
CAPITULO 1

GENERALIDADES

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

Se llama aguas subterráneas a las existentes entre los intersticios del terreno, bajo la superficie de este. (1, pp 1-14)

La contaminación de los almacenamientos de agua subterránea es el resultado de la recarga de los mismos, ya sea natural o artificial.

El agua subterránea se ha venido acumulando a través de varios siglos, aumentando ligeramente su volumen en algunos años, por el efecto de las lluvias. El término de "agua subterránea" no se refiere a una agua cualquiera que se halle por debajo de la superficie del terreno, sino al agua que se encuentra en las rocas, sean estas consolidadas o no y que son suficientemente permeables como para permitir que cantidades apreciables de agua se desplacen hacia los pozos. (1, pp 1-14).

El agua es el solvente más abundante que existe en la naturaleza, por lo que al entrar en contacto con los terrenos por donde circula será capaz de incorporar gran cantidad de sustancias en disolución y en suspensión, incluyendo microorganismos. Las aguas subterráneas tienen mayor posibilidad de disolver materiales que las aguas superficiales.

Las aguas subterráneas contienen siempre en estado natural una serie de sales disueltas. Estas sales se originan por el contacto del agua en movimiento con los diversos materiales del suelo y subsuelo. De la misma forma, el agua recoge materia orgánica natural de las hojas, hierbas y vegetación en diversos estados de biodegradación y diluye gases atmosféricos. El resultado de estos contactos es que el agua acumula ciertas cantidades de impurezas naturales por disolución o reacción química seguida de disolución.

Los cambios en la calidad de las aguas subterráneas son causadas por la introducción de sustancias químicas o biológicas en el medio ambiente subterráneo debido a la actividad humana, por la interferencia cuantitativa con los esquemas naturales, o por las diversas combinaciones posibles entre todos ellos.

El agua subterránea puede contaminarse de forma directa, cuando las sustancias contaminantes se introducen directamente en el acuífero (vertido de aguas de desecho en "pozos negros") o en forma indirecta, con dilución (cuando la recarga natural del

acuífero se contamina o se introducen aguas contaminadas en el acuífero a causa de la alteración de las condiciones hidrodinámicas preexistentes, tales como las que pueden producir la extracción de agua de un pozo, el drenaje de una zona, etc.

Fuentes de contaminación:

- a) La originada por la vida del hombre en comunidad.
- b) La resultante de las actividades agrícolas.
- c) Las de actividades pecuarias.
- d) La causada por la extracción, procesamiento y distribución de hidrocarburos.
- e) La de residuos de actividades mineras.
- f) La causada por actividades industriales.
- g) Otras fuentes de contaminación (recargas artificiales, actividades nucleares, etc.)

Causas de contaminación de las aguas subterráneas que alimentan los sistemas de una ciudad:

- a) La disposición de desechos sólidos en los tiraderos a cielo abierto o en los rellenos sanitarios localizados cerca o dentro de la ciudad.
- b) Las aguas pluviales urbanas.
- c) La infiltración de aguas superficiales contaminadas.
- d) La originada por desechos de animales como estiércol o restos orgánicos.
- e) Los tiraderos accidentales de desechos sólidos peligrosos de uso frecuente en la industria.

- f) Los pozos de inyección para la disposición de aguas residuales.
- g) La infiltración de aguas de irrigación que contengan fertilizantes pesticidas.
- h) Los residuos de pesticidas. (6, pp 654).

El hombre introduce elementos extraños en los acuíferos a través de un gran número de actividades. En lo que se refiere a las actividades agrícolas, el empleo de pesticidas y/o plaguicidas puede resultar a largo plazo muy peligroso para las aguas subterráneas; así mismo la utilización de cantidades excesivas de abono y fertilizantes puede plantear serios problemas debido a la acumulación de nutrientes en las aguas. El problema en regiones áridas y semi-áridas, es la creciente mineralización de las aguas subterráneas, debido a los procesos de disolución de sales y a las prácticas de irrigación.

La actividad industrial produce otra serie de productos contaminantes. La mayor parte de las fuentes de contaminación debidas a la industria, son de tipo puntual, es decir, bien localizadas en una área reducida. En muchas ocasiones, las aguas residuales industriales se eliminan mediante pozos de inyección, estanques, balsas de infiltración, etc.

La entrada del agente o agentes contaminantes en el manto acuífero subterráneo, puede tener lugar de muy diversas maneras. Los materiales que inician su trayectoria en la superficie del

terreno, están sujetos a una serie de procesos entre los que se encuentran la lixiviación, la infiltración a través de la zona no saturada del terreno y la llegada al nivel saturado, es decir el acuífero.

Una vez incorporado el agente contaminante al sistema hidráulico subterráneo, este se desplaza siguiendo el flujo general del agua subterránea y, en muchos casos, su efecto se vé atenuado con la distancia, dependiendo de una larga serie de factores, tanto físicos como químicos.

Uno de los efectos más importantes sobre la salud pública, es sin duda la contaminación biológica del agua subterránea, ya que esta es una importante fuente de abastecimiento de agua a las poblaciones.

El nitrógeno, en forma de nitratos solubles y concentraciones relativamente elevadas, (90mg/l como NO_3^- aunque puede ser perjudicial desde 45 mg/l) puede producir hemoglobulinemia en los recién nacidos. En casos leves, puede que sólo se manifieste por producir una coloración azul en la piel del niño; pero en estado más avanzado, puede producir daños en el cerebro e incluso la muerte. Las altas concentraciones pueden metabolizarse a nitrosamina, un carcinógeno potencial. Las altas concentraciones de nitrato en las aguas de los pozos, puede deberse a un escurrimiento directo de agua superficial dentro de éstos, o a la infiltración de agua

contaminada dentro del acuífero y desde el suelo sobreyacente. (1, pp 1-14).

Los niveles de nitrato en agua subterránea se han visto incrementados en las últimas décadas debido a los fertilizantes agroindustriales. (2, pp 668-669).

