

FACTORES HIDROGEOLOGICOS QUE
INFLUYEN EN LA PRESENCIA DE LA
"LINEA DE AGUA MALA" EN LA ZONA
NORTE DEL ESTADO DE COAHUILA

POR: DR. WILLIAM BACK (1)
ING. JUAN MANUEL LESSER (2)
DR. BRUCE HANSHAW (1)

- (1) U. S. GEOLOGICAL SURVEY, WASHINGTON, D. C.
(2) DIRECCION DE GEOHIDROLOGIA Y DE ZONAS ARIDAS,
S. A. R. H.

CONTENIDO

RESUMEN

INTRODUCCION

TRABAJOS ANTERIORES.
LOCALIZACION Y VIAS DE COMUNICACION.
ACTIVIDADES DE CAMPO.
RECORRIDOS HIDROGEOLOGICOS.
OBTENCION DE MUESTRAS DE AGUA PARA ANALISIS QUIMICOS.

GEOLOGIA

FISIOGRAFICA.
ESTRATIGRAFIA.
GEOLOGIA HISTORICA.

HIDROLOGIA

HIDROGEOQUIMICA

FUENTES DE INFORMACION.
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS.
FAMILIAS DE AGUA.
LINEA DE AGUA MALA.
ZONIFICACION DE TIPOS DE AGUA.

CONCLUSIONES

BI BLIOGRAFIA

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | | |
|--------|-------|-------------------------------------|
| FIGURA | No. 1 | PLANO DE LOCALIZACION |
| FIGURA | NO. 2 | TABLA ESTRATIGRAFICA |
| FIGURA | No. 3 | PLANO GEOLOGICO DE CONJUNTO |
| FIGURA | No. 4 | SECCION ESTRATIGRAFICA A-A' |
| FIGURA | No. 5 | RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS |
| FIGURA | No. 6 | LOCALIZACION DE APROVECHAMIENTOS |
| FIGURA | No. 7 | DIAGRAMAS TRIANGULARES |
| FIGURA | No. 8 | PLANO HIDROGEOLOGICO |

R E S U M E N

La denominada "Línea de Agua Mala" localizada en el Norte de Coahuila entre Cd. Acuña y Zaragoza y en el Suroeste de Texas, separa dos zonas con agua subterránea, de diferente calidad, una potable, de otra no potable, las cuales se presentan en rocas calizas de edad Cretácica. El agua de mala calidad se caracteriza por contener una gran cantidad de sólidos totales disueltos, sulfatos y generalmente alta temperatura; se presenta en zonas con relativa baja permeabilidad, asociada con evaporitas y material carbonoso y es del tipo NaHCO_3 , CaSO_4 y NaCl . El agua de buena calidad presenta concentraciones bajas de sales; las rocas en que se aloja son calizas de gran permeabilidad y el agua es principalmente CaHCO_3 .

Su existencia se atribuye a lo siguiente: 1) Disolución de evaporitas de la formación Mcknigth y minerales sulfatados de las formaciones del Cretácico Superior. 2) La posición de la línea está influenciada por el flujo del agua subterránea el cual a su vez depende de la distribución del fracturamiento asociado al levantamiento anticlinal de la Sierra del Burro. 3) El arrecife que bordea hacia el Sur a la Paleolaguna de Maverick, constituye el límite de la línea de agua mala y 4) Su prolongación separa dos zonas, una en que prácticamente no se presenta agua subterránea, de otra con agua de mala calidad con áreas locales cuya agua es utilizable.

INTRODUCCION

La Sierra del Burro, localizada en la parte Norte del Estado de Coahuila, está constituida por formaciones de rocas calizas, algunas de las cuales presentan buena permeabilidad. Desde hace algún tiempo, se detectó en el área, la presencia de agua subterránea, de calidad variable. Estas características se continúan a través del Río Bravo, hacia los Estados Unidos, donde se estudiaron y delimitaron las zonas con agua de buena y mala calidad, denominando al límite entre ellas "Línea de Agua Mala".

El objeto del presente trabajo, es el de determinar la prolongación de esta línea en territorio mexicano, así como el de definir los factores geológicos e hidrogeoquímicos que la influyen.

Para ello, se desarrolló el presente trabajo, como parte del proyecto, "Estudio de las Calizas de la Sierra del Burro, -- Coahuila y de la Península de Yucatán", preparado en colaboración entre México y los Estados Unidos, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la National Science Foundation.

TRABAJOS ANTERIORES. -

Se recopilaron y consultaron trabajos de tipo geológico e hidrogeológico así como datos sobre las características químicas del agua.

Entre los principales trabajos consultados, se tiene el titulado "Lower Cretaceous Stratigraphy, Northern Coahuila, Mexico" por Charles Isaac Smith, editado por el Bureau of Economic Geology de la University of Texas en Junio de 1970. En este trabajo se presenta una descripción de la geología de la Sierra del Burro, con énfasis en la estratigrafía.

Se obtuvo también, información geológica inédita de Petróleos Mexicanos, relativa a geología superficial de la Sierra del Burro, así como algunos datos sobre perforaciones de exploración.

Respecto a hidrología se consultaron informes inéditos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, que tratan sobre las condiciones hidrológicas locales de algunas zonas como el Distrito de Riego de Palestina, los manantiales de Nava, y el abastecimiento de agua de Monclova. También se obtuvieron datos de las perforaciones exploratorias realizadas por la Dirección de Geohidrología y de Zonas Áridas.

Por otra parte se consultaron trabajos sobre la hidrología de la región Suroeste del Estado de Texas en la cual se tratan los factores que contribuyen a la existencia de la "Línea de Agua - Mala" en ese Estado.

Por lo que respecta a la química del agua, se obtuvieron análisis químicos proporcionados por la Comisión Internacional de Límites y Aguas.

LICALIZACION Y VIAS DE COMUNICACION.-

La zona estudiada, corresponde a la parte Nororiental del Estado de Coahuila, en los Municipios de Monclova, Jiménez, - Acuña y Zaragoza, principalmente, y queda ubicada entre los Paralelos $26^{\circ} 45'$ y $29^{\circ} 25'$ de Latitud Norte y los Meridianos $100^{\circ} 00'$ y $102^{\circ} 00'$ al Oeste del Greenwich (Figura 1).

Está limitada al Noreste por el Río Bravo, que constituye la frontera internacional entre México y Estados Unidos. En la parte Norte, sobre el Río Bravo, se encuentran la Presa de la Amistad y el poblado de Cd. Acuña. Al Sur, está limitada por las Ciudades de Cuatro Ciénegas y Monclova y al Oeste por Múzquiz. En la parte Central se encuentran los poblados de Morelos, Nava, Allende, Nueva Rosita y Sabinas. La principal vía de comunicación, la constituye la Carretera Federal No. 57, que cruza la zona de Sur a Norte proveniente de Saltillo y que continúa hasta Cd. Acuña. Además se cuenta con pistas de aterrizaje en varios poblados, para el tránsito de pequeños aviones y avionetas.

ACTIVIDADES DE CAMPO.-

Para la realización del trabajo, se llevaron a cabo diversas actividades de campo, entre las que destacan, los recorridos hidrogeológicos y la recolección de muestras de agua tanto para análisis químicos como para la determinación de isótopos.

RECORRIDOS HIDROGEOLOGICOS.-

Estos recorridos se efectuaron en toda el área, con el objeto de familiarizarse con la geología de la región y conocer el caracter hidrogeológico de las diferentes unidades de roca, así como para determinar el tipo y magnitud de los aprovechamientos hidráulicos subterráneos.

OBTENCION DE MUESTRAS DE AGUA PARA ANALISIS.-

En base al conocimiento adquirido mediante los recorridos de campo, se seleccionaron y muestrearon los aprovechamientos hidráulicos más representativos de la región. De esta manera, se obtuvieron 22 muestras de agua las cuales en su mayor parte corresponden a manantiales.

En cada sitio, se obtuvieron muestras de agua, para la determinacion de lo siguiente:

| | |
|--------------|-----------|
| Calcio | Cloruros |
| Magnesio | Sulfatos |
| Sodio | Fluoruros |
| Potasio | Nitratos |
| Carbonatos | Estroncio |
| Bicarbonatos | Silice |
| Fierro | |

Tambien se determinó la consuctividad y los sólidos totales disueltos.

G E O L O G I A

La geología de la Sierra del Burro, ha sido estudiada - entre otros por Smith 1970, Sancen 1976, Lara 1977 y Alvarado 1977. De estos trabajos se hizo una recopilación cuyo resumen es el objeto del presente capítulo.

FISIOGRAFIA.-

La zona en estudio, se localiza en la estribación Noreste de la Provincia Fisiográfica de la Zona Montañosa de Coahuila, - en los límites con la Provincia de la Cuenca del Bravo. La primera se caracteriza por estar a una altura de 600 m.s.n.m., y estar formada por la Sierra del Burro, constituida por un gran levantamiento anticlinal de rocas calizas, de flancos muy suaves, cuyo eje buza - hacia el Sureste.

Por lo que respecta a la Provincia de la Cuenca del Bravo, ésta se subdivide en tres zonas. La región en estudio es parte de la zona Occidental, la cual está constituida por calizas, lutitas, arcillas y en algunos casos areniscas del Cretácico Superior, las - cuales, por lo suave de sus echados, dan lugar a una topografía ligeramente ondulante en la que las lutitas y arcillas forman los amplios valles, sin embargo hacia el Poniente se presenta una zona de levantamientos aislados en los que predominan las calizas, como es el Lomerío de Peyotes.

ESTRATIGRAFIA. -

En la zona en estudio, afloran rocas que representan un período de tiempo que va del Albiano Medio al reciente. Estas se han dividido y correlacionado con formaciones descritas tanto en Texas, como en el Centro y Sur de Coahuila. En la tabla estratigráfica de la Figura No. 2, se muestra la correlación entre las formaciones existentes y en la Figura No. 3, un Plano Geológico de Conjunto.

A continuación se describen en orden cronológico, haciéndose notar, que en la Sierra del Burro afloran formaciones depositadas en un ambiente diferente a las que se formaron hacia el Sur.

Formación Cupido.- Hacia el Sur, esta formación está - constituida, la parte baja, por alrededor de 290 m de espesor de calizas dolomíticas, estratificadas en capas de entre 1 y 5 m. La -- parte media tiene unos 110 m de capas alternadas de calizas y calizas dolomíticas, con espesores de 30 a 80 cm. La porción superior, está formada por 280 m de calizas, en estratos de 0.80 m a 1.20 m, la cual contiene nódulos de pedernal.

