

REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
INSTITUTO GEOLOGICO NACIONAL

**APROVECHAMIENTO DEL DEPOSITO DE AGUA SUBTERRANEA DULCE  
EN LA ISLA DE SAN ANDRES**

INFORME No. 1167

POR:

**WOLFGANG DIEZEMANN**  
HIDROGEOLOGO JEFE

**CARLOS I. DELGADO**  
HIDROQUIMICO

BOGOTA, MAYO DE 1956



## APROVECHAMIENTO DEL DEPOSITO DE AGUA SUBTERRANEA DULCE EN LA ISLA DE SAN ANDRES

### INTRODUCCIÓN

La isla de San Andrés, por mucho tiempo aislada y prácticamente desconectada de Colombia, ha iniciado en los dos últimos años y por voluntad del Gobierno Nacional una era de progreso sistemático, encauzado principalmente a aprovechar con fines turísticos su privilegiada situación geográfica, la belleza de su paisaje y sus riquezas naturales, todo lo cual redundará necesariamente en beneficio de los naturales de la isla. Para ello cuenta actualmente con un moderno aeropuerto capaz para toda clase de máquinas pesadas; se han construido una serie de casas para turistas, además del proyecto de uno o dos hoteles confortables para los mismos fines. Para aprovechar las grandes plantaciones de coco que hay en la isla se montó una moderna fábrica de grasas, la cual pronto iniciará labores de producción.

Lógicamente, tales adelantos materiales y las buenas perspectivas para el porvenir de la isla implican nuevas obligaciones y necesidades, conforme a las exigencias de la vida moderna, tales como servicios higiénicos, alcantarillado, acueducto, etc. Hasta hoy día los habitantes de San Andrés y de toda la isla se abastecen de agua en forma precaria, por distintos métodos: agua lluvia captada en cisternas, agua subterránea de aljibes, pequeños manantiales y cavernas de karst. Es urgente, por lo tanto, la construcción de un acueducto moderno que satisfaga plenamente las necesidades de higiene y domésticas de sus moradores.

Por las anteriores razones el señor Ministro de Fomento y el Instituto Nacional de Fomento Municipal solicitaron al Ministerio de Minas y Petróleos un estudio sobre el posible aprovechamiento del depósito de agua dulce en la isla para un acueducto de esta clase. Por Resolución emanada del Ministerio de Minas y Petróleos, los suscritos viajaron el día 14 de abril del año en curso a San Andrés, con el fin de estudiar dicho problema. El doctor Raúl Mesa, Ingeniero del Instituto de Fomento Municipal, fue parte integrante de la comisión de estudios.

#### *Datos geográficos.*

La isla de San Andrés pertenece al archipiélago denominado de San Andrés y Providencia; se eleva sobre el nivel del mar Caribe al WNW de Cartagena, a una distancia aproximada de esta ciudad de 684 kilómetros y más o menos a 200 kilómetros de la costa oriental de Nicaragua. La isla

se extiende en dirección general N-S, con una longitud de 13 kilómetros; su anchura máxima en la parte central es de 3 kilómetros, la cual en dirección norte disminuye hasta 1.6 kilómetros, para aumentarse en su extremo hasta 2.4 kilómetros; en cambio, en dirección Sur, disminuye paulatinamente a 1.4 kilómetros, hasta estrecharse considerablemente en su punta meridional.

En el interior de la isla se extiende una serranía desde la Barranca del Norte, situada al norte del aeropuerto de San Andrés, hasta una distancia de 3 kilómetros de la Punta Sur. Se distinguen dos elevaciones, una en la parte central denominada Alto Los May, y otra, el Wright Hill, con altitudes de 79 y 100 metros, respectivamente. (Según el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" estos datos geográficos son aproximados). Un ramal parte de la serranía principal, desde el punto El Tamarindo, y se desvía en dirección SW hacia la rada El Cove; terrenos bajos rodean este interior elevado de la isla. Varios arroyos que llegan de la serranía y que se dirigen hacia el Oriente, Sur y Occidente, conducen agua únicamente en tiempos de lluvia.

Todo el lado occidental de la isla está rodeado del mar abierto, y la profundidad del mismo aumenta rápidamente aguas adentro; no se encuentran playas suaves, y la costa se compone de calizas coralíferas, formando acantilados suaves o abruptos. Por efectos de abrasión y corrosión del agua de mar se labraron en la caliza formas de karst, y debido al oleaje se ha originado todo un sistema de cavernas de karst que se prolongan muchas veces tierra adentro. En cambio, el lado oriental de la isla está protegido por un arrecife constanero de coralinas que se extiende en toda su longitud y está separado de la costa por una laguna de agua de mar; en esta laguna se encuentran algunos cayos como los de Córdoba (Hanney), Rose Cay, Santander (Colton Cay), Sucre (Johnney Cay) y Blowing Rocks. Esta laguna tiene una profundidad hasta de 5 metros. Solamente algunas hondonadas al SE de San Luis y al SE de la parte norte de la isla alcanzan mayores profundidades no superiores a 40 metros.

La vegetación característica de San Andrés es el monocultivo de palmas de coco, cuyo número se calcula en 500.000. Se pueden observar pequeños y muy aislados cultivos de plátano, yuca, ñame, aguacate, papaya, naranjas y mangos, los cuales no alcanzan para abastecer la población isleña. Estos cultivos se encuentran en las partes bajas y altas de la isla.

Muy pocos son los pastos que se encuentran en esta región; por lo tanto la ganadería es muy reducida y lo mismo la avicultura; hay mayor número de cerdos, los cuales se alimentan fácilmente del coco.

La ocupación principal de los isleños es el cultivo y cosecha del coco, y en escala menor, la pesca, y en la artesanía existen también mecánicos y carpinteros. La parte comercial está representada por varias casas importadoras y pequeños almacenes. El comercio tendrá, sin duda, gran desarrollo una vez se establezca definitivamente el puerto libre.

Las vías de comunicación son transitables y bien conservadas en toda la zona urbanizada, por medio de vehículos de toda clase; una carretera atraviesa la isla desde la Punta Norte, a lo largo de la costa oriental, hasta la Punta Sur; los últimos dos kilómetros son difíciles para el tránsito de automotores. Otra carretera conecta las poblaciones de San Andrés

y San Luis, pasando por La Loma; en el sitio El Tamarindo desvía un ramal que conduce a la fábrica de grasas en la orilla de la rada El Cove. Se proyecta para el futuro una carretera de circunvalación. Cuenta San Andrés, para su conexión con el continente, con un servicio regular de aviones de carga y pasajeros.

*Clima.*

Datos meteorológicos, facilitados por el Ministerio de Agricultura, se encuentran de los años 1934 y 1940. Datos parciales tenemos de los años 1936 y 1941. Las tablas de las páginas siguientes suministran, al menos, una idea de la situación climatológica de la isla de San Andrés.