1.2. OBJETIVOS DE ESTE ESTUDIO.

- 1. Conocimiento de las obras de captación de agua subterránea en el acuífero granular de Cadereyta Jiménez, N. L.**
- 2. Determinar las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua subterránea.**
- 3. Definir el sistema de flujo mediante curvas de isovalores, el diagrama triangular de Piper, el diagrama semilogarítmico y los diagramas de Stiff.**
- 4. Determinar las áreas o fuentes de recarga del acuífero.**
- 5. Detectar los efectos contaminantes por la posible disposición de las aguas residuales en las cercanías del acuífero.**
- 6. Establecer la correlación entre la calidad del agua subterránea y la composición mineralógica del acuífero.**

1.3. HIPOTESIS

Si se aplica a 39 de 42 pozos de Cadereyta Jiménez, N. L. y al agua de los ríos San Juan y Santa Catarina los resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos puede conocerse la calidad del agua del acuífero granular de la zona y la evolución espacial de los elementos químicos y orgánicos que contiene el agua.

1.4. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.

Más del 97 % del agua potable en nuestro planeta (excluyendo la de las capas de hielo polar y glaciares) se encuentra bajo la tierra y el resto lo constituyen los ríos, lagos y mar.

Las ventajas del agua subterránea son:

- El costo de construcción de pozos es generalmente menor que el costo de las obras de captación de agua superficial, tales como presas, represas, diques y plantas de tratamiento.
- La calidad del agua subterránea es adecuada para el consumo, sin necesidad de tratamiento; excepto en casos de contaminación natural y/o artificial.
- Es una alternativa de abastecimiento muy conveniente en el caso de pequeñas o medianas poblaciones urbanas o de comunidades rurales.

1.5. MARCO TEORICO

La mayor parte del agua subterránea proviene del porcentaje de esta, procedente de lluvias, granizo o nieve que se infiltra y que alcanza el nivel de saturación del sistema acuífero en ese lugar y que posteriormente pasa a formar parte del sistema de flujo. Desde el proceso de infiltración, la composición química del agua cambia de acuerdo con las condiciones propias del suelo, por la mineralogía de los materiales que atravieza y a medida que se mueve, de acuerdo a la trayectoria de flujo desde las zonas de recarga hasta las zonas de descarga.

Las aguas del subsuelo son usualmente de mucha mejor calidad que las aguas superficiales, debido a las ventajas de la filtración a través del suelo.

El agua superficial no marina (presas, ríos, lagos, etc.), también se infiltra hacia las corrientes, proporcionando así el flujo de base que subsiste durante el período de sequía del año. Las condiciones que determinan la velocidad y el caudal de la recarga del agua subterránea puede ser de dos categorías relacionadas con la precipitación y las relacionadas con la facilidad de entrada del agua en el terreno.

CAPITULO 2

ANTECEDENTES

CAPITULO 2

ANTECEDENTES

Las aguas subterráneas son una importante fuente para el abastecimiento del hombre; pero en la región de Cadereyta Jiménez, N. L., el agua proveniente del acuífero es utilizada para el aseo, tanto personal como del hogar, ya que temen que esté contaminada con petróleo; debido a esto, se realizaron análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, los cuales van a estar regidos por las normas de calidad de agua potable para el consumo humano.

Ya Anaxágoras (500-428 A.C), reconoció la importancia de la evaporación y de la lluvia como fuentes de alimentación de los ríos, principalmente en términos de grandes depósitos; también reconoció la recarga y el almacenamiento subterráneo; aún cuando entendió en forma incorrecta la naturaleza de ese almacenamiento.
(58)

Platón, alrededor del 350 A.C., escribió respecto a los segmentos del ciclo: lluvia - escurrimiento; infiltración del agua superficial y almacenamiento subterráneo, ideando proposiciones correctas respecto a los orígenes de los manantiales y de los arroyos. (58)

Aristoteles 384 - 322 A.C.; reconoció la trayectoria cíclica del agua entre la tierra y la atmósfera, la evaporación, la condensación y la importancia de ambas en la precipitación. También que parte de la lluvia es drenada por los ríos y otra se infiltra para reaparecer en los manantiales. (58)

Vitrivius (vivió en el tiempo de Cristo), estableció clara y correctamente la importancia de la evaporación, la precipitación y la infiltración en el origen del agua subterránea. (58)

Leonardo da Vinci (siglo XV y XVI D. C.), identificó los sistemas subterráneos artesianos. (58)

Los romanos empezaron a pensar que las precipitaciones en forma de nieve y lluvias eran suficientes para alimentar los depósitos y manantiales de agua subterránea. Marco Vitrubio,(siglo 15 A.C.), comenzó a impugnar esta teoría y a entrever la existencia del ciclo hidrológico como se contempla actualmente. Lucio Anneo Séneca, 4 A.C. - 65 D.C., concluye que el agua de lluvia no es suficiente para alimentar las fuentes subterráneas (3)

Johann Kepler (1571 - 1630), astrónomo alemán, fue un hombre con gran imaginación. El comparó a la tierra con un gran animal, el cual tomaba el agua de los océanos, esta era digerida, asimilada y descargada en productos finales a través de procesos fisiológicos brotando como agua subterránea. (59)

Darcy (1856), realizó trabajos experimentales sobre el flujo del agua en arenas; derivando la ley que lleva su nombre, que expresa la relación entre la velocidad de percolación, permeabilidad de los manantiales que ceden agua y el gradiente hidráulico. (58)

Dupuit (1863); fue el primer científico que desarrolló la fórmula de flujo establecido en un pozo. (58)

Forcheimer (1886), introdujo los conceptos de configuración y construcción de redes de flujo, el método de las imágenes y la teoría de las funciones de variables complejas; fue el primero en resolver problemas de flujo de agua subterránea en formaciones productoras semi-infinitas con la frontera de un arroyo perenne y el problema de un pozo que descarga de una formación con recarga uniforme. (58)

Alrededor del año de 1900 nació la química del agua y los análisis de agua subterránea se realizaron a partir de ese año (19).