Formación La Peña.- Está constituída por capas de lutitas y calizas finamente estratificadas de un espesor total que va--ría de 10 a 100 m.

Formación Aurora.- Está formada por capas de 0.80 a -- 1.50 y ocasionalmente hasta 5 m de espesor, de calizas muy densas,

de color oscuro y fractura concoidal. Contiene, en algunas zonas, -
nódulos de pedernal. Tiene un espesor total de 310 m.

Formación Glen Rose.- Consiste de una alternancia de -
capas de caliza resistente y margas, predominando las primeras ha--
cia la parte superior. En algunas zonas de la Sierra del Burro, se
ha dividido en cuatro unidades litoestratigráficas.

Complejo Arrecifal del Burro.- Este nombre fue utiliza--
do para describir la facie arrecifal que bordea la Sierra del Burro.
Tiene un espesor que varía de 500 m en el Norte a 700 m en la parte
Sur. Su litología y paleontología es muy variable pero en general,
consiste en un paquete de rocas calizas arrecifales, en estratos --
muy potentes, con corales, rudistas y toucasias. Smith, en 1970 lo
define como Formación Devils River. Se correlaciona con las Forma--
ciones Telephone Canyon, Nueces, Mcknight y Salmon Peak en la Sierra
del Burro y con las Formaciones Cuesta del Cura y parte Superior de
la Aurora, en los alrededores de la misma Sierra.

Formación Telephone Canyon.- La localidad de esta for--
mación, se encuentra en Texas en el Cañón del mismo nombre, a 7.5km
al Oeste de la Linda, Coah. Está compuesta por 40 m de calizas y -
areniscas amarillentas, fosilíferas.

Formación Nueces.- Esta formación, se encuentra cubrien--
do a la denominada Telephone Canyon en la Sierra del Burro. Se -
depositó en la Paleolaguna de Maverick, por lo cual sus límites late

rales se restringen a ella, o sea que se acuña con el Complejo Arrecifal El Burro. Consiste de capas delgadas de calcilutitas con gasterópodos y capas de pedernal, tiene un espesor que varía de 50 a -- 200 m.

Formación Mcknigth.- En la parte Suroeste de Texas, esta formación consiste principalmente de anhidritas o yesos. En dos pozos perforados en el flanco Este de la Sierra del Burro, se reportaron entre 7 y 13 m de evaporitas, dentro de esta formación. Estas evaporitas, en una gran parte ya han sido removidas o lavadas por -- agua subterránea (Lozo y Smith, 1964, P. 297).

Ha sido dividida en tres miembros. La parte inferior -- tiene alrededor de 50 m de espesor de una calcarenita de color gris, que se presenta en capas delgadas, con miliolidos y gasterópodos. - Se encuentran lentes de pedernal y en algunas zonas el 50% de la formación compuesta por anhidritas o yesos.

La parte media de la formación, consiste en 12 m de calcilutita color café y negro, en capas delgadas, con evidencias de hidrocarburos. Hacia la parte superior, se tienen 20 m de capas de -- brecha, separadas por pequeñas capas de calcarenitas. Se encuentran nódulos de pedernal o fragmentos de ellos, dentro de la brecha.

Formación Salmon Peak.- Tiene alrededor de 300 m de espesor. Se ha dividido de dos unidades, la parte inferior, consiste de [†] 170 m de calcilutitas en capas delgadas, que presentan color -

blanco, con nódulos de pedernal hacia la parte superior de esta unidad. La segunda unidad, descansa sobre la primera y está formada -- por \pm 120 m de fragmentos de conchas calcáreas de variados tamaños, cubiertos por 80 m de capas de calcarenitas.

Formación Cuesta del Cura.- Tiene un espesor total de -- entre 70 y 100 m de los que, en la parte inferior predominan las capas de caliza, llegando a tener hasta 80 m de espesor. En la parte superior, predominan las capas de lutitas, encontrándose sólo estratos aislados de calizas de poco espesor.

Formación Del Río.- En la Sierra del Burro, consiste de lutitas, areniscas, margas y yesos, con abundantes nódulos de pirita y marcasita y su espesor es de 30 a 70 metros.

Formación Indidura.- En la parte Sur, se han observado tres pisos. El inferior tiene alrededor de 300 m y está formado por lutitas calcáreas densas, de colores oscuros con estratos de 20 y 80 cm e intercaladas con capas de caliza margosa. La parte media tiene entre 120 y 150 m y está formada por capas laminares de lutitas, intercaladas con lutitas arenosas. El piso superior está formado por más de 150 m de lutitas calcáreas de color gris.

Formación Buda.- En la Sierra del Burro, está formada -- por 30 m de estratos medianos de calizas y margas. Las calizas presentan foraminíferos y a las margas se les han encontrado branquiópodos, así como nódulos de hematita y pirita.

Grupo Eagle Ford.- Consiste en caliza, caliza arenosa y lutitas. Hacia la base se presentan margas en capas finas y hacia la parte superior se hace más calcárea siendo común encontrar fracturas rellenas de calcita. Las calizas presentan estratos que varían de 5 a 25 cm y el espesor es de alrededor de 60 m.

Formación Parras.- Fue descrita por Imlay en la Sierra del mismo nombre, en donde consiste de más de 1500 m de lutitas de color oscuro, generalmente carbonosas y estratificadas en capas delgadas.

Grupo Austin.- Está constituido por una serie de capas calcáreas de estratificación delgada, que varían en textura de calcilutita a calcarenita. Su espesor total no ha sido determinado debido a que su contacto superior no se encuentra expuesto.

Formación Difunta.- Consiste de varios cientos de metros de capas alternadas de lutitas, areniscas y conglomerados, que descansan sobre la Formación Parras.

Formación Upson.- Consiste principalmente de fangolitas de color gris claro a gris oscuro, con algo de limolita calcárea, acentuándose hacia la parte superior de la unidad donde se encuentran algunos lentes de caliza. Presenta una estructura masiva, siendo difícil reconocer planos de estratificación. Tiene un espesor de alrededor de 300 m.

Formación San Miguel.- Ha sido extensamente estudiada

por su relación con los yacimientos de carbón. Se ha dividido en cinco miembros cuyas características son las siguientes: 1.- de concreciones fosilíferas, 2.- parte inferior de limolita, 3.- parte superior de limolita, 4.- limolita compacta sin estratificar - 5.- arenisca. Su espesor total es de 280 m.

Formación Olmos.- Al igual que la Formación San Miguel, ha sido extensamente estudiada por los yacimientos de carbón que contiene, habiéndose dividido en cinco miembros como sigue: 1.- de carbón, 2.- de arenisca, 3.- inferior de limolita maciza, 4.- de conglomerado, 5.- superior de limolita maciza. En la zona carbonífera tiene 381 m de espesor.

Formación Escondido.- Esta Formación, ha sido dividida en los siete miembros siguientes: 1.- de limolitas y lutitas, 2.- de areniscas de grano grueso, 3.- de lutitas color claro, 4.- de areniscas de grano grueso, 5.- de lutita color claro, 6.- de areniscas de grano medio a grueso, 7.- de arcillas. Tiene un espesor total de 229 m.

G E O L O G I A H I S T O R I C A

En la zona en estudio, afloran rocas que van del Albiano Medio al Reciente. Estas, presentan cambios de facies bien definidos a partir del Aptiano Superior, época en la que se terminaba de depositar la Formación La Peña. A partir de esta época, se for

mó, en la zona correspondiente a la Sierra del Burro, figura No. 4, la denominada Laguna de Maverick, en la cual se depositaron sedimentos arcillo-calcáreos, de las formaciones Glen Rose, Telephone Canyon, Nueces, Mcknigth y Salmon Peak. Alrededor de esta Laguna, se desarrolló un arrecife, conocido como Complejo Arrecifal del Burro y hacia la periferia, en un ambiente de mares profundos, se depositaron las Formaciones Aurora y Cuesta del Cura, terminando su formación en el Albiano Superior.

Posteriormente y ya abarcando toda la zona, se depositaron los sedimentos que constituyen a las Formaciones del Río, Buda y Eagle Ford.

H I D R O L O G I A

En la parte Norte del Estado de Coahuila, existen varias unidades de roca, que permiten el almacenamiento y circulación de agua subterránea, ocasionando la formación de acuíferos.

Las principales rocas que constituyen acuíferos, son las pertenecientes a las Formaciones Glen Rose, Complejo Arrecifal del Burro, Aurora, Cupido, Buda y Eagle Ford, las cuales se encuentran intercaladas con formaciones impermeables y semipermeables como son la Austin, la Del Río y la Peña. Esto hace que los diferentes acuíferos, en ocasiones funcionen como sistemas independientes y en algunos lugares, tengan conexión a través de zonas fracturadas de

las formaciones que se definieron como impermeables-semipermeables.

En la Sierra del Burro, las formaciones acuíferas que han mostrado tener mayor potencialidad, son el Complejo Arrecifal del Burro y rocas correlacionables, así como la Glen Rose, mientras que las formaciones Buda y Eagle Ford presentan características de permeabilidad más bajas que las primeras.

Los acuíferos son recargados por infiltraciones de agua de lluvia, en las partes altas de las sierras y fluye con una dirección general hacia el Norte y Este. Dicho flujo, circula confinado y como se mencionó anteriormente, en ocasiones a través de una sola formación y en otras teniendo conexión con varias de ellas.

La existencia de varios acuíferos, la continuidad y discontinuidad hidráulica de las rocas que los contienen y el hecho de que se encuentren parcialmente comunicados, provoca que la manifestación de agua subterránea a través de pozos sea muy variable, tanto en lo que se refiere a caudales como a profundidades al nivel piezométrico.

HIDROGEOQUÍMICA

Con el objeto de conocer las características químicas del agua subterránea de la zona estudiada y a partir de ellas delimitar la posición de la "Línea de Agua Mala". se recopiló la información hidrogeoquímica existente y se obtuvieron muestras de agua -

para analizarse químicamente.

FUENTES DE INFORMACION.-

La Comisión Internacional de Límites Agua (CILA), proporcionó 14 análisis químicos de pozos de observación perforados - agua abajo de la Presa de La Amistad (Análisis 1-1 al 1-14).