1 9 3 4	L L U V I A S		P S I C R O M E T R O		T E M P E R A T U R A S				
M E S E S	Días	Total mm.	Humedad relativa media %	Tensión del vapor media mm.	Máxima extrema	Mínima extrema	Máxima media	Mínima media	Media mensual
Enero .....	19	100.5	77	18.8	29.0	20.0	28.3	22.9	25.6
Febrero .....	14	46.0	78	19.1	31.5	20.5	29.4	22.6	26.0
Marzo .....	7	8.0	80	19.9	32.0	21.0	30.2	24.2	27.2
Abril .....	3	13.0	77	20.3	34.0	22.0	32.0	24.8	28.4
Mayo .....	5	12.4	77	21.1	35.0	23.0	32.5	25.1	28.8
Junio .....	12	139.0	79	21.5	33.0	21.0	30.8	24.8	27.8
Julio .....	20	190.0	81	21.7	32.5	20.5	30.4	24.2	27.3
Agosto .....	13	36.0	80	21.8	35.0	23.0	31.0	25.0	28.0
Septiembre .....	18	299.5	81	21.6	34.0	22.0	31.1	24.1	27.6
Octubre .....	18	364.5	79	21.0	35.0	21.5	30.4	23.4	26.9
Noviembre .....	19	250.0	79	20.3	33.0	19.0	29.2	23.0	26.1
Diciembre .....	19	222.2	80	20.2	31.0	21.0	28.2	23.2	25.7
En el año .....	167	1681.6	79	20.6	35.0	19.0			27.1

1 9 3 6	V I E N T O S		L L U V I A S			P S I C R O M E T R O		T E M P E R A T U R A S								
M E S E S	Dominante	Fuerza máxima m/s.	Días	Total mm.	Máxima mm.	Día	Humedad relativa media %	Tensión del vapor media mm.	Máxima extrema	Día	Mínima extrema	Día	Oscilación	Máxima media	Mínima media	Media mensual
Enero .....																
Febrero .....																
Marzo .....																
Abril .....	E	Vs.8	7	317.2	145.0	21	73	23.8	34.0	17	20.0	Vs	14.0	31.4	20.2	25.8
Mayo .....	NE	Vs.8	8	86.9	27.0	30	76	22.1	36.0	28	20.0	Vs	16.0	32.5	20.9	26.7
Junio .....	SE	SW.8	2	25.0	13.0	14	77	23.4	35.0	Vs	21.0	Vs	14.0	33.4	21.6	27.5
Julio .....	N	Vs.8	6	107.5	29.0	31	80	23.7	34.0	Vs	18.0	31	16.0	33.0	21.0	27.0
Agosto .....	SE	Vs.4	3	35.0	21.0	7	78	23.4	34.0	Vs	20.0	Vs	14.0	32.9	21.3	27.1
Septiembre .....	NE	Vs.4	4	25.0	10.0	20	78	23.5	34.0	Vs	20.0	14	14.0	32.9	20.9	26.9
Octubre .....	NE	S.8	10	140.8	37.0	27	83	23.5	34.0	Vs	18.0	27	16.0	32.4	20.4	26.4
Noviembre .....	N	NE.10	13	147.4	31.3	21	85	23.6	34.0	Vs	14.0	18	20.0	32.1	19.1	26.0
Diciembre .....	N	N.10	8	61.9	24.2	17	84	23.3	34.0	Vs	17.0	Vs	17.0	32.4	19.8	26.1
En el año .....	NE	N.10	61	946.7	145.0	21	79	23.0	36.0	28	14.0	18	22.0			26.6

1 9 4 0	VIENTOS		L L U V I A S			PSICROMETRO		T E M P E R A T U R A S							
M E S E S	Domi- nante	Días	Total mm.	Máxima mm.	Día	Humedad relativa media %	Tensión del vapor media mm.	Máxima extrema	Día	Mínima extrema	Día	Oscilación	Máxima media	Mínima media	Media mensual
Enero . . . . .	N NE	6	93.7	30.0	27	78	20.4	29.0	Vs	23.0	Vs	6.0	27.7	23.7	25.7
Febrero . . . . .	N	4	64.0	30.4	3	78	19.2	29.0	Vs	23.0	Vs	6.0	27.4	23.6	25.5
Marzo . . . . .	NE	1	10.2	10.2	2	75	20.4	32.0	Vs	23.0	Vs	9.0	28.6	24.0	26.3
Abril . . . . .	NE	—	0.0	0.0	—	75	20.8	31.0	Vs	23.0	Vs	6.0	28.7	23.9	26.7
Mayo . . . . .	NE	2	19.2	12.4	28	75	21.4	35.0	16	23.0	20	12.0	29.3	24.1	26.5
Junio . . . . .	NE	4	160.2	54.6	24	77	21.3	31.0	23	23.0	Vs	8.0	29.0	24.0	26.8
Julio . . . . .	NE	7	178.4	58.2	28	78	22.3	31.0	7	23.0	Vs	8.0	29.4	24.2	26.0
Agosto . . . . .	NE	8	163.1	32.6	20	77	21.4	30.0	Vs	23.0	Vs	7.0	28.3	23.7	26.7
Septiembre . . . . .	NE	9	313.4	78.6	20	76	20.9	32.0	Vs	22.0	Vs	10.0	29.5	23.9	26.1
Octubre . . . . .	NE	8	371.2	92.0	20	77	20.8	32.0	Vs	22.0	Vs	10.0	28.3	23.9	26.1
Noviembre . . . . .	NE	6	146.0	30.4	23	76	20.7	32.0	28	22.0	21	10.0	28.3	23.9	26.4
Diciembre . . . . .	NE	5	225.0	72.4	13	77	21.1	32.0	3	22.0	13	10.0	28.8	24.0	26.7
En el año . . . . .	NE	60	1744.4	92.0	20	77	20.9	35.0	16	22.0	Vs	13.0	28.6	23.9	26.3

1 9 4 1	VIENTOS			L L U V I A S			PSICROMETRO		T E M P E R A T U R A S							
M E S E S	Domi- nante	Fuerza máxima m/s.	Días	Total mm.	Máxima mm.	Día	Humedad relativa media %	Tensión del vapor media mm.	Máxima extrema	Día	Mínima extrema	Día	Oscilación	Máxima media	Mínima media	Media mensual
Enero . . . . .	SE	Vs.10	3	99.6	60.2	20	76	20.9	30.0	Vs	22.0	21	8.0	28.5	24.1	26.3
Febrero . . . . .	SE	NE.10	1	6.0	6.0	2	76	20.8	29.0	Vs	24.0	Vs	5.0	28.6	24.2	26.4
Marzo . . . . .	NE	Vs. 8	—	0.0	0.0	—	76	20.9	31.0	Vs	24.0	Vs	7.0	29.0	24.6	26.8
Abril . . . . .	NE	Vs.10	2	10.0	10.0	18	75	21.0	30.0	Vs	23.0	17	7.0	29.1	24.9	27.0
Mayo . . . . .							No hay datos									
Junio . . . . .							" "	" "								
Julio . . . . .							" "	" "								
Agosto . . . . .							" "	" "								
Septiembre . . . . .							" "	" "								
Octubre . . . . .							" "	" "								
Noviembre . . . . .							" "	" "								
Diciembre . . . . .							" "	" "								
En el año . . . . .							" "	" "								

Los meses de enero, febrero, marzo y abril son, en general, secos, y los de septiembre, octubre, noviembre y diciembre representan el período del año de fuertes lluvias. Los meses de mayo, junio, julio y agosto son de precipitación mediana y variable. Es notable que en el tiempo de sequía siempre hay algo de lluvia, y raras veces queda un mes sin precipitación absoluta. Según los pocos datos existentes, podemos contar con una precipitación media anual de 1.500 mm. La temperatura media anual es de 26,7° C.

### *El problema del acueducto.*

Según un informe rendido al señor Jefe Seccional del S. I. C., doctor Ernesto Restrepo Osorio, quien gentilmente nos suministró el dato del número de habitantes, la isla de San Andrés cuenta actualmente con 5.572 habitantes, incluyendo en ellos los naturales de la isla, del interior del país y extranjeros. Este número se distribuye sobre las poblaciones de San Andrés y San Luis, sobre las casas situadas a lo largo de la carretera de la costa oriental y de las dos carreteras sobre las lomas. Hay, por lo tanto, núcleos de mayor densidad de población y otros muy dispersos en toda el área de la isla. Todos estos centros urbanos y rurales solucionan, en parte, el problema del agua, como ya se ha dicho, por medio de agua lluvia almacenada en cisternas y de pequeños aljibes y manantiales de karst o de talud detrítico. Estas captaciones de agua lluvia y de agua subterránea dejan mucho que desear tanto en su construcción, como en sus condiciones higiénicas, pues no se someten previamente a tratamiento alguno de desinfección, con detrimento de la salud de los consumidores. Por lo tanto, el agua potable es escasa, o se limita a casos muy aislados.