Mendenhall (1905), Piper (1939), Houk (1921) y Meinzer (1928) analizaron hidrogramas de escurrimiento superficial para determinar la descarga del almacenamiento de agua subterránea y la descarga de ésta en arroyos. (58)

Thiem (1906), desarrolló un método de campo para determinar la permeabilidad de formaciones productoras y el caudal, mediante el bombeo en un pozo y el abatimiento resultante en un pozo de observación. (58)

Meinzer (1923), realizó la evaluación de estudios recientes, en el marco de los principios y la metodología para investigaciones de la ocurrencia y distribución del agua subterránea. Realizó el primer manual de Geohidrología. (58)

Turneaure et al, encontraron que la formación geológica tiene una gran influencia sobre la calidad del agua subterránea; esto no sólo es debido al contenido mineral, sino también a la calidad sanitaria de la misma. La "dureza" de agua es causada por los carbonatos, cloruros y sulfatos, principalmente de magnesio y calcio; sin embargo, muchos minerales son solubles en mayor o menor grado, particularmente en presencia de CO₂ y ácidos orgánicos. (60)

Kano (1939), Jacob (1947), Rorabaugh (1953) y Engelund (1953) describieron métodos para determinar las pérdidas de carga del agua al entrar a un pozo de bombeo. (58)

Theis (1935) hizo una de las más importantes aportaciones en la evaluación de los recursos de agua subterránea: la ecuación para flujo no establecido hacia un pozo. (58)

Caldwell (1938), realizó un estudio comparativo de la contaminación bacteriológica y química del agua generada por letrinas, sobre dos acuíferos de escasa profundidad. Observó que en uno situado sobre un estrato impermeable, los coliformes llegaban a los 3 días a unos 14 m y la contaminación química a una distancia mayor; en el carente estrato impermeable, sólo permitía un desplazamiento de 3 m a los gérmenes coliformes, mientras que la contaminación química más persistente llegó a distancias hasta de 120 m. (13)

Jacob (1940), aclaró cualitativamente el concepto de almacenamiento, al aplicarlo a formaciones elásticas artesianas. (58)

Guyton (1941), demostró que los abatimientos calculados con la fórmula de Theis concuerdan con las observaciones de campo. (58)

Jacob (1946), dió una de las soluciones al estado transitorio de un pozo en un sistema confinado artesiano. (58)

Gilcreas y Kelly (1955), realizaron experimentos a fin de determinar la eficacia de los terrenos en la eliminación de los microorganismos. Para ello pasaron agua contaminada a través de columnas de tierra encontrando que a una profundidad de 45 y 90 cm había una reducción de 60 y 70 % para *Escherichia coli* y de 0 y 50 % para el virus *Coxsackie*. (13)

Sniegocki (1963), resumió los problemas de la recarga artificial por medio de pozos. (58)

En el año de 1965, en San Luis Potosí, México, Villalobos detectó concentraciones por arriba de las recomendables del ion fluoruro (1.3 mg/l) en aguas subterráneas que se utilizaban para el abastecimiento de la población. En base a este estudio, Villalobos y Díaz de León, en 1983, compararon los resultados obtenidos en 1974 con los de 1965, a pesar de que se observaron variaciones en las concentraciones, no se encontró una relación clara de estos cambios. Del total de aprovechamientos seleccionados, 28 pozos, el 18%, presentó concentraciones por encima del límite máximo permisible. (65)

Bravo y colaboradores (1968), refirieron los experimentos efectuados por Mac Conkey y Krone en pozos de pruebas, en los que se observa la reducción de coliformes a partir de aguas residuales humanas a medida que aumenta la profundidad: inicial = 2.4×10^6 NMP/100ml; 3 m = 2.4×10^5 NMP/100ml; 7.5 m = 2.4×10^4 NMP/100ml; 15 m = 2.4×10^3 NMP/100ml. (13)

Culp pone mucha atención en las bacterias gram negativas como *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, normalmente no patógenas para el hombre, pero, sin embargo, pueden, en ciertas condiciones, convertirse en patógenas, especialmente en niños recién nacidos y prematuros.

Un alto contenido de cloruros indica contaminación, ya que con la orina del hombre se eliminan normalmente de 12 a 15 g diarios de cloruro sódico. La presencia de amoniaco indica una contaminación reciente (13).

Castany, en su libro publicado en 1971 menciona como principales aniones de las aguas termominerales el Cl^- , Br^- , SO_4^{2-} , CO_3H^- , I^- y F^- ; mientras que los principales cationes Na^+ , K^+ , Li^+ , Ca^{++} , Fe^{++} , Ba^{++} , Sr^{++} , Al^{+++} .

Un agua termomineral es un agua natural dotada de propiedades terapéuticas particulares (16).

Anderson estudió los modelos matemáticos para simular los movimientos de los contaminantes a través del agua subterránea y otros sistemas de flujo, que concluyen con la realización de su potencial, el cual está inhibido por una pobre calidad, particularmente al considerar la cuantificación de las reacciones químicas (33).

Robertson, al analizar 800 pozos de agua subterránea encontraron que el 20% de ellos contuvieron concentraciones de nitrato excedentes a 45 mg/l (33).

Wolterink y col., inventaron una técnica para identificar las fuentes de los iones de nitrato encontradas en el agua subterránea. (33)

Thorstenson y Fisher encontraron que los cambios químicos incluyen una reducción en el pH de 0.2, un incremento de Na, Cl, HCO_3 , CH_4 y He, en la recarga y una disminución de SO_4 . (33)

Kimmel y Braids, investigaron el suelo de un relleno sanitario en donde encontraron que el lixiviado se estaba infiltrando en el acuífero; el lixiviado que contaminó el agua subterránea fué caracterizado y se encontraron concentraciones de Na, K, Ca, Mg, HCO_3 , NH_3 y Cl. (33)

Gerwing y col., en parcelas de Minnesota, encontraron que al regar parcelas de maíz con pequeñas cantidades de fertilizante con nitrógeno, contenía la misma dosis que el nitrógeno presente en las aguas subterráneas comparada con la concentración de nitrógeno que se aplica, que es de 7 a 10 ppm. (33)

Liebhardt y col., encontraron que la aplicación anual de abono de aves en el suelo causa un contaminante de nitrato en el agua subterránea cuando se utiliza abono en exceso. (33)

Craun, encontró que las enfermedades ocasionadas por el agua, acusaban que el agua subterránea estaba sin tratar o era inadecuada para su consumo. (33)

Eisen y Anderson, estudiando los efectos de la calidad del agua subterránea encontraron que el agua de las alcantarillas solía unirse al agua subterránea de algunos pozos. (33)

Deal describió un patente de métodos y aparatos para medir la profundidad de los pozos de agua, que consiste en medir la estática y la dinámica de los niveles del agua. (33)