Se obtuvieron 22 muestras de agua, las cuales fueron - analizadas en los laboratorios del U.S. Geological Survey en --- Washington, E.U., (Análisis 2-1 a 2-22).

Por otra parte se recopilaron 57 resultados de análisis, del Inventario de Manantiales de la Región del Río Bravo, elaborado por el Plan Nacional Hidráulico (Análisis 3-1 a 3-57).

También se tomó en cuenta, el trabajo "The Hydrogeology of Lomerio de Peyotes, Coahuila, México", por Jay C. Batzner.

Los resultados de los análisis químicos así obtenidos, son mostrados en las tablas de la figura 5 y su localización en - el Plano de la figura 6.

SOLIDOS TOTALES DISUELTOS.-

La cantidad de sales en solución en el agua de las - muestras analizadas, varía de 236 a 2976 ppm. En base contenido - salino, se pueden diferenciar dos zonas: Una con agua que contie--

ne menos de 1000 ppm de sólidos totales disueltos, que se denominará como "agua dulce", la cual se encuentra en una faja alrededor de la Sierra del Burro, y otra zona con agua que presenta más de 1000 ppm de sólidos totales disueltos que se ubica al Este de la anterior y que se ha definido como "agua salada".

La presencia de estos dos tipos de agua, se debe a la existencia de evaporitas de la Formación Mcknigth en el flanco Este de la Sierra del Burro, las cuales han desaparecido en una franja al pie de la misma sierra, por el lavado que ha ejercido la circulación de agua. El límite hasta el cual se ha llevado a cabo este lavado, corresponde a la zona con "agua dulce" y a partir de ella, el agua se encuentra en la zona con evaporitas y cargada de sales en solución.

FAMILIAS DE AGUA.-

Con el objeto de clasificar al agua de acuerdo a su composición química, se graficaron los resultados de los análisis en los diagramas triangulares de la figura No. 7. La zona con "agua dulce" es de tipo cálcica-bicarbonatada, mientras que el "agua salada", es sódica-bicarbonatada, cálcica-sulfatada y sódica-clorurada.

La primera es agua típica de acuíferos calizos de buena permeabilidad que contiene agua de relativa reciente infiltración mientras que las familias encontradas en la zona de "agua sa---

lada", corresponden a agua que ha tenido contacto con horizontes evaporíticos como yesos, anhidritas y halitas, así como con minerales sulfurosos como la pirita que abunda en las rocas del Cretácico Superior.

LINEA DE AGUA MALA.-

Hacia el Norte del área, en el Estado de Texas, fueron estudiadas y delimitadas las zonas con agua de buena y mala calidad (Abbott, 1974), denominado al límite entre ellas, "Línea de Agua Mala".

Al encontrar mediante el presente estudio zonas similares o sean de agua dulce y salada en la parte Norte del Estado de Coahuila, se marcó la continuidad de esta línea (Figura 8).

Ya que las normas de calidad para agua potable indican que esta debe de tener no más de 1000 ppm para considerarse útil, así como por ser éste un número fácilmente identificable, se trazó la curva 1000 ppm y se escogió ésta para delimitar las zonas en cuestión. Por lo tanto, el "agua dulce", se caracteriza, en este caso, por contener menos de 1000 ppm de S.T.D., mientras que el "agua salada" contiene más de 1000 ppm.

Se hace notar que las muestras obtenidas y analizadas, pertenecen a la parte superior del acuífero y el detalle o exactitud de la posición de la "línea de agua mala", está en relación con

la abundancia de datos en cada lugar.

Dentro de los estudios efectuados, se encontraron muchas y muy marcadas diferencias entre ambas zonas las cuales se comentan a continuación.

Por lo que se refiere a las características y composición de las rocas, en la zona de "agua dulce", éstas se presentan recristalizadas y en colores claros, en contraste con la zona de "agua salada" donde no presentan recristalización y tienen por lo general colores oscuros.

La composición química del agua, está en función directa con la constitución de las rocas. El "agua dulce", es cálcica-bicarbonatada, reflejando que circula en rocas calizas de relativa pureza. El "agua salada" tiene una composición Na-HCO₃, Ca-SO₄ y Na Cl, indicando que el horizonte de rocas calizas a través del cual circula, contiene también sedimentos evaporíticos y sulfuros metálicos, lo cual se corroboró mediante las observaciones de campo.

El contenido de cloruros en el "agua dulce", es en general menor de 25 mg/l, incrementándose notablemente en el "agua salada".

La relación de magnesio a calcio en el "agua dulce", es en general menor que en el "agua salada", lo que involucra que en ésta última predominan las dolomitas sobre las calizas.

En los estudios realizados por Abbott, 1974, se encontraron también las diferencias siguientes: En la zona con "agua dulce", la porosidad del acuífero se secundaría, la fábrica de los carbonatos se encuentra muy alterada, se tienen valores altos de fuerza iónica y el agua es fuertemente oxidante ya que se le han medido valores positivos altos de potencial (Eh), mientras que en la zona con "agua salada", el acuífero se ha desarrollado a través de una porosidad primaria, la fábrica de los carbonatos está poco alterada, los valores de fuerza iónica son bajos y el agua tiene un potencial (Eh) negativo o sea que es reductora.

Estas zonas presentan características que se han combinado para originar la presencia, tanto de agua de buena calidad apropiada para todo uso, como de agua salada cuya utilización es muy restringida.

ZONIFICACION DE TIPOS DE AGUA

A partir de 93 análisis químicos de muestras de agua, repartidos en toda la zona, se formó el plano de la figura No. 8, en el cual se delimitaron cinco zonas, de acuerdo a las características del agua subterránea. Al pie de la Sierra del Burro, se delimitó una zona con agua de buena calidad, que contiene menos de 1000 ppm de sólidos totales disueltos, en donde predominan el calcio y el bicarbonato. El acuífero consiste de calizas Cretácicas.

en la facie dentro de la Paleolaguna de Maverick. Esta zona continúa hacia el Sur, hasta el Lomerio de Peyotes pero aquí, el acuífero se encuentra en sedimentos del Cretácico Superior que no contienen facies evaporíticas, debido a que se depositaron fuera de la Laguna de Maverick.

Al Sureste de Acuña y Suroeste de Jiménez, se tiene una zona con agua de mala calidad, que contiene más de 1000 ppm de sólidos totales disueltos, en donde predominan el calcio y el sulfato. Esta zona se encuentra dentro de la Paleolaguna de Maverick, donde las rocas se caracterizan por contener horizontes evaporíticos y sulfuros diseminados, que son disueltos por el agua.

Entre Jiménez y Piedras Negras, se delimitó una tercera zona, la cual se extiende hasta los límites con Nuevo León. Esta, se diferenció por el hecho de que no se encuentra agua subterránea a profundidades y en volúmenes económicamente explotables, o bien es de mala calidad.

De Nueva Rosita hacia el Sureste, se delimitó otra zona en donde, en general, no existe agua subterránea, salvo algunos lugares muy aislados como en Sabinas Hidalgo, N. L. y Nueva Rosita, Coah.

Por último, se marcó la zona entre Monclova y Cuatro Ciénegas la cual se caracteriza por predominar en ella agua de mala calidad, que contiene más de 1000 ppm de sólidos totales disueltos

y concentraciones altas de sulfatos. Dentro de esta zona se encuentran sitios locales con agua de buena calidad, los cuales se restringen a algunas localidades dentro de las calizas del Cretácico Inferior.

CONCLUSIONES

En la zona en estudio afloran rocas de edad Cretácica, constituidas principalmente por calizas y en menor proporción por lutitas y areniscas. Estas rocas, presentan cambios de facies, de la Sierra del Burro hacia la periferia, debido a la formación de la Paleolaguna de Maverick, durante el Albiano.

En la Sierra del Burro, las formaciones acuíferas que han mostrado tener mayor potencialidad son el Complejo Arrecifal del Burro y rocas correlacionables, así como la Glen Rose, mientras que las formaciones Buda y Eagle Ford presentan características de permeabilidad más bajas que las primeras.

Se diferenciaron dos zonas, una con agua subterránea que contiene menos de 1000 ppm de sólidos totales disueltos y que se denominó de "agua dulce" y otra con más de 1000 ppm de sólidos totales disueltos, denominada "agua salada".

El límite entre las zonas de agua dulce y salada se conoce como "Línea de Agua Mala".

La presencia de estos dos tipos de agua, se debe a la existencia de evaporitas de la Formación Mcknigth en el flanco - Este de la Sierra del Burro, las cuales han desaparecido en una franja al pie de la misma sierra, por el lavado que ha ejercido - la circulación de agua.

BIBLIOGRAFIA

- SMITH CHARLES I., 1970, Lower Cretaceous Stratigraphy Northern Coahuila, Mexico. Report of Investigations No. 65 Bureau of Economic -- Geology, The University of Texas. Austin Texas.
- SANCEN C. FRANCISCO., 1976, Prospección Hidrogeológica de la - Porción Noroccidental de la Sierra del - Burro, Coah., Proyecto CONACYT-NSF-704. Dirección de Geohidrología y de Zonas - Aridas, S.A.R.H.
- BATZNER JAY C., 1976, The Hydrogeology of Lomerio de Peyotes, Coahuila, Mexico. Thesis Master of Sciences. University of New Orleans.
- LOZO, F.E., AND SMITH., C., 1964, Revision of Comanche Creta-- ceous Stratigraphic Nomenclature, Sou-- thern Edwards Plateau, Southwest Texas: Gulf Coast Assoc. Geol. Socs., Trans., Vol. 14 Pp 285-307.
- PLAN NACIONAL HIDRAULICO, 1974, Descripción de Manantiales en la Zona del Río Bravo, Tamps.
- ABBOTT PATRICK L., 1974, On the Hydrogeology of the Edwards Limestone, Southcentral Texas. Journal of Hydrology 24 (1975) 251-269. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.