Un acueducto moderno en la isla de San Andrés debe proyectarse bajo la base de las circunstancias y condiciones reinantes y las limitaciones que ofrezca la disponibilidad del agua dulce en la región. Hoy en día los 5.572 habitantes de la isla, creemos sin temor a equivocación, no consumen más de 10 a 20 litros diarios por persona, se entiende para usos domésticos y parcialmente para el aseo corporal. Planteado así el problema, podemos partir, para el proyecto del acueducto, de la base de 120 litros por persona y por día, de agua potable. Los 5.572 habitantes actuales consumirían 669 metros cúbicos por día, lo que equivale a *8 (7.73) litros por segundo*. Pueden incluirse en esta cantidad los 20 metros cúbicos que la fábrica de grasas necesitaría, trabajando en dos o tres jornadas continuas. Pero debido al porvenir turístico de la isla, necesariamente debemos contemplar un aumento de población, tanto en las personas que se radiquen en ella, como en la afluencia de turistas. Para ese futuro partimos de la base de 10.000 habitantes, de los cuales 8.000 residentes o naturales de la isla y 2.000 turistas. Estas 10.000 personas consumirían 1.100 metros cúbicos por día, o sean *13 (12.72) litros por segundo*. Para lograr esta cantidad calculamos para los 8.000 habitantes de la isla un consumo diario de 100 litros por persona, y para los 2.000 turistas, los cuales se supone vivirán en hoteles con todos los servicios modernos, 150 litros por persona. Sería un error de apreciación normalizar el gasto de agua y exigir, en todos los casos categóricamente, un abasto de 200 litros por persona-día. Las cantidades que hemos tomado como base para San Andrés son más que justificables y suficientes para el normal suministro de agua de la población.

### *Hidrogeología.*

El doctor Enrique Hubach, Director del Instituto Geológico Nacional, en su Informe número 1121, *Aspectos geográficos y geológicos y recursos de las islas de San Andrés*, sugiere la posibilidad de abastecer la población de la isla con agua subterránea y propone construir captaciones

correspondientes al pie de la serranía. Para tal efecto, indicó la necesidad de un estudio a fondo del problema, por intermedio de la Sección de Hidrogeología del mismo Instituto. El presente informe contempla los aspectos hidrogeológicos, químicos y técnicos del asunto en cuestión.

El subsuelo de la isla de San Andrés está formado exclusivamente de estratos sedimentarios y calcáreos de edad neoterciaria, hasta reciente. El cordón interior se compone de capas miocenas, según fósiles recolectados por A. Sarmiento Alarcón, J. Sandoval y E. Hubach, y estudiados por Royo Bürgl.

En los terrenos planos, al Occidente de la isla, yacen estratos más jóvenes, discordantemente sobre el Mioceno; el terreno es escasamente ondulado y es probable que afloren algunos estratos miocenos. Dos muestras fosilíferas tomadas por la comisión fueron analizadas por el paleontólogo-Jefe doctor H. Buergl. (Véase anexo número 2).

También, en el lado oriental de la isla, se presentan estratos más jóvenes que yacen discordantemente sobre el Mioceno, los cuales, a veces, están cubiertos por arenas de poco espesor a lo largo de la costa, y por pantanos.

Digna de mención es la faja de material de ladera que se extiende desde el Suroeste de San Andrés hasta la altura de San Luis y el cono de deyección de la quebrada El Cove, al noreste de la fábrica de grasas.

La dureza y permeabilidad de la caliza miocena varía mucho; en unas partes la roca es muy blanda y porosa y en otras es absolutamente impermeable y tan dura como el vidrio. Esta variabilidad es más acentuada en las capas más jóvenes. El proceso de transformación de calizas coralíferas blandas y muy permeables, las cuales en pocas distancias se convierten en rocas fosilíferas muy duras, se debe a que las colonias de corales que viven en mares poco profundos, principalmente entre 4 y 10 metros y excepcionalmente hasta 30 y 60 metros, son invadidas, unas veces más y otras menos, por conchas, gasterópodos, erizos, cangrejos, foraminíferos y otros crustáceos y moluscos; las arenas y fango pueden cubrir estos corales, lo cual significa la muerte de ellos y las valvas se acumulan así, formando estos depósitos fosilíferos. Esta heterogeneidad de los sedimentos y organismos influye en la porosidad y dureza de los estratos formados por ellos.

El suelo de la isla es bastante permeable, debido, en parte, a la porosidad misma de las rocas, pero en mayor grado al fenómeno de karst. El agua lluvia eroda la superficie por acción química y mecánica, y forma cuevas irregulares, cóncavas o convexas, lo cual se observa muy bien a lo largo de toda la costa; por el proceso de disolución química, la caliza entra en solución en el agua formando grietas y cavernas. Estos sistemas de karst pueden ser muy extensos y alcanzar grandes profundidades y aun atravesar los estratos miocenos y los más jóvenes. Debido a este fenómeno, estratos discordantes pueden considerarse hidrológicamente como un solo conjunto.

También el agua de mar produce fenómenos de erosión semejantes. Un ejemplo típico en la isla es el denominado Hoyo Soplador (Blowing Hole) en la Punta Sur, donde el oleaje practicó un canal tierra adentro, el cual se prolonga en un túnel corto y se conecta con la superficie por medio de una dolina. Cada vez que el oleaje penetra con presión al canal, el aire que se encuentra en el túnel es soplado con fuerza y sale por la

dolina produciendo un ruido característico. Frecuentemente los sistemas de karst, producidos por el agua dulce, se unen con el producido por el agua de mar, especialmente donde la costa limita con el mar abierto, debido a la fuerza impulsiva de las olas, que no han encontrado a su paso y antes de llegar a la costa, un obstáculo que las amortigüe, y, por lo tanto, su poder de penetración es muy grande. Como ejemplo de unificación de los dos sistemas de karst podemos mencionar las cavernas SA-5, SA-6, SA-9 y SA-13. (Ver mapa adjunto).

La porosidad de las zonas de rocas calcáreas, tales como esta de San Andrés, no es comparable con la de material suelto, como en arenas y cascajos, donde los intersticios o poros se encuentran entre granos más o menos redondeados de los sedimentos. En nuestro caso la porosidad se deriva de un sistema tubular y de grietas pequeñas, que tiene frecuentemente conexión con el sistema de karst.

El agua lluvia dispone entonces, para su penetración al subsuelo, de fáciles medios de infiltración: grietas, dolinas, sistema tubular de la roca, poros de material suelto en las fajas de talud o de los conos de deyección. Esta fácil infiltración da origen a un depósito subterráneo de agua dulce. Por otra parte, el agua de mar penetra por los lados de la isla, al fondo de ésta. En estas condiciones, el agua subterránea proveniente de la infiltración de la precipitación, flota sobre el agua subterránea salada, en virtud de la diferencia de pesos específicos, pues el agua de mar por el alto contenido de salinidad, es más densa que el agua dulce; pero entre las dos se forma una zona de mezcla normalmente muy reducida y se establece un equilibrio hidráulico. La flotación del agua subterránea dulce sobre el agua salada se puede atestiguar fácilmente por la oscilación de los espejos de agua en los pozos y cavernas de karst, con la oscilación de la marea.

Un análisis pormenorizado de los datos hidrológicos e hidroquímicos exactos, obtenidos de varios pozos y cavernas, comprueba nuestras anteriores aserciones y nos acerca a la situación real del problema. Suponemos que de los 1.500 milímetros de lluvia promedio anual, infiltre al subsuelo un 30%. Tomando un kilómetro cuadrado de superficie, el depósito de agua subterránea se aumentaría en un promedio diario, a 1.233 (1.232,87) metros cúbicos por kilómetro cuadrado. En los 25 kilómetros cuadrados de superficie, la cantidad de agua que infiltraría al subsuelo, sería considerable, pero parte de ella encontraría fácil acceso al mar por medio de conductos explicados anteriormente. Pese a ello, tendríamos una reserva suficiente para reemplazar el agua de consumo.