Linsley, en su libro, menciona que casi toda el agua subterránea es agua meteórica, proveniente de la precipitación y que en algunos sitios se encuentra agua de formación, presente en las rocas durante su formación o deposición y generalmente de alto contenido salino. En cantidades menores, existe agua llamada juvenil, formada químicamente dentro del subsuelo y traída a la superficie por las rocas intrusivas. La percolación directa es el proceso más efectivo en la recarga del agua subterránea, donde los suelos son altamente permeables o donde la capa freática está cerca de la superficie del terreno. (36)

Murillo realizó un estudio hidrogeoquímico del área metropolitana de Monterrey y encontró 3 familias diferentes en el acuífero: agua mixta - cálcica, agua bicarbonatada - cálcica y agua sulfatada - cálcica; predominando la primera con una dureza superior a la permitida. También mostraba que esa agua contenía una alta concentración de sulfato, que la hace no potable. (43)

El agua subterránea existe casi en cualquier parte y la explotación de la misma consiste básicamente en determinar en donde se encuentra y las condiciones que le permiten llegar rápidamente a los pozos, a fin de poder ser utilizada en forma económica. (58)

Alekin clasificó todas las aguas naturales según el anión predominante y las dividió en 3 clases: bicarbonatadas, sulfáticas y cloruradas; y de acuerdo a los cationes en: calcio, magnesio y sodio. (33)

Mijailov (1989), informó que las nociones actuales acerca de las fuentes originarias de agua en la tierra se formaron a mediados del siglo XX; esto se conoció gracias a los trabajos de B.L. Lichkov, N.M. Strajov, L.A. Zenkévich, A.B. Rónov, A. Layn, G. Hess y otros científicos. (40)

Mijailov, en su libro, publicó que la temperatura de las aguas subterráneas poco profundas, en las latitudes medias, varía de 5 a 15°C; según las condiciones climáticas e hidrogeológicas; y esta temperatura influye tanto sobre el curso de los procesos fisicoquímicos en la corteza terrestre, como sobre la composición química de las aguas subterráneas. (40)

Cardona en 69 muestras analizadas en San Luis Potosí, México, diferenció 8 tipos de agua; de los cuales, 7 corresponden a agua extraída del acuífero profundo compuesto de material granular y roca fracturada, en donde los procesos químicos predominantes son intercambio iónico H^+ , K^+ ---- Na^+ , Li^+ y rompimiento de enlaces = $Si^- - O - Si^-$ = por OH^- del agua (15).

Federico Arana observó que desde hace tiempo se considera al agua de los ríos más peligrosa para ser bebida, que la de los pozos. Todo indica que el proceso de filtración que ocurre a medida que el agua penetra por la tierra era un proceso muy deseable para extraer el agua limpia de las capas subterráneas. (8)

Mikels mencionó que las partículas del agua, turbidez y temperatura fueron usadas para caracterizar la influencia del agua superficial en los pozos colectores construidos en el Río Valleys. Insectos, giardias y otros patógenos de gran diámetro fueron encontrados en el agua del pozo colector, aunque *Giardia sp.* también se detectó en los ríos adyacentes; la turbidez producida en el agua de los pozos colectores fue constante a través de los años. Los datos de temperatura mostraron que los pozos colectores estaban influenciados por el agua superficial, pero estos datos no son suficientes para determinar si esta influencia es directa. (34)

González, en 10 de los 11 pozos analizados en el sector noroeste del área metropolitana de Monterrey, encontró valores de nitrato mayores al máximo (5 ppm) permitido para agua potable y observó que esta contaminación no era reciente y tal vez se debía a los lixiviados producidos en los tiraderos de basura ahí localizados o también al agua contaminada proveniente del drenaje o del escurrimiento superficial. (25)

CAPITULO 3

CARACTERISTICAS DEL MUNICIPIO

CAPITULO 3

CARACTERISTICAS DEL MUNICIPIO

3.1. RASGOS FISICOS.

3.1.1. Ubicación.

El Municipio de Cadereyta Jiménez, N. L. se encuentra ubicado en las coordenadas 25° 36' latitud norte y 100° 00' latitud oeste a una altura de 360 msnm. Tiene una extensión territorial de 1152.69 km²; sus límites son: al norte con los Municipios de Juárez y Pesquería, al sur con Allende, Montemorelos y General Terán, al este con General Terán y Los Ramones y al oeste con Juárez y Santiago.(Fig 1)

3.1.2. Hidrografía.

La cuenca del río San Juan es la segunda en importancia de las aportaciones mexicanas a la corriente del río Bravo, con 32,972 km² de la cuenca con una forma alargada en el sentido oeste-este quedando sus límites confinados dentro de los paralelos 24° 50' y 26° 25' de latitud norte y por los meridianos 98° 45' y 101° 59' de longitud abarcando territorio de tres Estados que son: Coahuila con 13,123 km², Nuevo León con 18,860 km² y Tamaulipas con 989 km².

Los formadores principales del río San Juan son los ríos Salinas, Pesquería, Santa Catarina, Ramos, Pilón y los arroyos Garrapatas y el Mohinos, sin que exista un predominio para que alguno de ellos pueda considerarse como formador principal, siendo el río San Juan el que proporciona el nombre a todo el conjunto de corrientes y a la cuenca total.

La corriente del río San Juan nace en la Sierra de la Cebolla a unos 3,030 msnm, en la Sierra Madre Oriental y toma una dirección dominante noreste hacia Villa de Santiago; en esta primera parte de su recorrido fue construida desde 1957 la Presa Rodrigo Gómez (La Boca), la cual funcionó desde esa misma fecha, con una capacidad aprovechable de 40.8 millones de m³.

Un afluente importante del río San Juan es el río Santa Catarina, cuyos orígenes se remontan a los Cañones de la Purísima, del Alamo y de San Juan Bautista a unos 3,285 msnm, en la Sierra Madre Oriental, aproximadamente a 40 km al sureste de Monterrey, estas corrientes se orientan originalmente hacia el este encontrando posteriormente una ramificación de la Sierra Madre Oriental que modifica su dirección obligando al río a fluir hacia el noroeste, hasta Santa Catarina N. L. y posteriormente recorre unos 65 km con rumbo general oriente pasando sucesivamente por Monterrey, Ciudad Juárez y Cadereyta hasta su confluencia con el río San Juan, como afluente izquierdo; por la importancia que tiene la zona de confluencia por los ríos San Juan y Santa Catarina para el presente estudio estableceremos un resumen de los datos de recorrido y área de cuenca para ambos ríos hasta dicha zona.