PLANO DE LOCALIZACION

ESTADOS UNIDOS

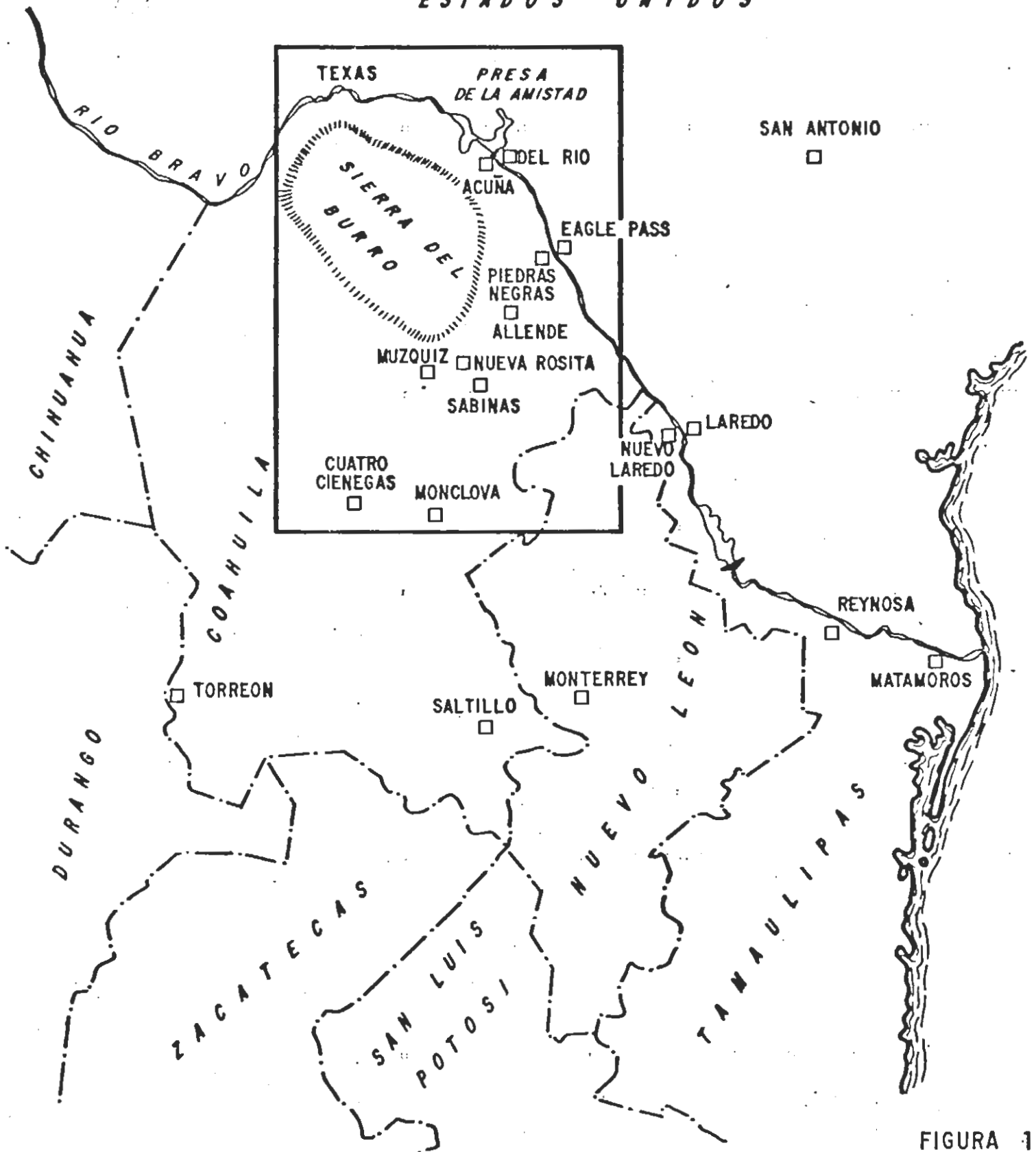
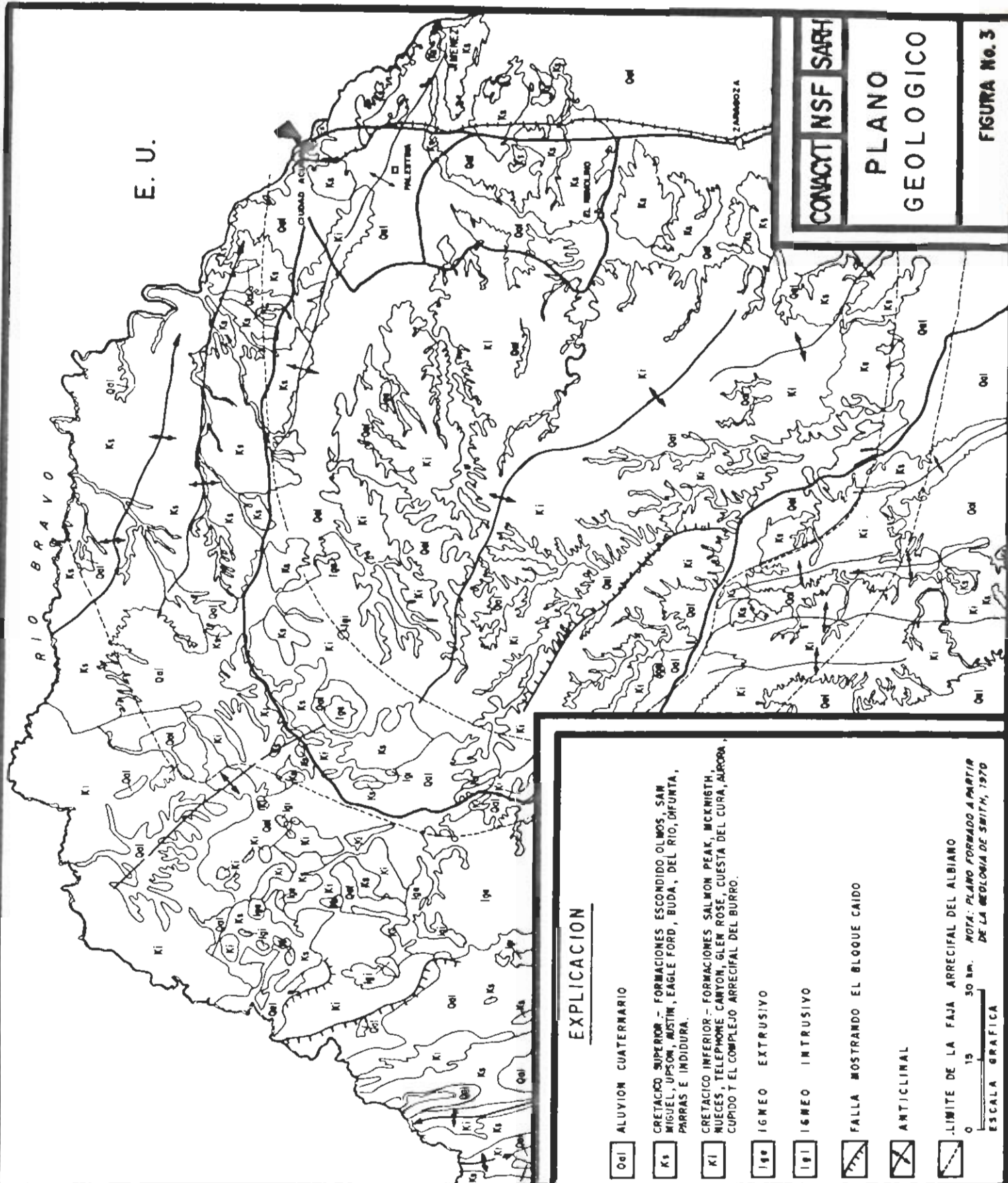


FIGURA 1

TABLA ESTRATIGRAFICA

FIGURA 2

| E D A D | | SIERRA MADRE ORIENTAL COAH. | SIERRA DEL BURRO COAH. | MUZQUIZ SABINAS, COAH. | |
|----------------|------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------------|-------------|
| MAESTRICHTIANO | | DIFUNTA | | ESCONDIDO | |
| CAMPANIANO | | | | OLMOS | |
| SANTONIANO | | | | SAN MIGUEL | |
| CONIACIANO | | | | UPSON | |
| TURONIANO | | PARRAS | | AUSTIN | |
| CENOMANIANO | | | | | |
| INDIDURA | | EAGLE FORD | EAGLE FORD | | |
| BUDA | | | | BUDA | |
| ALBIANO | SUPERIOR | C. DEL CURA | DEL RIO | DEL RIO | |
| | MEDIO | | AURORA | COMPLEJO ARRECFIAL DEL BURRO | SALMON PEAK |
| | | MCKNIGHT | | | |
| | | NUECES | | | |
| | TELEPHONE CANYON | | | | |
| INFERIOR | GLEN ROSE | AURORA | | | |
| LA PEÑA | | LA PEÑA | LA PEÑA | | |
| NEOCOMIANO | | | | CUPIDO | CUPIDO |



CONVACT NSF SARFI

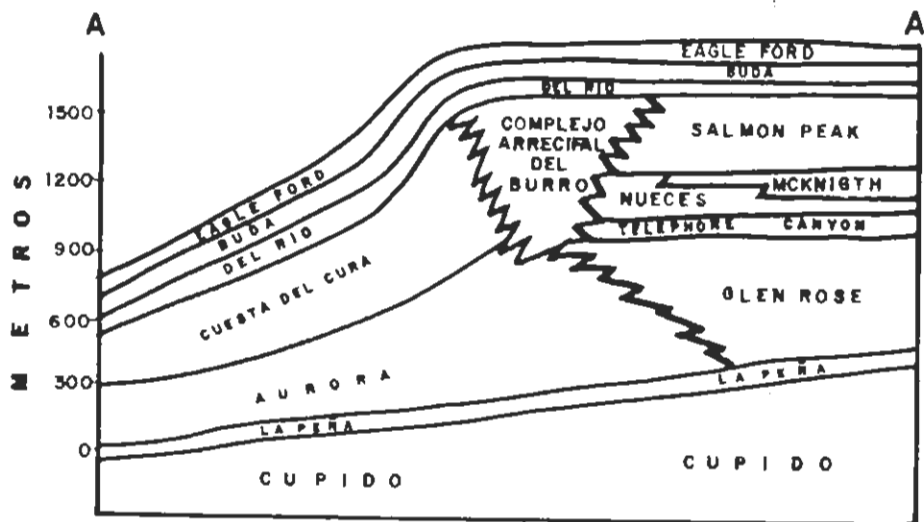
PLANO GEOLOGICO

FIGURA No. 3

EXPLICACION

- Ool ALUVION CUATERNARIO
 - Ks CRETACEO SUPERIOR - FORMACIONES ESCONDIDO OLMO, SAN MIGUEL, UPSOM, MUSTIN, EAGLE FORD, BUDA, DEL RIO, DIFUNTA, PARRAS E INDIDURA.
 - Ki CRETACEO INFERIOR - FORMACIONES SALMON PEAK, MCKNIGHT, WUECES, TELEPHONE CANYON, GLEN ROSE, CUESTA DEL CURA, AURORA, CUPIDO Y EL COMPLEJO ARRECIFAL DEL BURRO.
 - Ig0 IGNEO EXTRUSIVO
 - Ig1 IGNEO INTRUSIVO
 - / / / FALLA MOSTRANDO EL BLOQUE CAIDO
 - X ANTICLINAL
 - - - LIMITE DE LA FAJA ARRECIFAL DEL ALBIANO
- 0 15 30 km. NOTA: PLANO FORMADO A PARTIR DE LA MEDICION DE SMITH, 1970
- ESCALA GRAFICA