En el lado occidental de la isla, o sea donde el mar es abierto, investigamos el aljibe SA-8 y las cavernas SA-6, SA-9 y SA-13 (ver mapa adjunto); muestras de agua de cada uno de ellos fueron analizadas para cloruros, encontrándose valores comprendidos entre 710 mg/l. y 12425 mg/l.; estos valores altos en cloruros explican la influencia del agua de mar: el oleaje penetra con gran fuerza y con relativa facilidad a los sistemas de karst y retiene, hasta cierto punto, el agua subterránea dulce, pero al retornar las olas nuevamente hacia el mar, dan lugar a una succión arrastrando consigo cierta cantidad de agua dulce; este proceso de mezcla continúa con el vaivén de las olas y de la marea. Películas de agua salada son retenidas por adhesión y cubren las superficies de las aberturas de karst, incrementando, en mayor o menor grado, el

contenido de sales en solución. De allí la razón por la cual encontramos valores altos y variados en el contenido de cloruros.

Analizando ahora las cavernas SA-5 y SA-9 (véase mapa), podemos concluir también que la concentración de sal en las cavernas no depende en muchos casos de la distancia de éstas al mar, sino de los medios distintos que el agua encuentra a su paso, los cuales ofrecen mayor o menor resistencia, pues hay canales practicados en la roca, grandes o pequeños, y naturalmente la entrada de agua salada está influenciada por ellos. Prueba de ello es el contenido de cloruros en ambas cavernas: mientras que la SA-5, localizada a una distancia de 150 metros de la orilla del mar, contiene 1030 mg/l., la SA-9, a una distancia de 850 metros, aproximadamente del mar, contiene 4615 mg/l.

Otro ejemplo que comprueba lo anterior es el aljibe SA-8, el cual fue construido en una zona donde las calizas tienen una estructura tubular (tubos prácticamente capilares) y a una distancia de 400 metros aproximadamente del mar, contiene 710 mg/l. de cloruros, valor muy bajo si se compara con los dos casos anteriores. Esto se explica por la influencia que el agua de mar en su oleaje tiene, en escala menor para penetrar, que en el sistema de karst.

En cambio, todos los pozos y cavernas situados en el lado NE y E de la isla dieron un contenido de cloruros, en general, mucho más bajo que los situados en la zona occidental. Tomamos como ejemplos los aljibes y cavernas de karst, SA-1, SA-2, SA-4, SA-18, SA-19 y SA-20 (véase mapa). El más representativo de ellos y que analizamos a continuación es el SA-2 (Rock Hole). Se trata de una caverna de karst, cuyo espejo de agua oscila con la marea, pero que no tiene una influencia directa con el mar; esta caverna tiene como zona de alimentación un sistema de grietas y túneles, los cuales se ramifican y se conectan con grietas del cerro mismo; también es alimentado por el agua de infiltración desde la superficie plana y porosa de la zona aledaña al pozo. Es muy importante y concluyente el dato tomado en una nivelación hecha por el doctor Raúl Mesa, ingeniero del Instituto de Fomento Municipal, desde el espejo de agua del pozo, hasta el nivel del mar, cuya diferencia de nivel es de 0.18 metros, más alto que el nivel del mar (véase anexo número 3). Un análisis para cloruros llevado a cabo en el agua de este pozo, dio 78 mg/l., valor muy bajo y que podemos considerar como una prueba manifiesta de que no existe una influencia directa del agua de mar. Los demás pozos arriba mencionados están contruidos en una zona de calizas permeables, de estructura tubular y de fisuras; tienen una profundidad que varía entre 1 y 2.10 metros, y sus espejos de agua oscilan también con la marea. Los aljibes SA-18 y SA-20 fueron también nivelados por el doctor Raúl Mesa y se encontró el espejo de agua de ellos a 0.078 metros y 0.225 metros, respectivamente, por encima del nivel del mar. (Véase anexo número 3). Un análisis para cloruros en cada uno de estos pozos dio un resultado que varía entre 35.5 mg/l. y 347.9 mg/l. Solamente el aljibe SA-19 contiene un valor más elevado de cloruros (443 mg/l.), pero ello se explica por la cercanía de un pantano, el cual está conectado directamente con el mar.

En esta misma zona oriental de la isla, pero hacia la parte Sur, estudiamos dos aljibes, uno a la altura de San Luis (SA-16) y el otro en la Punta Sur (SA-17). Analizados para cloruros, dieron los siguientes resultados: SA-16, con 1278 mg/l., y SA-17, con 1775 mg/l.; estos valo-

res altos se deben a que los aljibes están situados muy cerca a la orilla del mar, y la zona comprendida entre ellos limita prácticamente con el mar abierto, pues la faja de la laguna que linda con el arrecife se estrecha considerablemente. Por otra parte, creemos que en esta zona Sur de la isla, perforaciones en el centro y trabajos hidrológicos preliminares no darían resultados satisfactorios como para pensar en un posible suministro de agua para la población de San Luis, pues las condiciones de carácter económico serían poco favorables.

Teniendo en cuenta el conjunto de observaciones hechas anteriormente podemos definir, con mayor exactitud, la situación hidrogeológica e hidroquímica de la isla: son dos situaciones con características distintas: el lado occidental, con sus aguas de alto grado de salinidad, y el lado NE y E, cuyas aguas ofrecen buenas perspectivas, por ser esta una zona de sedimentación, donde el mar es poco profundo, por la protección del arrecife contra la fuerza de impulsión de las olas que merma considerablemente el poder de abrasión y de penetración del agua de mar, y finalmente, por el relativo bajo contenido de cloruros que explica que el mar no tiene una influencia directa sobre el agua subterránea dulce de esta zona. Con estas bases concluyentes podemos entrar a definir las zonas más favorables.

#### *Zona número I. (Véase mapa).*

La caverna SA-2 (Rock Hole), que hemos descrito ya en su situación hidrogeológica, tiene el espejo de agua a 1.39 metros debajo de la superficie; después de varias observaciones diarias pudimos determinar una oscilación de su espejo con la marea, de 10 a 12 centímetros, y ya hemos anotado que el nivel de agua del pozo está por encima del nivel del mar. Con el fin de darnos una idea de su capacidad y la influencia del bombeo en el contenido de cloruros se hizo un ensayo de bombeo en la siguiente forma: utilizamos para ello el servicio de un carrotanque de capacidad conocida (6813 litros), y el tiempo empleado para llenarse fue de 5 minutos; esta misma operación fue repetida por dos veces más, empleándose en cada vez los mismos 5 minutos. Tiempo total empleado, incluyendo el descargue, 30 minutos. El bombeo, por lo tanto, no fue continuo, pero para el caso aproximado podemos decir que en 15 minutos el pozo produjo 20439 litros, lo que equivale a una cantidad de 22 litros por segundo. Con este rendimiento no se notó el más mínimo descenso del espejo de agua, y el contenido de cloruros permaneció invariable (78 mg/l.). Aconsejamos, por lo tanto, aprovechar el agua de este pozo, por medio de una captación técnica y modernamente construída. (Detalles técnicos veremos más adelante). No podemos partir de la base de 22 litros por segundo, cantidad excesiva, si se tiene en cuenta que su explotación sería continua. Para definir el rendimiento adecuado hay que someter el pozo a una serie de ensayos preliminares, como ensayo de bombeo continuo y de larga duración, observar que durante el bombeo el descenso del espejo de agua no sea muy grande y que el contenido del cloruros no aumente desproporcionalmente hasta valores inaceptables. Solamente así se puede garantizar la eficacia y buenas características que el pozo tiene actualmente.