El río San Juan recorre desde su origen en la Sierra de la Cebolla a 3,030 msnm hasta la confluencia con el río Santa Catarina, 57 km , con un área drenada de 600 km² y una pendiente media del río de 48 m/km.

El río Santa Catarina recorre desde su origen a 40 km al sureste de Monterrey a 3,285 msnm hasta su confluencia con el río San Juan, 148 km, con un área drenada de 1,913 km² y una pendiente media del río de 20 m/km.

Inmediatamente a 3 km aguas abajo de la confluencia de los ríos San Juan y Santa Catarina, ingresa al San Juan otro afluente derecho que se llama río Ramos; 26 km aguas abajo de la confluencia con el río Ramos, el río San Juan tiene otro afluente derecho llamado arroyo Garrapatas; posteriormente 6 km aguas arriba del poblado las Enramadas, el río San Juan recibe un afluente derecho llamado río Pilón, siguiendo su curso a unos 30 km de esta confluencia recibe otro afluente derecho llamado arroyo Mohinos, después de lo cual el río San Juan sigue hacia el noreste hasta donde fue construida la presa El Cuchillo con 1,800 millones de m³ de capacidad, siguiendo posteriormente su curso hacia China N. L. y General Bravo N. L.; a 15 km aguas abajo de General Bravo recibe por la izquierda la aportación del río Pesquería y se puede decir que a partir de esta confluencia el río San Juan está totalmente constituido, siguiendo unos 60 km en dirección noroeste hasta llegar a la presa Marte R. Gómez que tiene una capacidad de almacenamiento cercana a los 1,000 millones de m³, recorriendo 20 km más hasta su confluencia con el río Bravo, después de pasar por Ciudad Camargo, Tamaulipas.

El régimen del río San Juan es un tanto irregular, ya que el promedio anual de su escurrimiento es de 18.3 millones de m³ con una distribución promedio del escurrimiento en las diferentes épocas del año.

En una forma similar, el régimen de escurrimiento del río Santa Catarina también es muy irregular, con un promedio anual de escurrimiento de 58.3 millones de m³.

3.1.3. Climatología.

El clima ahí es extremo en el verano y en el invierno; su temperatura media anual es de 24° C. Las lluvias son más abundantes principalmente en el sur y sureste, registrándose con mayor ocurrencia entre los meses de agosto a enero. Por lo general, de febrero a mayo son ligeras lloviznas y raras veces aguaceros torrenciales; la precipitación pluvial media anual es de 601 a 800 mm. (fig 3)

3.1.4. Suelo.

El suelo de este Municipio está constituido por los tipos llamados vertisol, regosol, xerosol, feozem y castañozem, en su mayoría; y en menor grado por rendzina, fluvisol, litosol y cambisol.

3.2. RASGOS SOCIOECONOMICOS.

3.2.1. Población.

El área de estudio cuenta con una población aproximada de 53,582 habitantes.

3.2.2. Comunicación y transporte.

De Cadereyta parte hacia el sur la carretera estatal # 9 que atraviesa todo el Municipio y entronca en el de Allende con la carretera federal # 85, que comunica al Municipio con los de Santiago, Allende, Montemorelos, Hualahuises y Linares y atraviesa el Estado de Tamaulipas. Hacia el noroeste, la misma carretera se conecta con la federal # 40 que atraviesa los Municipios de Monterrey, Juárez, Guadalupe, Garza García y Santa Catarina, y cruza el límite con el Estado de Coahuila. Además, hay infinidad de caminos vecinales pavimentados y revestidos de grava y cascajo que cruza en todas las direcciones del Municipio, el cual facilita el intercambio comercial. (Fig 5)

CAPITULO 4

HIDROGEOQUIMICA

CAPITULO 4

HIDROGEOQUIMICA

Iones tales como el Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} y K^+ están a veces debilmente retenidos por la estructura silicatada y pasan con facilidad al agua dejando un esqueleto cristalino que supone una resistencia al progreso de esa disolución y que puede llegar a frenarla, protegiéndose así el interior de los cristales. Esta barrera se va disolviendo poco a poco y controla total o parcialmente el ataque de zonas más internas; el proceso de disolución es función del pH y de la temperatura del agua, además de serlo del déficit de saturación. En general, la disolución es más rápida por las aguas ácidas que por las aguas alcalinas y el anhídrido carbónico disuelto juega un papel muy importante al mantener el pH. Los productos del ataque pueden reaccionar entre sí, dando lugar a la separación de sustancias insolubles; en general, en arcillas; las cuales tienden a fijar irreversiblemente el ion K^+ que anteriormente había sido puesto en solución.

4.1 Procedencia de los iones determinados en el estudio:

El ion cloruro procede de:

- El lavado de terrenos de origen marino.
- De las aguas congénitas y fósiles
- Aguas de lluvia y su concentración en el terreno.
- Mezcla con agua marina en regiones costeras.
- Ataque de rocas, aunque en general el aporte es pequeño por ser un elemento escaso en la corteza terrestre.
- Muy localmente tiene interés el aporte de ion cloruro por rocas evaporitas y por el ataque de ciertos minerales asociados a rocas ígneas y metamórficas. Más raramente puede proceder de gases y líquidos asociados a emanaciones volcánicas. Los vertidos urbanos e industriales pueden aportar cantidades importantes. El ion cloruro el anión más importante en el agua del mar, pero puede ser el menos importante en los fundamentales en aguas continentales. No llega a saturar casi nunca y es muy difícilmente alterado por cambios iónicos u otro tipo de acción.

El ion sulfato proviene de:

- El lavado de terrenos formados en condiciones de gran aridez o en ambiente marino.
- La oxidación de sulfuros de rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias.
- La disolución de yeso, anhidrita y terrenos yesíferos.
- La concentración en el suelo de agua de lluvia.

-
- Las actividades urbanas, industriales y en ocasiones las actividades agrícolas, que pueden aportar cantidades importantes.
 - Este ion es afectado por la reducción de sulfatos y puede precipitarse como sulfato de calcio y más raramente en forma de sulfato de estroncio o sulfato de bario, ya que a pesar de ser más insoluble precisa de la concurrencia de un ion que es muy escaso.