SECCION ESTRATIGRAFICA A-A'



MODIFICADO DE SMITH, 1970

Fig. 4

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE MUESTRAS DE AGUA

DE LA PENINSULA DE YUCATAN

FECHA DE MUESTREO: MARZO-ABRIL 1975

| MUESTRA No. | TIPO DE OBRA | LUGAR | C. E. MMHOS/CM CAMPO | P. H. DE CAMPO | SOLIDOS TOTALES P.P.M | Ca++ | | Mg++ | | NO3- | | K+ | | HCO3- | | SO4= | | Cl- | |
|-------------|--------------|-----------------|----------------------|----------------|-----------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-----|------|
| | | | | | | PPM | mg/l | PPM | mg/l | PPM | mg/l | PPM | mg/l | PPM | mg/l | PPM | mg/l | PPM | mg/l |
| 1-1 | POZO | 5 DE MAYO 2 | 692 | 7.6 | 417 | 110 | 5.50 | 21 | 1.75 | 8 | 0.35 | | | 363 | 5.95 | 61 | 1.27 | 19 | 0.55 |
| 1-2 | POZO | ENMEDIO | 1270 | 7.4 | 812 | 166 | 8.33 | 18 | 1.49 | 82 | 3.58 | | | 363 | 5.95 | 123 | 2.58 | 166 | 4.70 |
| 1-3 | POZO | LAS CUATAS | 563 | 7.8 | 333 | 100 | 4.99 | 8 | 0.61 | 11 | 0.50 | | | 305 | 5.00 | 33 | 0.70 | 19 | 0.55 |
| 1-4 | POZO | LA MORENA | 688 | 7.6 | 415 | 129 | 6.44 | 4 | 0.33 | 13 | 0.58 | | | 372 | 6.10 | 18 | 0.39 | 29 | 0.82 |
| 1-5 | POZO | SANTA MARIA | 595 | 7.0 | 343 | 98 | 4.91 | 9 | 0.77 | 15 | 0.66 | | | 308 | 5.05 | 17 | 0.36 | 32 | 0.92 |
| 1-6 | POZO | 5 DE MAYO 1 | 614 | 7.9 | 369 | 93 | 6.64 | 15 | 1.30 | 16 | 0.70 | | | 308 | 5.05 | 39 | 0.83 | 32 | 0.80 |
| 1-7 | POZO | NORIA LAS VACAS | 1230 | 7.9 | 838 | 124 | 6.19 | 19 | 1.57 | 134 | 5.86 | | | 369 | 6.05 | 282 | 5.89 | 56 | 1.60 |
| 1-8 | POZO | LOS BUEBROS 1 | 621 | 7.7 | 351 | 30 | 1.54 | 18 | 1.55 | 18 | 0.81 | | | 390 | 6.40 | 18 | 0.8 | 18 | 0.53 |
| 1-9 | | LAS VACAS | 543 | 7.4 | 321 | 101 | 5.08 | 5 | 0.52 | 8 | 0.36 | | | 329 | 5.40 | 6 | 0.13 | 13 | 0.39 |
| 1-10 | MANANTIAL | AGUA SULFOROSA | 2370 | 7.4 | 2407 | 591 | 29.58 | 44 | 3.65 | 12 | 0.56 | 1.56 | 0.04 | 1798 | 2.95 | 1470 | 30 | 13 | 0.39 |
| 1-11 | MANANTIAL | CABECERAS 1 | 367 | 8.1 | 236 | 64 | 3.24 | 6 | 0.52 | 3 | 0.14 | 0.39 | 0.01 | 149 | 2.45 | 60 | 1.25 | 5 | 0.15 |
| 1-12 | | EL OREGANO | 2480 | 7.8 | 2322 | 400 | 20.04 | 121 | 10 | 65 | 2.86 | 1.9 | 0.05 | 195 | 3.20 | 1428 | 29.24 | 13 | 0.39 |
| 1-13 | | BUENAFE | 487 | 7.9 | 267 | 75 | 3.79 | 9.4 | 0.78 | 4.37 | 0.19 | 0.39 | 0.1 | 219 | 3.6 | 41 | 0.87 | 8 | 0.25 |
| 1-14 | | BUENAFITRO | 1900 | 7.8 | 1201 | 6 | 0.30 | 3 | 0.28 | 4.63 | 20.1 | 0.16 | 0.04 | 817 | 13.4 | 184 | 3.85 | 124 | 3.64 |

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE MUESTRAS DE AGUA DE LA PENINSULA DE YUCATAN

FECHA DE MUESTREO: MARZO-ABRIL 1975

| MUESTRA No. | TIPO DE OBRA | LUGAR | C. E. MINHOS/CM | P. H. DE CAMPO | SOLIDOS TOTALES PPM | C A T I O N E S | | | A N I O N E S | | | | | | | | | | |
|----------------|--------------|-----------------------|--------------------|----------------------|---------------------------|-----------------|-------------|------------|---------------|--------------|-------------|------------|------|-----|-------|------|------|-----|------|
| | | | | | | Ca++ PPM | Mg++ PPM | Na+ PPM | K+ PPM | HCO3- PPM | SO4= PPM | Cl- PPM | | | | | | | |
| 2-1 | | POTAMA-1 | 2650 | 7.5 | 1834 | 588 | 23.9 | 75 | 6.17 | 18 | 0.78 | 2.1 | 0.5 | 223 | 3.65 | 1600 | 33.3 | 28 | 0.79 |
| 2-2 | | CARICUNA | 421 | 7.5 | 295 | 92 | 4.59 | 7.9 | 0.65 | 2.1 | 0.9 | 0.6 | 0.02 | 192 | 3.15 | 50 | 1.04 | 4 | 0.11 |
| 2-3 | | EL REMOLINO | 383 | 7.6 | 268 | 79 | 3.94 | 4 | 0.37 | 1.4 | 0.36 | 0.7 | 0.02 | 232 | 3.80 | 9.9 | 0.21 | 3 | 0.8 |
| 2-4 | | ALLENDE 1 | 1310 | 8.2 | 917 | 47 | 2.35 | 22 | 1.81 | 369 | 16.05 | 5.9 | 0.15 | 794 | 13.01 | 194 | 4.04 | 100 | 2.82 |
| 2-5 | | DOLORES | 442 | 7.4 | 309 | 96 | 4.79 | 11 | 0.90 | 3.2 | 0.14 | 0.6 | 0.02 | 213 | 3.49 | 45 | 0.94 | 6 | 0.17 |
| 2-6 | | ESTIJO AZUFROSA | 2390 | 7.5 | 1673 | 560 | 27.94 | 60 | 4.94 | 4.4 | 0.19 | 0.8 | 0.02 | 182 | 2.98 | 1470 | 30.6 | 6.5 | 0.18 |
| 2-7 | | SAN FRANCISCO | 631 | 7.4 | 441 | 97 | 4.84 | 21 | 1.73 | 21 | 0.91 | 0.9 | 0.02 | 281 | 4.61 | 67 | 1.39 | 17 | 0.48 |
| 2-8 | | LA LUZ GRANDE | 571 | 7.5 | 399 | 98 | 4.89 | 20 | 1.65 | 6.6 | 0.29 | 2. | 0.5 | 317 | 8.20 | 43 | 0.90 | 8 | 0.23 |
| 2-9 | | LA LUZ 1 | 482 | 7.7 | 337 | 53 | 2.64 | 24 | 1.97 | 17 | 0.74 | 0.9 | 0.02 | 201 | 4.61 | 32 | 0.67 | 7 | 0.20 |
| 2-10 | | LA PALMIRA | 715 | 7.9 | 500 | 100 | 4.99 | 11 | 0.90 | 41 | 1.78 | 0.6 | 0.02 | 280 | 4.59 | 73 | 1.52 | 52 | 1.47 |
| 2-11 | | SAN ALBERTO | 506 | 7.5 | 396 | 99 | 4.94 | 11 | 0.90 | 11 | 0.48 | 0.9 | 0.02 | 228 | 3.74 | 89 | 1.85 | 9 | 0.25 |
| 2-12 | | ZARAGOZA | 861 | 7.3 | 602 | 154 | 7.68 | 25 | 2.06 | 6.2 | 0.27 | 0.9 | 0.02 | 240 | 3.93 | 263 | 5.48 | 6.5 | 0.18 |
| 2-13 | | OJO CALIENTE HERMANAS | 2260 | 7.6 | 1582 | 477 | 23.8 | 85 | 6.99 | 17 | 0.74 | 1.9 | 0.05 | 182 | 2.98 | 1390 | 28.9 | 30 | 0.85 |
| 2-14 | | ESCIBEDO | 1060 | 7.7 | 742 | 182 | 9.08 | 27 | 2.22 | 42 | 1.83 | 1.2 | 0.03 | 302 | 4.95 | 319 | 6.64 | 59 | 1.66 |
| 2-15 | | OCAMPO | 526 | 7.5 | 368 | 94 | 4.69 | 19 | 1.56 | 3.2 | 0.14 | 0.8 | 0.02 | 214 | 3.51 | 94 | 1.96 | 5 | 0.16 |
| 2-16 | | SAN PABLO | 610 | 7.4 | 420 | 92 | 4.59 | 16 | 1.32 | 22 | 0.96 | 1.3 | 0.03 | 225 | 3.69 | 85 | 1.77 | 32 | 0.90 |
| 2-17 | | LA GLORIA 2 | 1740 | 7.7 | 1218 | 165 | 8.23 | 75 | 6.17 | 150 | 6.52 | 1.7 | 0.04 | 226 | 3.7 | 651 | 13.5 | 116 | 3.27 |
| 2-18 | | SALTILLO 4 | 863 | 7.5 | 604 | 118 | 5.89 | 35 | 2.88 | 28 | 1.22 | 2.8 | 0.07 | 210 | 3.44 | 238 | 4.96 | 30 | 0.85 |
| 2-19 | | RANCHO ARIZPE | 957 | 7.8 | 600 | 139 | 6.94 | 36 | 2.96 | 22 | 0.96 | 4.7 | 0.12 | 226 | 3.70 | 330 | 6.87 | 18 | 0.51 |
| 2-20 | POZO | BIENOS AIRES 2 | 368 | 7.5 | 257 | 67 | 3.34 | 10 | 0.82 | 1.4 | 0.6 | 0.5 | 0.01 | 217 | 3.56 | 16 | 0.33 | 2 | 0.6 |
| 2-21 | POZO | MONTERREY 2 | 473 | 7.5 | 331 | 89 | 4.44 | 10 | 0.82 | 6.4 | 0.28 | 0.6 | 0.2 | 204 | 3.34 | 50 | 1.04 | 12 | 0.37 |
| 2-22 | POZO | KEINA 10 | 773 | 7.4 | 541 | 99 | 4.94 | 14 | 1.15 | 50 | 2.18 | 1.5 | 0.04 | 216 | 3.54 | 90 | 1.87 | 90 | 2.54 |