En el caso de que el Rock Hole, luégo de definir exactamente su rendimiento, no sea suficiente para el abasto total de la población en su

núcleo central, existe cierta posibilidad de aumentar la cantidad de agua por medio de captaciones horizontales en la zona aledaña al Rock Hole en su parte no habitada. Pero para determinar y localizar el punto más indicado son indispensables trabajos hidrológicos preliminares que consisten en excavaciones de ensayo, bombeos y análisis químicos en las aguas que se encuentren. Si esta zona, incluyendo el Rock Hole, resultare desde todo punto de vista favorable, hay que prohibir terminantemente la construcción de viviendas y permitir que el actual cementerio particular que se encuentra relativamente cerca al Rock Hole sea trasladado a otro lugar. La zona debe quedar completamente segura de contaminaciones superficiales, en guarda de la pureza bacteriológica del agua.

*Zona número II. (Véase mapa).*

Además de la población misma de San Andrés, hay que abastecer la de San Luis y la zona poblada a lo largo de la carretera San Andrés-La Loma-San Luis, y sobre La Loma, a la fábrica de grasas; por lo tanto debemos contar con una zona más o menos equidistante entre estos núcleos de población.

En el mapa fotogeológico de H. C. Raasveldt se aprecia claramente una faja de material de ladera al pie de la serranía y que se extiende desde la salida occidental de San Andrés hasta la salida norte de San Luis. En este material se encuentran dos aljibes: SA-3 (Sipzon Well) y SA-15 (Swam Well), cuyas características son las siguientes: SA-3, con una profundidad de 2.80 metros, nivel piezométrico a 1 metro debajo de la superficie y con un contenido de cloruros de 117.15 mg/l. El aljibe SA-15, con una profundidad de 2.40 metros, nivel piezométrico a 0.80 metros debajo de la superficie y con un contenido de cloruros de 319.5 mg/l. El contenido de cloruros en estos dos pozos es muy diferente; en el primero es aceptable; en el segundo, seguramente, buena parte de ellos se deba a la descomposición orgánica de origen animal o vegetal que observamos aun en el mismo pozo; de allí su contenido alto de cloruros. Esta zona, entre el pozo Sipzon y el pozo Swam, y al norte y sur de éstos nos parece favorable desde el punto de vista hidrológico y químico, como zona de captación. Esa faja de talud detrítico no capta solamente el agua que infiltra desde la superficie en su propia zona, sino también la que llega de los cerros al occidente y de algunos arroyos que corren desde las lomas, formando conos de deyección, los cuales, a su vez, alimentan la faja de material de ladera. Los dos aljibes estudiados en esta zona no son suficientes para definir, por medio de ellos, el punto o los puntos más aconsejables para las captaciones; por lo tanto, es necesario llevar a cabo algunos trabajos preliminares y buscar, por medio de excavaciones poco profundas, ensayos de bombeo correspondientes y análisis químicos, los sitios adecuados para las captaciones definitivas. Estas excavaciones previas definen si el talud detrítico es de poco espesor, o si las captaciones alcanzarían también la roca calcárea yacente. Finalmente, los trabajos hidrológicos preliminares decidirían si la explotación de agua debe hacerse por medio de captaciones horizontales o verticales.



límites aceptables de potabilidad, y el factor determinante en estas aguas, los cloruros, es bajo por razones que se han explicado en las consideraciones hidrogeológicas de la caverna. Los nitratos son relativamente altos, pero ello se explica por la naturaleza misma del pozo con cavernas y canales amplios que no permiten un relleno natural que sirva como medio filtrante. La captación hecha técnicamente eliminaría la posibilidad de contaminación artificial.

SA-3 (*Sipzon Well*). Aljibe localizado en la segunda zona favorable:

pH . . . . .	7.
CO <sub>2</sub> libre . . . . .	15.4 mg/l.
Dureza total . . . . .	22.4° alemanes.
Cloruros (Cl <sup>-</sup> ) . . . . .	117.15 mg/l.
Hierro total (Fe) . . . . .	negativo.
Manganeso total (Mn) . . . . .	negativo.
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) . . . . .	trazas.
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) . . . . .	negativo.
Substancias orgánicas . . . . .	3.16 mg/l.
Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) . . . . .	negativo.
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> ) . . . . .	112.7 mg/l.
Oxido de calcio (CaO) . . . . .	146.0 mg/l.
Oxido de magnesio (MgO) . . . . .	55.7 mg/l.

De acuerdo con el resultado anterior y teniendo en cuenta los distintos standars universalmente aceptados, el agua es potable desde el punto de vista químico. Los cloruros y la dureza han aumentado en su contenido respecto al anterior, pero sin perjuicio de la calidad misma del agua para fines potables.

SA-15 (*Swam Well*). Aljibe localizado en la misma segunda zona favorable:

pH . . . . .	7.5.
CO <sub>2</sub> libre . . . . .	7.7 mg/l.
Dureza total . . . . .	19.0° alemanes.
Cloruros (Cl <sup>-</sup> ) . . . . .	319.5 mg/l.
Hierro total (Fe) . . . . .	0.1 mg/l.
Hierro filtrado . . . . .	negativo.
Manganeso total (Mn) . . . . .	negativo.
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) . . . . .	negativo.
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) . . . . .	negativo.
Substancias orgánicas . . . . .	2.52 mg/l.
Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) . . . . .	negativo.
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> ) . . . . .	51.0 mg/l.
Oxido de calcio (CaO) . . . . .	112.0 mg/l.
Oxido de magnesio (MgO) . . . . .	53.7 mg/l.

Lo mismo que en el caso anterior, el agua de este aljibe es apta para fines potables, pese a que los cloruros son relativamente altos, pero en ello influye la materia orgánica vegetal o animal que se encuentra en las paredes del aljibe, lo cual aumenta el contenido de cloruros.

SA-10 (*El Cove*). Aljibe localizado en la tercera zona favorable:

pH . . . . .	7.
CO <sub>2</sub> libre . . . . .	9.9 mg/l.
Dureza total . . . . .	15.12° alemanes.
Cloruros (Cl <sup>-</sup> ) . . . . .	142.0 mg/l.
Hierro total (Fe) . . . . .	0.05 mg/l.
Hierro filtrado (Fe) . . . . .	negativo.
Manganeso total (Mn) . . . . .	negativo.
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) . . . . .	3.0 mg/l.
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) . . . . .	Trazas (cualitativo).
Substancias orgánicas . . . . .	1.26 mg/l.
Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) . . . . .	negativo.
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> ) . . . . .	46.5 mg/l.
Oxido de calcio (CaO) . . . . .	150.0 mg/l.
Oxido de magnesio (MgO) . . . . .	trazas.

De acuerdo con el resultado obtenido, el agua es excelente en su potabilidad química, debido al bajo valor en sustancias minerales disueltas.

Hemos hecho hincapié especialmente en el contenido de cloruros de las distintas zonas de agua subterránea que definimos como favorables, pues el factor "cloruros" es prácticamente el determinante en la calidad química del agua de San Andrés. En los análisis anteriores, el contenido de cloruros fluctúa entre 78.1 mg/l. y 319.5 mg/l. Existen valores límites que se han establecido universalmente para que un agua pueda considerarse como potable. Pero se trata de valores ideales, los cuales pueden lograrse en condiciones completamente normales y donde las perspectivas de aprovisionamiento son variadas y fáciles de lograr. Pero en los casos como en San Andrés, donde las condiciones son más limitadas, pero no extremas, esos valores deben adaptarse en proporción inversa a las posibilidades del suministro de agua. En nuestro caso, un valor de 350 mg/l. de cloruros es bastante aceptable, sin perjudicar en lo más mínimo ni la salud ni el buen gusto que un agua deba tener para los consumidores. Estos casos semejantes ocurren en algunos países de Europa, como Holanda, Alemania y algunas islas del Mar del Norte; conocemos datos de ciertas ciudades de Alemania como Herford, con 490 mg/l.; Bernburg, con 604 mg/l., y Eschersausen, con 790 mg/l. de cloruros.