Los iones bicarbonatos y carbonatos proceden de :

- La disolución de bióxido de carbono atmosférico o del suelo.
- La disolución de calizas y dolomitas ayudadas por el bióxido de carbono y/o ácidos naturales (húmicos, oxidación de sulfuros, etc).
- La hidrólisis de silicatos, ayudada por el bióxido de carbono
- Si en el acuífero no existen aportes de bióxido de carbono (reducción de sulfatos, reducción de hierro y aportes magmáticos) el contenido en carbono disuelto ($\text{CO}_2 + \text{CO}^- + \text{CO}_3^{=}$) permanece constante y muchas veces puede suponerse que el contenido de HCO_3^- es casi constante ya que es el ion dominante. La aportación del agua de mar aporta estos iones en cantidades del orden de 100 ppm.
- Estos iones son fácilmente precipitables por concentraciones, por cambio en la presión parcial de bióxido de carbono o por efecto del ion común.

El ion nitrato. Estos proceden de:

- El proceso de nitrificación natural (legumbres).
- La descomposición de materia orgánica y contaminación urbana, industrial y ganadera.
- Los abonos agrícolas.
- El agua de lluvia, aunque en pequeña proporción.
- Muy raramente del lavado de ciertos minerales nitrogenados, emanaciones volcánicas o lavado de suelos antiguos.
- Muy localmente del desarrollo de pozos con explosivos.
- Es relativamente estable, pero puede ser fijado a veces por el terreno o ser reducido a N_2 o NH_4 en ambientes reductores.
- Muchas veces es un indicador de contaminación, en cuyo caso suele estar estratificado, dominando las concentraciones menores en la parte alta del acuífero libre.
- Si se tiene menos de 10 ppm se considera que el contenido es bajo aunque en aguas subterráneas no contaminadas es raro superar unas pocas ppm.

El sodio procede de:

- El ataque de silicatos.
- El lavado de sedimentos de origen marino y del cambio de bases con arcillas del mismo origen.
- La mezcla con agua del mar.
- Localmente, de la disolución de sal gema o sulfato sódico natural.
- La contaminación urbana e industrial.
- La concentración del agua de lluvia.

- Es muy soluble y es el catión más abundante en el agua de mar.
- Es muy afectado por el cambio de bases.

El calcio procede de:

- La disolución de calizas, dolomitas, yeso y anhidrita.
- El ataque de silicatos cálcicos
- La disolución de cemento calcáreo de muchas rocas, cuando se da la concentración del agua de la lluvia.
- Está frecuentemente en estado de saturación y su estabilidad en solución depende del equilibrio $\text{CO}_2\text{-HCO}_3^-\text{-CO}_3^{=}$.
- Puede precipitarse con facilidad y es muy afectado por el cambio iónico.

El magnesio proviene de:

- La disolución de dolomitas y calizas dolomíticas.
- El ataque de silicatos.
- Localmente, del lavado de rocas evaporitas magnésicas.
- Las mezclas con agua de mar.
- La contaminación industrial y minera.
- Aunque se disuelve más lentamente, es más soluble que el calcio y tiende a permanecer en solución cuando éste se precipita.
- El magnesio es afectado por el cambio iónico.

El hierro procede de:

- El ataque de silicatos ferríferos.
- El ataque de sulfuros y óxidos de hierro.
- El ataque de la mayoría de las rocas sedimentarias.
- Muy lentamente, y de carácter local, procede del entubado de los pozos.
- Su estabilidad depende fundamentalmente del potencial redox.
- Se solubiliza y precipita con facilidad.
- En medios oxidantes se tienen cantidades mínimas de fierro disuelto.

4.2. Adquisición de las sales durante la infiltración.

El caso más frecuente es que el agua de lluvia alcance el nivel freático a través del suelo, mediante una infiltración lenta. En el suelo se distingue:

- a) El horizonte A o eluvial, donde se produce un lavado de materiales y se acumula la materia orgánica procedente de la descomposición de plantas y animales, la oxigenación es fácil por efecto de los canículos creados por las raíces y los animales del suelo.
- b) El horizonte B o iluvial, en el que se produce acumulación de materiales resultantes de ataque de los materiales.
- c) El horizonte C formado por la roca madre disgregada y sin sufrir transporte.
- d) El horizonte D, o roca madre intacta.

El horizonte C es el capaz de aportar la mayoría de las sales nuevas, aunque los horizontes A y los horizontes B pueden dar pequeñas aportaciones sobre la del agua de lluvia.

La lluvia aporta sales que pasan al terreno con el agua de infiltración. Esta agua ocupa total o parcialmente los poros del suelo y así, puede disolver anhídrido carbónico y ácidos húmicos procedentes de la descomposición de la materia orgánica.

Si la pluviometría es mayor que la evapotranspiración, existe un lavado continuo del suelo y todas las sales que éste aporta pasan a los acuíferos subyacentes, con una concentración mayor, dependiendo del tipo de terreno.

En la mayoría de los casos, el aporte de iones cloruros y sulfatos se mantiene inalterado, o con mucho, sólo crecido ligeramente; excepto en terrenos yesíferos o con abundante piritita oxidable, en los que el contenido en sulfato puede incrementarse notablemente. El ion nitrato crece en el agua del suelo, especialmente en donde existen plantas nitrificantes y colabora en la agresividad; sin embargo, acaba por ser retenido por otras plantas y sólo pasa una parte del mismo al acuífero. Si el medio llega a ser reductor, el nitrato se puede transformar en N_2 y NH_4^+ . El ion bicarbonato sufre un fuerte incremento, mientras que el magnesio y el sodio tiene un incremento menor. En terrenos alcalinos el sodio puede incrementarse moderadamente.

En el suelo es donde el agua subterránea freática adquiere su configuración química casi definitiva ya que intervienen la permeabilidad, el tipo de suelo, el clima, etc.

En general, las aguas de terrenos kársticos son bicarbonatadas cálcicas magnésicas; las de terrenos yesosos son sulfatadas cálcicas; las de terrenos formados por granito o granito alterado son bicarbonatadas sódicas y cálcicas con índice de cambio de base (icb) negativo; las de terrenos sedimentarios de origen marino, algo arcillosos, son cloruradas sódicas con escaso calcio y magnesio e icb muy negativo; las de terrenos sedimentarios, de origen continental, algo arcillosos, son bicarbonatadas cálcicas.

4.3 Composición del agua de lluvia.

El agua de lluvia, origen esencial de las aguas subterráneas es el vehículo primario de considerable importancia en el aporte de sales solubles y en comunicar agresividad al agua de infiltración.