Fig. 5

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE MUESTRAS DE AGUA

DE LA PENINSULA DE YUCATAN

FECHA DE MUESTREO: MARZO-ABRIL 1975

| MUESTRA No. | TIPO DE CERRA | LUGAR | C. E. MMHOS/CM | P. H. DE CAMPO | SOLIDOS TOTALES P P M | C A T I O N E S | | | K + | | | A N I O N E S | | | C I | | | | |
|-------------|---------------|--------------------|----------------|----------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------|------|-------|----|------|
| | | | | | | Co ⁺⁺ P P M | Mg ⁺⁺ P P M | Na ⁺ P P M | Ca ⁺⁺ P P M | Mg ⁺⁺ P P M | Na ⁺ P P M | HCO ₃ P P M | SO ₄ P P M | Cl ⁻ P P M | | | | | |
| 3-1 | | EL REMOLINO | 480 | 7.25 | 254 | 72 | 3.61 | ε | 0.54 | 4 | 0.19 | 0.6 | 0.01 | 222 | 3.63 | 7 | 0.15 | 15 | 0.42 |
| 3-2 | | LAS ANIMAS | 560 | 7.35 | 320 | 82 | 4.11 | 11 | 0.95 | 5 | 0.21 | 0.9 | 0.02 | 276 | 4.52 | 12 | 0.24 | 15 | 0.42 |
| 3-3 | | SAN DIEGO | 570 | 7.15 | 332 | 90 | 4.53 | 9 | 0.77 | 6 | 0.26 | 1.1 | 0.02 | 290 | 4.76 | 13 | 0.27 | 17 | 0.47 |
| 3-4 | | LA SAUCEDA | 1210 | 7.80 | 698 | 164 | 8.21 | 48 | 3.96 | 42 | 1.82 | 1.7 | 0.04 | 380 | 6.23 | 350 | 7.28 | 36 | 1.01 |
| 3-5 | | NAVA | 570 | 7.35 | 570 | 82 | 4.11 | 6 | 0.53 | 9 | 0.39 | 0.8 | 0.02 | 268 | 4.40 | 23 | 0.48 | 13 | 0.36 |
| 3-6 | | ALLERIE | 585 | 7.50 | 340 | 75 | 3.77 | 12 | 1.02 | 11 | 0.47 | 0.8 | 0.02 | 247 | 4.05 | 55 | 1.16 | 15 | 0.42 |
| 3-7 | | DOLORES | 635 | 7.25 | 370 | 96 | 4.82 | 11 | 0.93 | 5 | 0.23 | 0.8 | 0.02 | 280 | 4.06 | 59 | 1.24 | 16 | 0.45 |
| 3-8 | | MANJITA LIBRE | 560 | 7.20 | 310 | 79 | 3.98 | 9 | 0.78 | 79 | 3.34 | 0.8 | 0.02 | 259 | 4.25 | 23 | 0.48 | 16 | 0.45 |
| 3-9 | | LAS CORRIENTES | 480 | 7.40 | 272 | 75 | 3.77 | 13 | 1.08 | 5 | 0.21 | 0.08 | 0.0 | 252 | 4.13 | 16 | 0.34 | 16 | 0.45 |
| 3-10 | | JESUS Y BIZARRON | 570 | 7.15 | 318 | 85 | 4.28 | 11 | 0.90 | 5 | 0.21 | 0.8 | 0.02 | 271 | 4.44 | 32 | 0.68 | 17 | 0.47 |
| 3-11 | | JUJUDO | 535 | 7.50 | 282 | 83 | 4.17 | 13 | 1.07 | 5 | 0.21 | 0.08 | 0.00 | 266 | 4.36 | 38 | 0.79 | 15 | 0.42 |
| 3-12 | | LA CIENEGA | 610 | 7.20 | 302 | 79 | 3.94 | 17 | 1.44 | 5 | 0.21 | 0.7 | 0.01 | 285 | 4.67 | 32 | 0.68 | 23 | 0.64 |
| 3-13 | | PALMIRA | 545 | 7.25 | 282 | 79 | 3.94 | 12 | 1.03 | 4 | 0.19 | 0.7 | 0.01 | 256 | 4.21 | 23 | 0.48 | 19 | 0.53 |
| 3-14 | | SANTANA | 600 | 7.30 | 304 | 80 | 4.03 | 6 | 0.54 | 14 | 0.60 | 0.9 | 0.02 | 256 | 4.21 | 50 | 1.04 | 20 | 0.53 |
| 3-15 | | STA. MONICA | 650 | 7.25 | 362 | 95 | 4.78 | 13 | 1.10 | 7.5 | 0.32 | 1.7 | 0.04 | 297 | 4.87 | 65 | 1.36 | 18 | 0.50 |
| 3-16 | | GUADALUPE | 625 | 7.50 | 370 | 95 | 4.74 | 13 | 1.10 | 95 | 0.32 | 1.3 | 0.03 | 285 | 4.83 | 65 | 1.36 | 20 | 0.56 |
| 3-17 | | EL SOCAVON | 715 | 7.20 | 412 | 110 | 5.50 | 16 | 1.34 | 5 | 0.21 | 0.7 | 0.01 | 245 | 4.01 | 145 | 3.01 | 15 | 0.42 |
| 3-18 | | CABECERA | 520 | 7.50 | 272 | 68 | 3.40 | 18 | 1.54 | 5 | 0.21 | 0.07 | 0.00 | 207 | 3.39 | 65 | 1.35 | 11 | 0.31 |
| 3-19 | | LA ANOSTURA | 1690 | 7.4 | 1400 | 324 | 16.21 | 57 | 4.69 | 9 | 0.41 | 0.8 | 0.02 | 161 | 2.65 | 980 | 20.4 | 17 | 0.47 |
| 3-20 | | SARDINAS | 1690 | 6.95 | 1262 | 320 | 15.98 | 56 | 4.61 | 40 | 1.74 | 0.9 | 0.02 | 221 | 3.62 | 984 | 20.4 | 17 | 0.47 |
| 3-21 | | SAN ANTONIO CASADA | 1795 | 7.25 | 1502 | 341 | 17.05 | 44 | 3.64 | 10 | 0.43 | 0.8 | 0.02 | 209 | 3.43 | 1015 | 21.13 | 19 | 0.53 |
| 3-22 | | LA BOHIOCA | 2015 | 7.15 | 1736 | 388 | 19.37 | 68 | 5.59 | 8 | 0.34 | 1.2 | 0.03 | 202 | 3.31 | 1150 | 23.94 | 17 | 0.47 |
| 3-23 | | ESCOREDO | 1235 | 7.10 | 790 | 176 | 8.83 | 22 | 1.82 | 47 | 2.04 | 1.3 | 0.03 | 309 | 5.06 | 396 | 8.24 | 25 | 0.70 |
| 3-24 | | OJO CALIFANTE | 2145 | 7.15 | 1858 | 417 | 20.84 | 87 | 3.16 | 22 | 0.95 | 1.8 | 0.04 | 180 | 2.96 | 1410 | 29.35 | 34 | 0.95 |
| 3-25 | | ZENCINAS | 910 | 7.20 | 604 | 139 | 6.94 | 33 | 2.79 | 9 | 0.41 | 1.0 | 0.02 | 235 | 3.86 | 290 | 6.03 | 17 | 0.47 |
| 3-26 | | ZARAGOZA | 1040 | 7.05 | 552 | 167 | 8.35 | 31 | 2.55 | 11 | 0.47 | 1.4 | 0.03 | 290 | 4.75 | 390 | 8.11 | 19 | 0.53 |
| 3-27 | | CERRO DEL MARQUEZ | 650 | 7.25 | 338 | 100 | 5.03 | 11 | 0.97 | 3 | 0.13 | 0.5 | 0.01 | 252 | 4.13 | 97 | 2.01 | 9 | 0.25 |
| 3-28 | | LA CASITA | 910 | 7.30 | 486 | 151 | 7.55 | 20 | 1.71 | 4 | 0.17 | 0.6 | 0.01 | 228 | 3.74 | 285 | 5.93 | 15 | 0.43 |
| 3-29 | | AGUA DELGADA | 480 | 7.30 | 274 | 81 | 4.07 | 9 | 0.74 | 5 | 0.21 | 0.8 | 0.02 | 256 | 4.21 | 25 | 0.51 | 15 | 0.42 |