Debido a que el espejo de agua subterránea en la isla de San Andrés es en general muy superficial y el agua lluvia penetra libremente al través de grietas y dolinas, existe el peligro de contaminación bacteriológica, pues el agua al entrar al subsuelo arrastra consigo materia mineral u orgánica desde la superficie, sin que éstas tengan filtración alguna, peligro que aumenta si existen en las cercanías viviendas, pastales para ganado, etc. Por lo tanto, es indispensable, en aquellos puntos que se señalen para las captaciones definitivas, defender la zona circundante, prohibiendo construcciones y entrada de personas o animales. En estos casos en que el agua subterránea circula libremente por grietas es, desde todo punto de vista, necesario someter el agua de las captaciones a desinfección por medio de clorinación u otros medios que existen para tal efecto. En esta forma se asegura la pureza bacteriológica del agua para el consumo humano.

*Consideraciones técnicas.*

A lo largo del presente estudio hemos recalcado sobre la necesidad de llevar a cabo una serie de trabajos preliminares en las zonas propuestas, antes de emprender la construcción de las captaciones definitivas. Tales trabajos hidrológicos previos son los que finalmente suministran los detalles de construcción.

Es fundamental llevar a cabo un ensayo de bombeo en el pozo SA-2 (Rock Hole), Zona número I, el cual debe practicarse en la siguiente forma:

Bombeo continuo por el término de tres semanas, es decir, día y noche, naturalmente descontando algunas pequeñas interrupciones que deban hacerse para el cuidado de la bomba o del motor. Este bombeo puede realizarse con tres rendimientos distintos, como por ejemplo con 6, 8 y 10 litros por segundo, convenientemente repartidos en el tiempo de 21 días. Hay que registrar durante esa operación y tomar nota del descenso del nivel del espejo de agua y llevar a cabo permanentes análisis químicos para cloruros, anotando si existe un eventual cambio en su valor. Los datos suministrados en este ensayo dan la pauta para calcular la cantidad de agua máxima que puede extraerse del pozo. Para verificar este trabajo preliminar aconsejamos tener en cuenta el período más seco del año, pues las condiciones son más restringidas y las menos favorables en la cantidad y calidad del agua subterránea. Con esta base obtenemos un factor de seguridad para las épocas seca y lluviosa del año.

Damos a continuación algunas ideas generales de lo que sería la construcción definitiva de esta captación en el Rock Hole: preparar las paredes del pozo, sin perjudicar los afluentes o medios de infiltración a éste, de tal manera que se pueda colocar un sistema de filtros verticales. Los espacios anulares o espacios que quedan entre los filtros se rellenan con gravilla graduada, en forma tal que todo el pozo contenga este material. Los filtros deben tener un diámetro grande, entre 50 y 60 centímetros, y ojalá de material neutro y anticorrosivo, con preferencia de gres o de porcelana. La empresa constructora decidirá sobre el tipo de bomba a emplear, ya sean bombas centrífugas normales o sumergibles.

Para las zonas II y III se recomiendan también los mismos trabajos hidrológicos preliminares ya descritos para la primera zona. Por medio de excavaciones poco profundas, ensayos de bombeo y análisis químicos se determinará el sitio exacto de las captaciones definitivas y la cantidad aproximada de agua que se puede extraer. Dadas las condiciones hidrogeológicas de estas zonas, proponemos la construcción de captaciones horizontales, lo que equivale a pozos horizontales, con su correspondiente relleno de grava seleccionada para tal fin. Este tipo de captación tiene la ventaja de que el agua proveniente de ellas afluye continuamente sin bombeo a un pozo de recolección, donde se almacena. De este depósito el agua es bombeada al tanque de distribución; por lo tanto, la succión originada por el bombeo no se lleva a efecto directamente sobre la captación horizontal, eliminando así el peligro de que el espejo de agua descienda localmente en exceso y de que perjudique la calidad química del agua por la entrada de agua salada que se encuentra inmediatamente debajo del agua subterránea dulce. El material de los filtros y tubería para estos pozos pueden ser del mismo material aconsejado para el Rock Hole (SA-2).



## ANEXO I

*Pozos y manantiales.**SA-1. Aljibe.*

Sitio: población de San Andrés, restaurante "El Encanto", del señor V. T. Stephens, 20 metros de la orilla del mar.

Profundidad: 1 metro.

Observaciones: Excavado en caliza coralina.

El espejo de agua oscila más o menos 30 centímetros con la marea.

El agua contiene 347.9 mg/ltr. de cloruros.

*SA-2. Rock Hole, caverna de karst.*

Sitio: al NW de la población de San Andrés, 300 metros aproximadamente de la orilla del mar.

Observaciones: Sistema de karst en roca calcárea.

El espejo de agua se encuentra 1.39 metros abajo de la superficie, y oscila entre 10 y 12 centímetros con la marea. En un ensayo de bombeo con un carro-tanque, el pozo produjo en 5 minutos 6813 litros de agua. En 30 minutos se rellenó el carro-tanque 3 veces. Con este rendimiento de 22 litros por segundo el espejo de agua no descendió.

Contenido de cloruros del agua: 78.1 mg/ltr.

Dureza 16.24° alemanes.

pH, 7.2.

*SA-3. Pozo Sipzon, aljibe.*

Sitio: 300 metros aproximadamente de la rada Los Icacos.

Profundidad: 2.80 metros.

Espejo piezométrico: 1 metro abajo de la superficie.

Hidroquímica: pH, 7.

Cloruros, 117.15 mg/ltr.

Dureza total, 22.4° alemanes.

Observaciones: Construido en material de ladera y arriba revestido en hormigón (1.5 x 2.2 metros).

*SA-4. Aljibe excavado en roca calcárea.*

Sitio: School House.

Profundidad: 1.17 metros.

Espejo piezométrico: 0.87 metros abajo de la superficie; el espejo fluctúa con la marea.

Hidroquímica: pH, 7.75.

Cloruros: 335 mg/ltr.

*SA-5. Caverna de karst.*

Sitio: cerca de la pista, 150 metros aproximadamente de la orilla del mar.

Profundidad: 3 metros; caverna de karst en rocas coralinas.

Hidroquímica: Cloruros, 1030 mg/ltr.

*SA-6. Caverna de karst.*

Sitio: al suroeste de la pista, 400 metros aproximadamente de la orilla del mar.

Profundidad: 2.7 metros; sistema de karst en rocas coralinas.

Hidroquímica: Cloruros, 2292 mg/ltr.

*SA-7. Manantial.*

Sitio: falda inferior de la loma Los Perry.

Hidroquímica: pH, 7.5.

Cloruros, 142 mg/ltr.

CO<sub>2</sub> libre, 12.3 mg/ltr.  
Dureza total, 10° alemanes.  
Observaciones: el manantial aflora del talud detrítico.

*SA-8.* Aljibe.

Sitio: al norte de la pista, 400 metros aproximadamente de la orilla del mar.  
Profundidad: 3.74 metros abajo de la superficie, excavado en caliza coralífera porosa.  
Espejo piezométrico: 3.48 metros abajo de la superficie.  
Hidroquímica: pH, 7.4.  
Cloruros, 710 mg/ltr.  
Dureza total, 36° alemanes.  
Observaciones: pozo sin revestimiento, 0.70 metros de diámetro.

*SA-9.* Manantial de karst.

Sitio: al SE de la pista, 850 metros aproximadamente de la orilla del mar. En una cuenca del terreno plano brota el agua.  
Hidroquímica: Cloruros, 4615 mg/ltr.

*SA-10.* Aljibe.

Sitio: El Cove, 160 metros aproximadamente de la orilla del mar.  
Profundidad: 3.53 metros.  
Espejo piezométrico: 0.95 metros abajo de la superficie.  
Hidroquímica: análisis de agua antes y después del bombeo:  
pH, 7.  
Dureza total, 15.12° alemanes.  
Cloruros, 142 mg/ltr.  
Observaciones: Después de un ensayo de bombeo durante 4 horas y 45 minutos, con un rendimiento de 40 litros por minuto, el espejo de agua bajó 32 centímetros.

*SA-11.* Aljibe. 46 metros al SE de SA-10.