Las sales que contiene el agua de lluvia proceden en parte del agua de mar y la otra parte es de origen continental.

4.4 Geología del área.

La región de Cadereyta Jiménez, N. L. se ubica en el marco de la provincia fisiográfica de la Llanura Costera del Golfo de México, donde afloran rocas sedimentarias marinas de edad Cretácica y sedimentos clásticos de edad Terciaria y Cuaternaria.

Los sedimentos de mayor importancia corresponden a rocas del Cretácico superior, representados por las formaciones "Méndez", "San Felipe" y "Agua Nueva". La primera de ellas, la más reciente, está formada por lutitas de color gris verdoso y tiene un espesor aproximado de 150m. La segunda, con espesor de 95m, está constituida por estratos de caliza gris verdoso alternadas con capas de lutita gris. La formación "Agua Nueva", la más antigua de las tres, está constituida por lutitas laminadas de color negro interestratificadas con lutita gris oscuro, en un espesor de 175m. Estas formaciones sobreyacen a las unidades del Cretácico Inferior, denominadas formaciones: "Cuesta del Cura", "Aurora", "La Peña" y "Cupido", en las cuales predominan las rocas calizas, mismas que están expuestas en el Cerro de la Silla y en la Sierra Madre Oriental. En la fig. 8, se distinguen las lutitas en el área de estudio que corresponden a afloramientos de la formación "Méndez".

Las rocas del Terciario están representadas por sedimentos clásticos denominados "Conglomerado Reynosa", que coronan las lutitas del Cretácico. Estas rocas cubren áreas importantes, pero su espesor es reducido. Sus afloramientos se aprecian en la fig. 8.

Los sedimentos del Cuaternario corresponden a los depósitos aluviales que sobreyacen a los conglomerados y las lutitas de la formación "Méndez".

En el área cubierta por este estudio, los sedimentos conglomeráticos y aluviales, en combinación con la zona alterada de la lutita, constituyen los principales acuíferos de la región y aunque su extensión es grande, su espesor es relativamente pequeño y depende de la paleotopografía del área anterior al depósito aluvial; las áreas de mayor espesor de sedimentos corresponden a los canales de los antiguos sistemas fluviales,

Basados en las observaciones realizadas durante esta investigación se puede afirmar que las propiedades del acuífero, tales como permeabilidad, coeficiente de almacenamiento y transmisibilidad, no son uniformes ya que dependen del espesor de los materiales granulares, del espesor de la zona de alteración de la lutita y la exposición de estos, en los cauces de los ríos que constituyen las zonas de recarga; esta conclusión se basa en las diferentes capacidades de producción de los pozos y de las norias estudiados.

Las zonas de saturación en las lutitas intemperizadas, el conglomerado y el aluvión forman un sistema acuífero libre o freático que recibe una recarga importante a través de los ríos y arroyos de la región, y por esto, la calidad fisicoquímica del agua en los pozos y norias de la región depende de la calidad del agua de los ríos.

En algunas áreas de mayor elevación topográfica, donde los pozos atraviezan el conglomerado y el aluvión, la zona productora se reduce a la zona de fracturamiento de la lutita, por lo cual la calidad del agua en estos pozos es diferente a la de los aluviones y conglomerados, distinguiéndose por la mayor concentración de sales.

CAPITULO 5

METODOLOGIA

CAPITULO 5

METODOLOGIA.

El presente estudio se realizó en el Municipio de Cadereyta Jiménez, N.L.

La información sobre la ubicación y funcionamiento de los pozos en los meses de abril hasta agosto fueron obtenidos de los archivos del SISTELEON.

Se realizó una visita de campo para confirmar la ubicación exacta de los pozos; así mismo, se observaron las condiciones en las cuales se encontraba cada pozo y el área en las proximidades del mismo

Ya conocida la localización exacta de los pozos, se graficó ésta sobre un plano, para determinar si se abarcaba toda el área de estudio en el Municipio de Cadereyta Jiménez, N. L.

También se anotaron las observaciones de cada uno de los pozos. (Anexo, tabla 2)

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Parasitología de la Facultad de Ciencias Biológicas y estuvieron regidos por las normas (Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 publicada en el Diario Oficial de la Federación el jueves 18 de enero de 1996 y la Ley General de Salud 1993) utilizando las técnicas de Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Aguas residuales (APHA) (56) y Manual de Técnicas y Aprovechamiento de Laboratorio para Análisis Microbiológico del Agua Potable de la S.S.A. *

Los parámetros determinados en el campo fueron: pH, temperatura ambiental, temperatura del agua y cloro residual; en el laboratorio se determinaron los análisis fisicoquímicos de pH, sólidos disueltos, conductividad, alcalinidad al naranja de metilo, alcalinidad a la fenolftaleína, alcalinidad total, dureza total, dureza permanente, dureza cálcica, magnesio, nitrógeno amoniacal, del nitrato, nitrito, sulfato, fierro, color, turbidez y cloruros; así mismo, el análisis bacteriológico (mesofílicos aerobios, coliformes totales y coliformes fecales).

Para efectuar el análisis fisicoquímico en los pozos con bomba, fue necesario llevar recipientes de plástico de una capacidad aproximada de tres litros. Antes de tomar la muestra fue necesario dejar la llave abierta por un tiempo no menor de 5 segundos para que la muestra proviniera del agua que se encontraba en el fondo del pozo y no de la almacenada en la tubería. Después se procedió a enjuagar el recipiente con el agua tres veces y se colectó la muestra; así mismo, se tomó la temperatura y se determinó el pH y el cloro residual del agua que fluía de la llave. Posteriormente, se cerró la llave y se limpió perfectamente con

alcohol al 70%, después se flameó la llave para eliminar la contaminación en la salida de la llave, luego se mantuvo una flama a un lado de la llave (donde había corriente de aire para evitar contaminación), se dejó correr el agua por un período de dos a tres minutos. Luego se procedió a tomar la muestra para el análisis bacteriológico.

En el caso de muestras procedentes de norias, se utilizó una cubeta de plástico nueva con una cuerda nueva y se procedió a tomar la muestra para el análisis fisicoquímico vaciando directamente de la tina al recipiente de plástico enjuagando tres veces. Para el análisis bacteriológico, la tina se limpió perfectamente con alcohol al 70% antes de introducirla a la noria y después se prendió un algodón cerca de la tina para vaciar la muestra, esto se realizó con el fin de que la muestra fuera tomada de la misma manera en que la población se surte de agua.