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE MUESTRAS DE AGUA

DE LA PENINSULA DE YUCATAN

FECHA DE MUESTREO: MARZO-ABRIL 1975

| MUESTRA No. | TIPO DE OBRA | LUGAR | C. E. MUNICIPIO | P. H. DE CARRIZO | SOLIDOS TOTALES PPM | C A T I O N E S | | | A N I O N E S | | | C l | | | | | | | |
|----------------|--------------|--------------------|--------------------|------------------------|---------------------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|------------------|----------------|------|-------|-----|------|------|--------|-----|------|
| | | | | | | C o t + PPM | Mg + PPM | N o + PPM | K + PPM | H C O 3 - PPM | S O 4 = PPM | | P P H | | | | | | |
| 3-30 | | RIO MADADORES | 3640 | 7.45 | 2976 | 316 | 15.77 | 82 | 6.77 | 369 | 16.09 | 14.4 | 0.36 | 247 | 4.05 | 1700 | -35.39 | 212 | 5.98 |
| 3-31 | | TIERRA BLANCA | 3000 | 7.15 | 2528 | 396 | 19.79 | 110 | 9.08 | 191 | 8.35 | 9.7 | 0.24 | 240 | 3.93 | 1520 | 32.47 | 129 | 3.63 |
| 3-32 | | EL GABABATAL | 3000 | 7.45 | 2558 | 371 | 18.53 | 125 | 10.29 | 221 | 9.65 | 10.6 | 0.27 | 202 | 3.31 | 1560 | 32.47 | 142 | 4 |
| 3-33 | | EL MOJARRAL | 2795 | 7.20 | 2532 | 358 | 17.80 | 110 | 9.1 | 191 | 7.91 | 8.8 | 0.22 | 221 | 3.62 | 1510 | 31.43 | 116 | 3.27 |
| 3-34 | | ESQUILLO | 3100 | 7.25 | 2530 | 366 | 18.30 | 113 | 9.3 | 200 | 8.7 | 9.4 | 0.24 | 235 | 3.86 | 1490 | 31.02 | 121 | 3.41 |
| 3-35 | | LA BECERRA | 2665 | 7.45 | 2124 | 337 | 16.84 | 66 | 5.48 | 169 | 7.39 | 8.6 | 0.21 | 223 | 3.66 | 1260 | 26.23 | 109 | 3.07 |
| 3-36 | | CIBURNGE | 2600 | 7.50 | 2112 | 316 | 15.79 | 114 | 9.38 | 174 | 7.61 | 8.0 | 0.20 | 204 | 3.33 | 1315 | 27.37 | 117 | 3.37 |
| 3-37 | | LA VEGA | 570 | 7.30 | 354 | 94 | 4.70 | 10 | 0.85 | 3 | 0.13 | 0.7 | 0.01 | 255 | 4.18 | 62 | 1.25 | 12 | 0.33 |
| 3-38 | | SAN PABLO | 665 | 7.45 | 374 | 91 | 4.57 | 15 | 1.27 | 18 | 0.78 | 1.2 | 0.03 | 245 | 4.02 | 102 | 2.12 | 32 | 0.9 |
| 3-39 | | ESQUILA | 1235 | 7.80 | 722 | 147 | 7.37 | 71 | 5.9 | 58 | 2.56 | 2.6 | 0.06 | 256 | 4.21 | 470 | 9.70 | 46 | 1.29 |
| 3-40 | | LA TECLA | 1105 | 7.20 | 770 | 134 | 6.73 | 56 | 4.62 | 49 | 2.17 | 3.9 | 0.09 | 233 | 3.82 | 410 | 8.53 | 40 | 1.12 |
| 3-41 | | SANTA MONICA | 545 | 7.10 | 264 | 91 | 4.57 | 6 | 0.52 | 4 | 0.17 | 0.6 | 0.01 | 282 | 4.63 | 7 | 0.14 | 10 | 0.28 |
| 3-42 | | POZUELOS DE ARRIBA | 1220 | 7.10 | 682 | 163 | 8.18 | 33 | 2.72 | 35 | 1.56 | 1.9 | 0.04 | 261 | 4.28 | 408 | 8.49 | 52 | 1.46 |
| 3-43 | | BONOCHE | 1220 | 7.10 | 786 | 184 | 9.23 | 45 | 3.76 | 29 | 1.28 | 1.5 | 0.03 | 289 | 4.74 | 372 | 7.74 | 38 | 1.07 |
| 3-44 | | LAS HIGUERAS | 2200 | 6.95 | 1604 | 317 | 15.83 | 57 | 4.76 | 87 | 3.82 | 2.1 | 0.06 | 235 | 3.86 | 905 | 18.84 | 125 | 3.52 |
| 3-45 | | ODO CALIENTE | 1950 | 7.60 | 1272 | 183 | 9.15 | 44 | 3.65 | 166 | 7.26 | 3.7 | 0.09 | 226 | 3.7 | 446 | 9.26 | 263 | 7.41 |
| 3-46 | | LA MORITA | 2535 | 7.20 | 2532 | 236 | 11.78 | 124 | 10.26 | 415 | 18.07 | 3.9 | 0.09 | 301 | 4.91 | 1260 | 26.23 | 251 | 7.08 |
| 3-47 | | SANTA RITA | 2275 | 7.55 | 1650 | 248 | 12.38 | 119 | 9.86 | 149 | 6.52 | 3.3 | 0.08 | 397 | 6.52 | 1070 | 22.2 | 83 | 2.34 |
| 3-48 | | SAN FRANCISCO | 3575 | 7.25 | 2860 | 300 | 15.14 | 216 | 17.81 | 206 | 9 | 3.5 | 0.08 | 395 | 4.84 | 1720 | 35.8 | 139 | 3.92 |
| 3-49 | | ODO DE AGUA | 690 | 6.89 | 360 | 92 | 4.61 | 21 | 1.72 | 8 | 0.36 | 1.2 | 0.03 | 296 | 4.86 | 81 | 1.65 | 20 | 0.56 |
| 3-50 | | TAPO DE ZAPATA | 625 | 7.30 | 322 | 82 | 4.11 | 23 | 1.96 | 6 | 0.26 | 1.0 | 0.02 | 299 | 4.90 | 65 | 1.31 | 15 | 0.42 |
| 3-51 | | ABREVADERO | 650 | 7.00 | 326 | 88 | 4.39 | 16 | 1.39 | 0.4 | 0.02 | 0.9 | 0.02 | 296 | 4.86 | 65 | 1.36 | 14 | 0.39 |
| 3-52 | | GUARICHE | 675 | 7.15 | 354 | 92 | 4.61 | 20 | 1.64 | 11.9 | 0.52 | 1.0 | 0.02 | 277 | 4.55 | 81 | 1.65 | 17 | 0.47 |
| 3-53 | | GENERAL CEPEDA | 1325 | 7.50 | 836 | 151 | 7.55 | 155 | 12.8 | 109 | 4.78 | 2.1 | 0.05 | 317 | 5.21 | 328 | 6.82 | 77 | 2.17 |
| 3-54 | | LA VENTANA | 1820 | 6.90 | 1220 | 223 | 11.15 | 59 | 4.91 | 104 | 4.56 | 2.9 | 0.07 | 228 | 3.74 | 805 | 16.10 | 85 | 2.39 |
| 3-55 | | EL CERRO | 1975 | 7.25 | 1442 | 261 | 13.04 | 96 | 7.97 | 124 | 5.43 | 2.2 | 0.05 | 289 | 4.75 | 1020 | 21.2 | 96 | 2.70 |
| 3-56 | | LOS CIENOBOS | 1090 | 7.20 | 668 | 142 | 7.13 | 23 | 1.96 | 38 | 1.65 | 1.4 | 0.03 | 223 | 3.66 | 330 | 6.87 | 40 | 1.12 |
| 3-57 | | LOS ALAMOS | 1090 | 7.20 | 658 | 139 | 6.97 | 21 | 1.80 | 35 | 1.52 | 1.2 | 0.03 | 211 | 3.45 | 320 | 6.60 | 42 | 1.18 |