Sitio: El Cove.  
Perfil geológico:  
0 - 3,2 metros arcilla de alteración atmosférica, con piedras de caliza.  
- 4,0 metros cantos rodados de caliza.  
Espejo piezométrico: 2.70 metros abajo de la superficie.

*SA-12.* Aljibe. Drake Well.

Sitio: parte inferior de la falda al oeste de la Ensenada.  
Hidroquímica: pH, 7.  
Cloruros, 210 mg/ltr.  
Dureza total: 16.8° alemanes.  
Observaciones: el manantial está rudimentariamente captado. El agua que aflora en la superficie es de poca cantidad, y proviene de talud detrítico.

*SA-13.* Caverna de karst, al oeste de la Ensenada.

Profundidad: 4.5 metros.  
Hidroquímica: Cloruros, 12425 mg/ltr.

*SA-14.* Cantan Spring.

Sitio: al noroeste de la misión protestante, en la falda del cerro y arriba de la orilla de una quebrada.  
Observaciones: poca agua aflora del talud detrítico.

*SA-15.* Aljibe, Pozo Swam.

Sitio: al oeste de la carretera San Andrés-San Luis.  
Profundidad: 2.40 metros.  
Espejo piezométrico: 0.80 metros abajo de la superficie.

Hidroquímica: pH, 7.5.  
Dureza total, 19° alemanes.  
Cloruros, 319.5 mg/ltr.  
El pozo es muy sucio y una parte de los cloruros puede provenir de material orgánico.  
Observaciones: Pozo al pie de un cono de deyección y al margen de un pantano, el cual se seca en el verano. Excavado en roca calcárea, arriba revestido en piedras de caliza con cemento.

*SA-16.* Aljibe, Pozo Stephens.

Sitio: San Luis, 250 metros aproximadamente de la orilla del mar.  
Profundidad: 2.80 metros.  
Espejo piezométrico: 2.58 metros abajo de la superficie.  
Diámetro del pozo: 2 metros.  
Hidroquímica: Cloruros, 1278 mg/ltr.  
Observaciones: excavación en roca calcárea.

*SA-17.* Aljibe.

Sitio: en el extremo sur de la isla, 130 metros aproximadamente de la orilla del mar.  
Profundidad: 1.50 metros.  
Espejo piezométrico: 1.20 metros abajo de la superficie.  
Hidroquímica: Cloruros, 1775 mg/ltr.  
Observaciones: Pozo excavado en caliza coralífera.

*SA-18.* Aljibe.

Sitio: población de San Andrés, 130 metros aproximadamente de la orilla del mar.  
Propietario: Simon James.  
Profundidad: 1.74 metros.  
Diámetro: 1 metro.  
Espejo piezométrico: 1.30 metros abajo de la superficie; el espejo fluctúa con la marea.  
Hidroquímica: pH, 7.5.  
Dureza total 13° alemanes.  
Cloruros, 46.15 mg/ltr.  
Observaciones: Pozo excavado en caliza coralífera porosa.

*SA-19.* Aljibe.

Sitio: población de San Andrés.  
Profundidad: 2.10 metros.  
Diámetro, 1.30 metros.  
Espejo piezométrico: 1.74 metros abajo de la superficie; el espejo oscila con la marea.  
Hidroquímica: Cloruros, 443.75 mg/ltr.  
Dureza total, 17.92° alemanes.  
Observaciones: Pozo excavado en caliza coralífera.

*SA-20.* Aljibe.

Sitio: población de San Andrés.  
Profundidad: 1.18 metros.  
Espejo piezométrico: 0.62 metros abajo de la superficie; el espejo oscila con la marea.  
Hidroquímica: pH, 7.2.  
Cloruros, 35.5 mg/ltr.  
Dureza total, 12.32° alemanes.  
Observaciones: Pozo excavado en caliza coralífera.

## ANEXO II

*Determinación de varios fósiles, por el doctor Hans Buergl.*

De estas muestras identificamos las siguientes formas:

Dz-705. Isla de San Andrés, a partir de la mitad de la pista, 400 metros al sur. Caliza blanca, granulosa, blanda con foraminíferos y moluscos.

l Thyasira spec.

La muestra lavada contiene:

ff Archaias.

f Quinqueloculina spec.

r Cibicides spec.

f Ostrácodos.

r Espinas de erizos de mar.

No hemos determinado los foraminíferos y ostrácodos específicamente, porque es poco probable que esta determinación sirva para fijar la edad. Con seguridad se puede decir que el Mioceno de Colombia no contiene una fauna parecida. La capa de la muestra Dz-705 tiene que ser más joven que el Mioceno. Si es Plioceno o Pleistoceno, no se puede precisar.

La Thyasira está bien conservada pero en toda la literatura a nuestra disposición no hemos encontrado esta especie.

Dz-706. Isla de San Andrés, lado NW de la pista del aeropuerto, caliza maciza, blanca, rica en impresiones y moldes de:

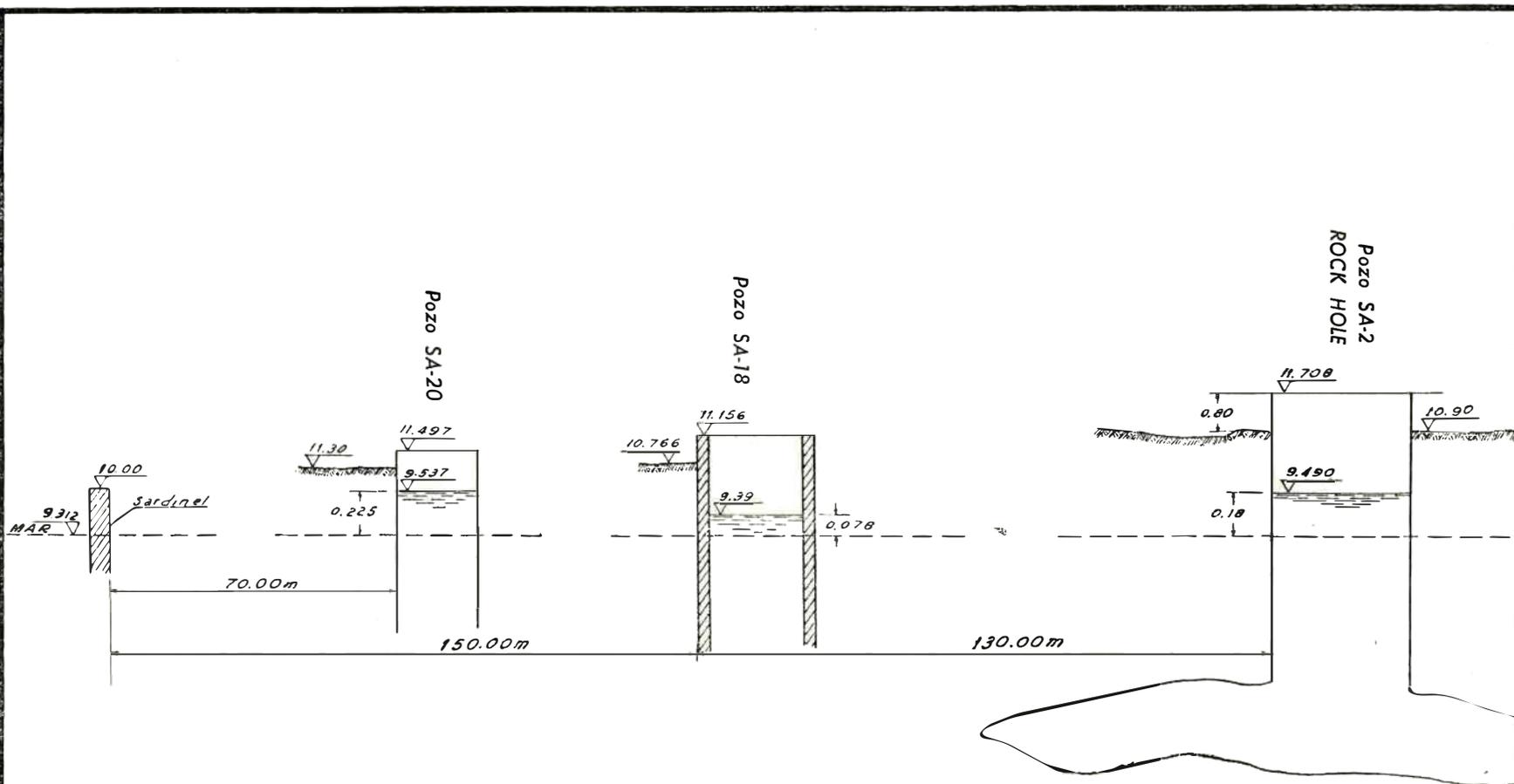
Chione spec.

