse una prueba de bombeo, ojalá con pozos de observación, para determinar los caudales de explotación más recomendables, con el fin de evitar la contaminación salina, la interferencia entre pozos y el agotamiento de los acuíferos.

- Debido a la contaminación microbiológica de las aguas, se requiere tratamiento químico y bactericida para hacerlas potables.

- Para evitar el deterioro de las aguas subterráneas, es necesario que se haga cumplir la legislación existente por parte del Ministerio del Medio Ambiente o la entidad que ésta delegue para tal fin.

BIBLIOGRAFÍA

CORPOURABÁ, 1984. Plan de Desarrollo de Urabá. Corpourabá, Medellín: 385 p.

CUBILLOS, A. 1975. Calidad del agua y control de la polución. CIDIAT, Mérida, Venezuela: 75 p.

ESPINAL, S., 1990. Zonas de vida de Colombia. Universidad Nacional, Medellín: 121 p.

- HIMAT, 1978. Proyecto Urabá. Himat, Bogotá: 278 p..
- INTEGRAL S.A. 1986. Evaluación de acuíferos de la zona bananera de Urabá, finca Monterrey, etapa I, inédito, Medellín: 38 p..
- MUÑOZ, V. Y RODRÍGUEZ, C. 1992. Identificación de Acuíferos en el Norte de la Zona Bananera de Urabá. Boletín Ciencias de la Tierra (11): 15-34 p.
- RUHE, R.U., VREEKEN, W. Y HERRERA, V. 1976. Soil Geomorphology Reconnaissance. Proyecto Darién Colombia, OEA: 149 p..
- VÁSQUEZ, C.J. 1992. Contribución al conocimiento de las aguas subterráneas en la zona bananera de Urabá. Trabajo dirigido de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Medellín, 115 p. il, anexos.