ZONA ALLENDE-SABINAS

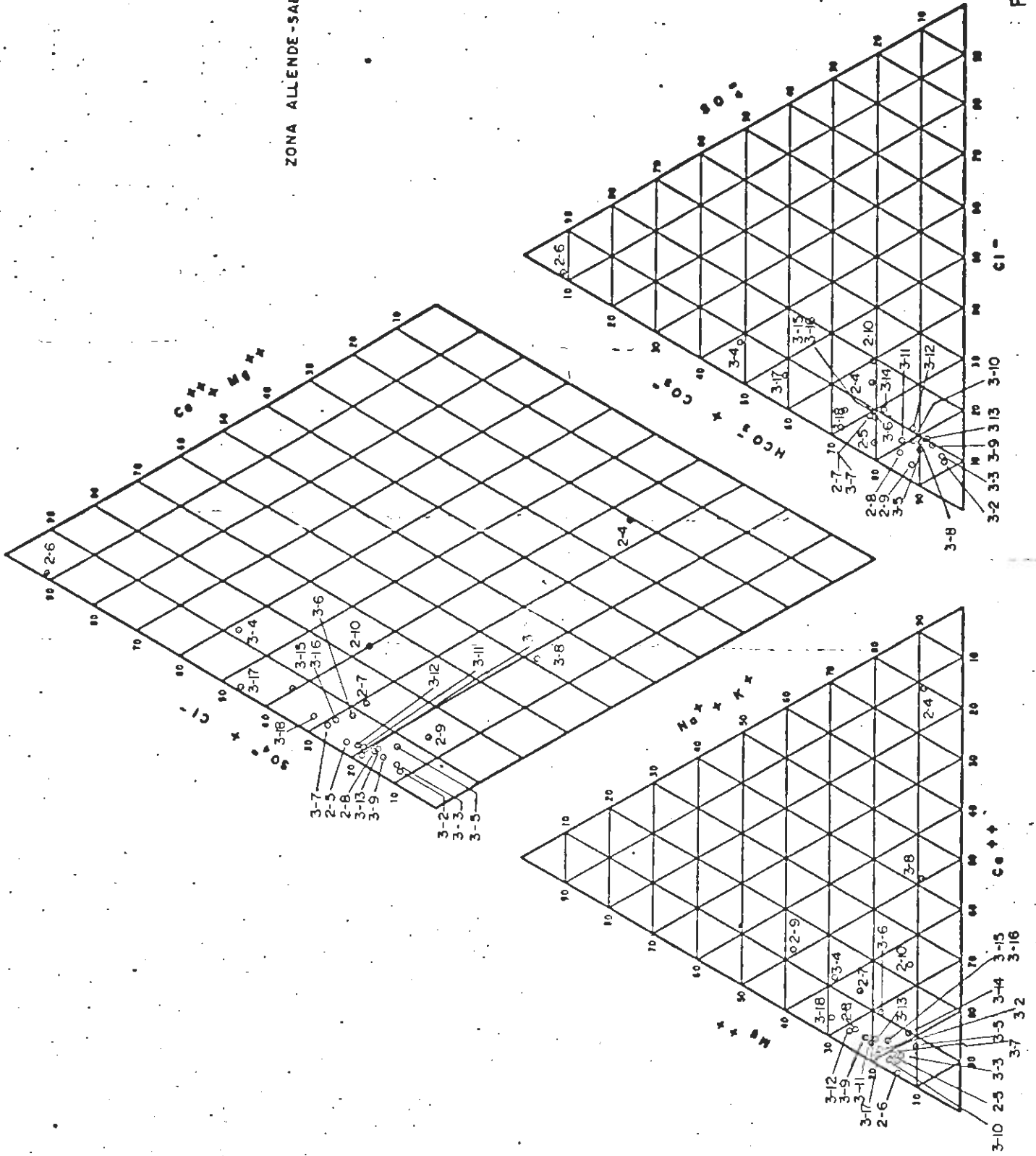


Fig. 7

Fig. 7

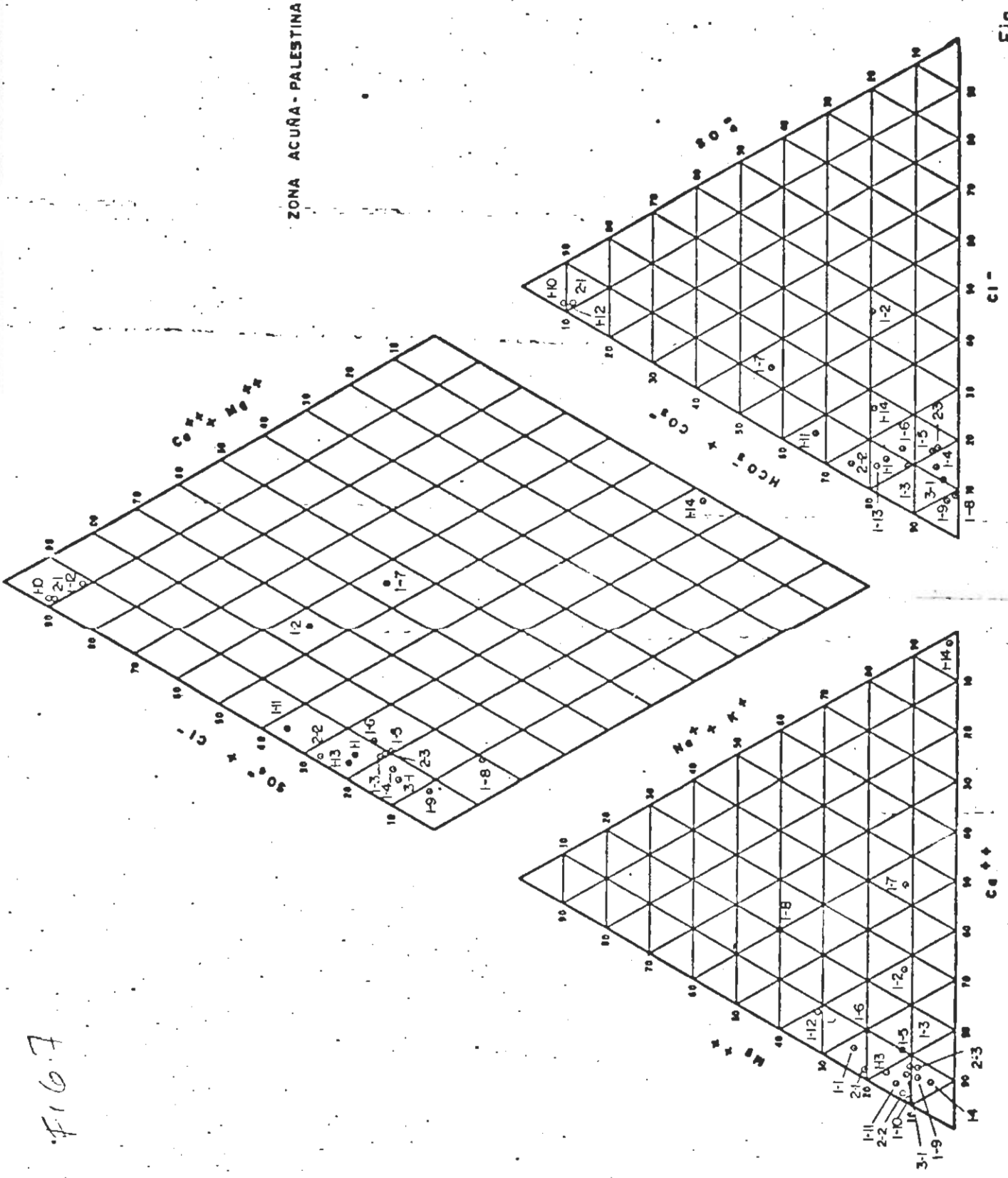
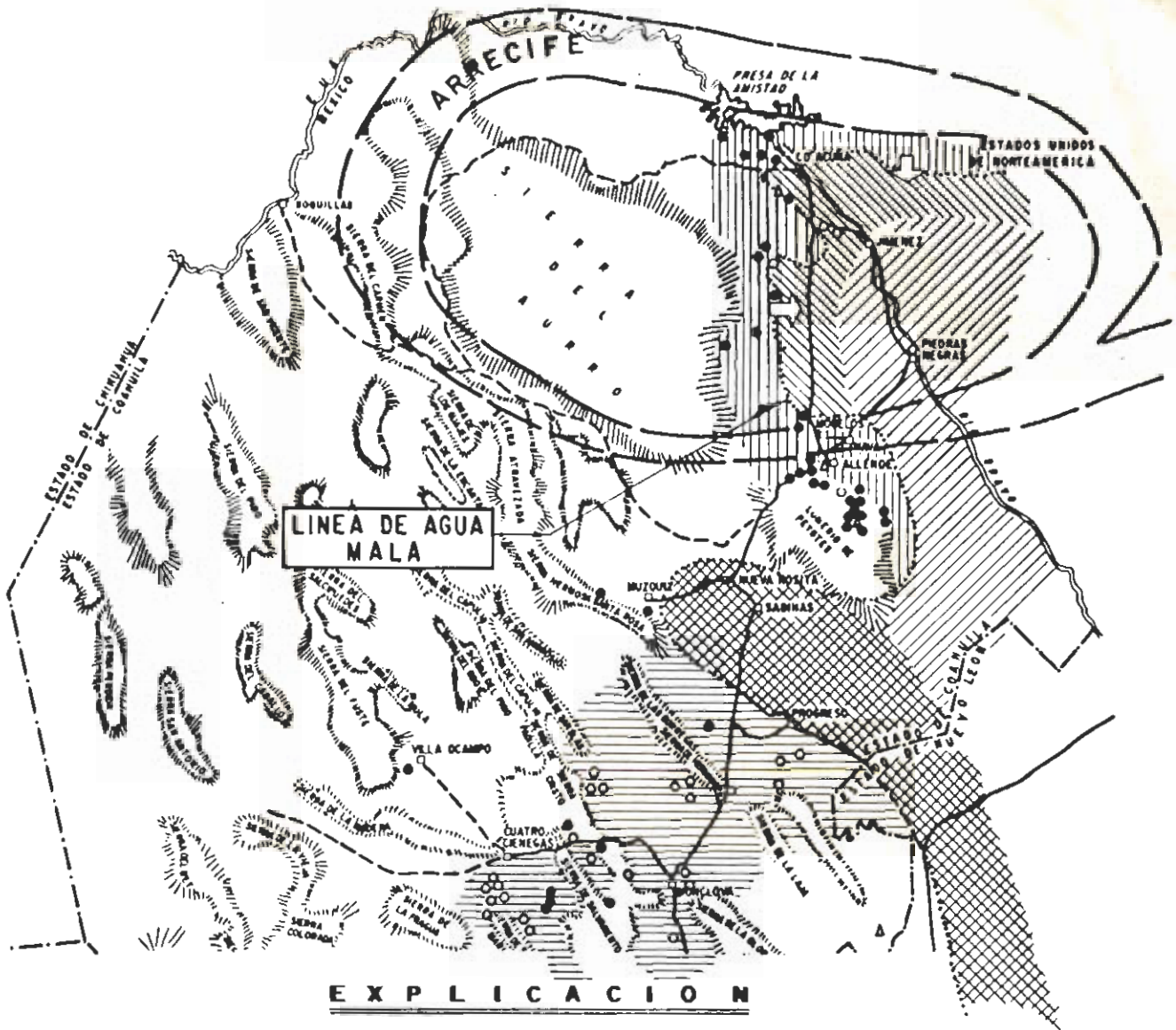







Fig. 7

PLANO HIDROGEOQUIMICO



EXPLICACION

-  ZONA CON AGUA DE BUENA CALIDAD, EN ROCAS DE CRETACICO INFERIOR. CONTIENE MENOS DE 1000 PPM, DE S.T.D. * PREDOMINA EL AGUA CALCICA - BICARBONATADA.
-  ZONA CON AGUA DE MALA CALIDAD EN ROCAS DEL CRETACICO SUPERIOR DENTRO DE LA PALEOLAGUNA DE MAVERICK. CONTIENE MAS DE 1000 PPM, DE S.T.D. Y PREDOMINA EL AGUA CALCICA - SULFATADA.
-  ZONA SIN AGUA SUBTERRANEA O CON AGUA DE MALA CALIDAD.
-  ZONA SIN AGUA SUBTERRANEA. SE ENCUENTRAN ZONAS MUY AISLADAS CON AGUA SUBTERRANEA COMO EN SABINAS HIDALGO, N. L.
-  ZONA DONDE PREDOMINA EL AGUA DE MALA CALIDAD QUE CONTIENE MAS DE 1000 PPM, DE S.T.D. SE ENCUENTRAN ZONAS LOCALES CON AGUA DE BUENA CALIDAD.

FAMILIAS DE AGUA

- AGUA CALCICA SULFATADA
- AGUA CALCICA BICARBONATADA
- △ AGUA MIXTA
- ➔ DIRECCION DEL FLUJO REGIONAL DEL AGUA SUBTERRANEA.

— — — LIMITE DEL ARRECIFE

* S.T.D. SOLIDOS TOTALES DISUELTOS