Lucina? spec.

Oliva spec.

Spondilus? spec.

La conservación de los fósiles no permite una determinación de las especies.



ESQUEMA DE LA ZONA DE CAPTACION "ROCK HOLE"

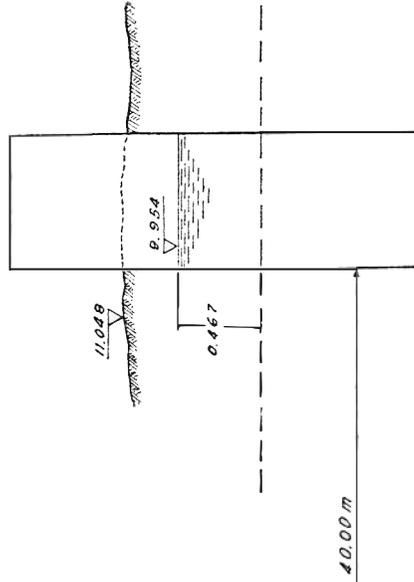
LEVANTO: ING. RAUL MESA

ANEXO Nº. 3

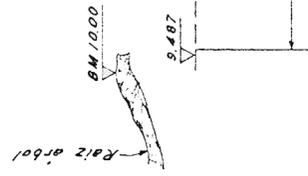
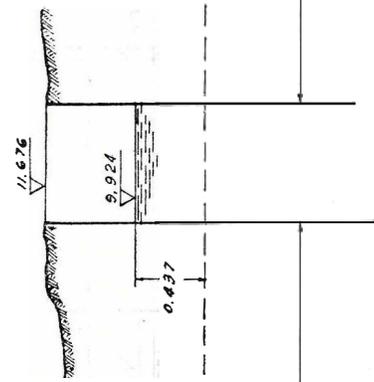
DIB. J. E. P. C.

Informe Nº 1.167

Pozo SA-10



Pozo en Construcción SA-11

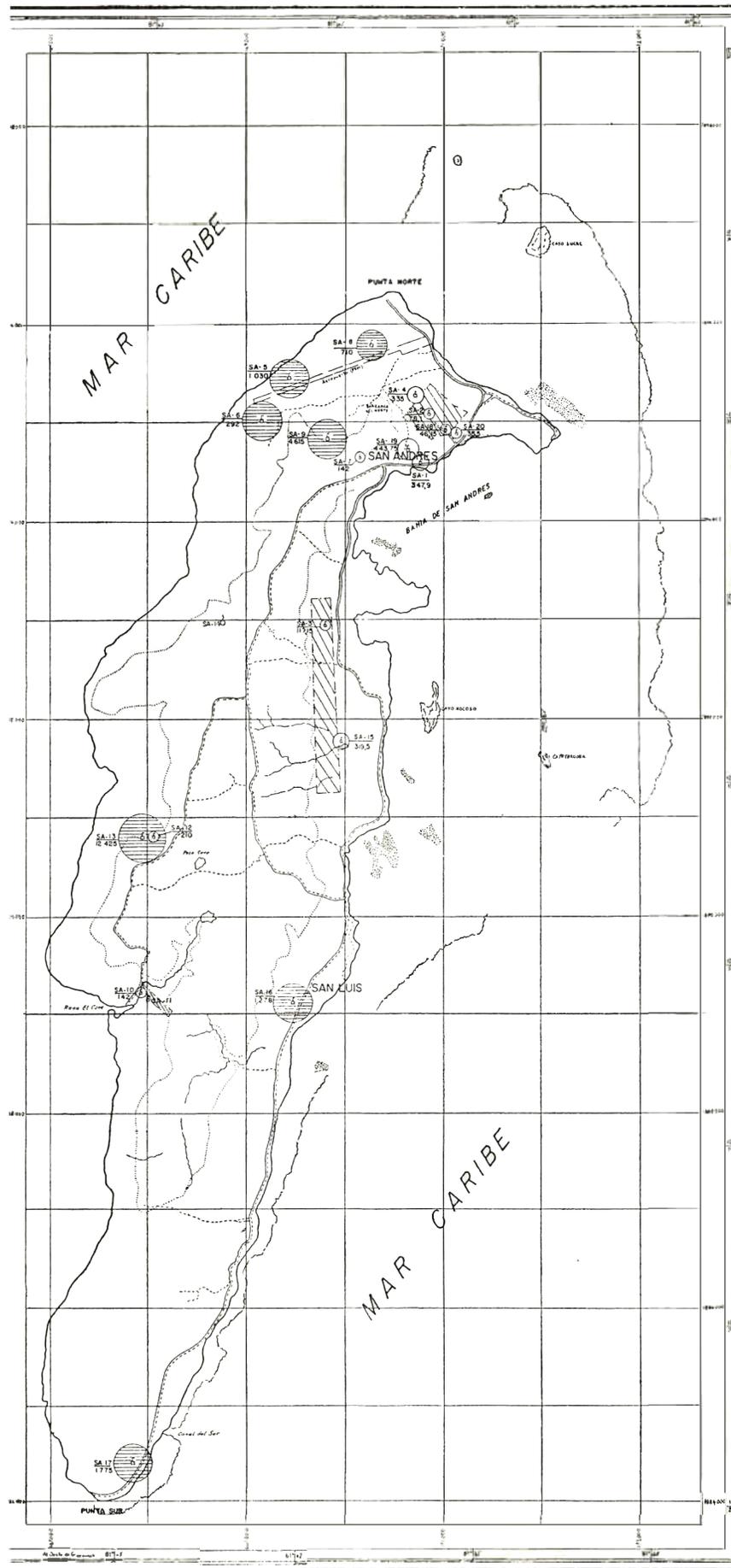


ESQUEMA DE LA ZONA DE CAPTACION "EL COVE"

LEVANTO: INGO. RAUL MESA

ANEXO N° 4

DIB. J.E.P.C.



**CONVENCIONES TOPOGRAFICAS**

- CARRETERA 
- CARRETEABLE 
- SENDERO 
- ARROYO 
- CAYO 
- ARREGIFE 
- BANCO ARENOSO 
- SERRANIA COMPUESTA DE ESTRATOS CALGAREOS MIOCENOS 

**CONVENCIONES HIDROGEOLOGICAS E HIDROQUIMICAS**

- ALJIBES Y CAVERNAS DE KARST 
- MANANTIALES 
- LA ANOTACION SUPERIOR INDICA EL NUMERO DEL POZO
- LA ANOTACION INFERIOR INDICA LA CANTIDAD DE CLORUROS (mg/ltr.) CONTENIDOS EN EL AGUA
- POZO CUYA AGUA CONTIENE MENOS DE 500 mg/ltr. DE CLORUROS 
- POZO CUYA AGUA CONTIENE MAS DE 500 mg/ltr. DE CLORUROS 
- ZONAS PROPUESTAS PARA LAS CAPTACIONES 

**MAPA DE LA ISLA DE SAN ANDRES CON INDICACIONES HIDROGEOLOGICAS E HIDROQUIMICAS**

TOMADO DEL FOTOCALCO ELABORADO POR EL INSTITUTO GEOGRAFICO DE COLOMBIA "AGUSTIN CODAZZI"

DIC. DE 1956 DIB. A.B.S.

ESCALA APROXIMADA: 1:65.000