CAPITULO 6

RESULTADOS

CAPITULO 6

RESULTADOS.

El presente estudio se llevó a cabo en el Municipio de Cadereyta Jiménez, N. L., durante los meses de abril a agosto de 1995 (Plano 1).

POZOS DE AGUA.

Se obtuvo una relación de pozos con bomba y norias de agua (SISTELEON) ubicados en el Municipio de Cadereyta Jiménez, N. L., (Plano 1), constituyendo un total de 39 pozos y tres muestras de río (tabla 4), tres pozos de la cabecera municipal no estaban funcionando (tabla 5).

Tabla 4

Total de pozos en el área de estudio (42).

No de pozo	Clave/SISTELEON	Localización del pozo
1	SP09001	Cabecera Municipal. (Tanque)
2	SP09002	Cabecera Municipal. (Plazuela)
3	SP09003	Cabecera Municipal. (Calle Hidalgo)
4	SP09004	Cabecera Municipal. (Privada al río)
5	SP09005	Cabecera Municipal. (Tanque)
6	SP09007	Cabecera Municipal.(Loma de los Pilares)
7	SP09008	Cabecera Municipal. (Rodríguez Mancha)
8	SP09009	Cabecera Municipal. (Libramiento)
9	SP09010	Cabecera Municipal. (Carretera Allende)
10	SP09011	Cabecera Municipal. (La Parcela)
11	SP09014	Cabecera Municipal. (Colonia Bonfil)
12	SP09015	Cabecera Municipal. (Muchachas)
13	SP09016	Cabecera Municipal. (Amaro)
14	SP09019	Ejido El Refugio
15	SP09023	La Trinidad
16	SP09026	Santa Ifigenia
17	SP09029	Las trancas
18	SP09038	Framboyanes I
19	SP09039	Salinas de Gortari
20	SP09040	San Bartolo

Tabla 4 (Continúa)

No de pozo	Localización del pozo
21	Framboyanes II
22	El Castillo
23	Chihuahua
24	San Miguelito
25	Los Cantú
26	Rancho El Milagro
27	Rancho El Satélite
28	Empresa Knor
29	Sabinillo-Cantera
30	Las Flores
31	María Amada
32	La Estrella
33	La Escondida
34	General Treviño
35	Santa Rita
36	Santa Fe
37	2 km de la refinería
38	San Alfonso
39	Los Fresnos

Tabla 4 (Continúa)

No de pozo	Localización del pozo
40	Río San Juan
41	Río Santa Catarina (frente al vado de Gral. Treviño)
42	Río Santa Catarina (frente al vado de Santa Fe)

Tabla 5.
Pozos sin funcionar.

Clave	Localización del pozo
SP09005	Cabecera Municipal. (Tanque)
SP09012	Cabecera Municipal. (Junto a Iglesia)
SP09013	Cabecera Municipal. (Rayón por López Ma)

De esta manera son 39 pozos trabajando; en donde los primeros 13 tenían su tanque dosificador de cloro, el resto de los pozos aún cuando tenían su tanque de cloro, éste no estaba funcionando; debido a que los habitantes del lugar destruyen las mangueras (tabla 4).

Algunos pozos con bomba presentan un brocal de una altura no menor de 20 cm que es recomendable, mientras que otros lo tenían

de 5 cm, lo cual puede ser desfavorable cuando hay lluvias, ya que estas estructuras pueden verse inundadas. Esta situación puede ocasionar la infiltración del agua (si no está bien sellado el pozo) a través del cabezal, agua que a su vez arrastra tierra y/o restos de desechos, contaminando así al agua del pozo; de la misma manera se debe tener cuidado con las norias ya que estas no tienen cubierta protectora por lo que es muy fácil contaminarse con el polvo, también es importante tener alejadas las fosas sépticas debido a que pueden causar contaminación fecal.

Un aspecto muy importante que hay que tomar en cuenta al construir un pozo es que el ademe debe terminar por encima del terreno; y la superficie de éste, debe conformarse de tal modo, que las aguas que escurren se alejen del pozo en todas las direcciones.

En el análisis bacteriológico, solamente 8 muestras de agua procedentes de 39 pozos analizados (20.5%) cumplieron con la norma de calidad para agua potable de acuerdo al proyecto de Normas Microbiológicas y Químicas para el control sanitario de agua, bebidas y alimentos (SSA1, 1974) y la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, publicada en el Diario Oficial de la Federación el jueves 18 de enero de 1996; estos pozos tienen las siguientes claves: SP09002 (pozo 2), SP09003 (pozo 3), SP09015 (pozo 12), SP09016 (pozo 13), SP09038 (pozo 18), El Castillo (pozo 22), Rancho Satélite (pozo 27), Santa Fe (pozo 36) (tabla 6). De las tres muestras de los ríos ninguna cumplió con la norma sanitaria para agua potable. Es importante mencionar que para

determinar el número de muestras que cumplieron con la norma sanitaria para agua potable se tomaron dos criterios, el de un Proyecto de Normas de la SSA de 1974 y el de la Norma Oficial vigente. La diferencia entre ambas estriba en que en la primera se consideran tanto mesofílicos aerobios, como organismos coliformes (200 col/ml y Número Más Probable < 2.2/100 ml) y en la segunda sólo se consideran los organismos coliformes (coliformes totales NMP 2/100 ml y coliformes fecales NMP/100 ml no detectable) tabla3.

En los análisis fisicoquímicos, solamente 5 muestras de agua procedentes de 39 pozos analizados (12.8 %) cumplieron con la norma de calidad para agua potable de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, publicada en el Diario Oficial de la Federación el jueves 18 de enero de 1996; estos pozos tienen las siguientes claves: San Miguelito (pozo 24), Rancho Satélite (pozo 27), María Amada (pozo 31), La Escondida (pozo 33), Santa Rita (pozo 35) y las dos muestras del río Santa Catarina; mientras que en los demás pozos estudiados la mayoría no cumplen con los siguientes parámetros: alcalinidad al naranja de metilo, dureza total, dureza permanente, calcio, nitrato, nitrito, sulfato y color (tabla 7).

Los resultados del análisis del agua superficial del río San Juan son parecidos a los resultados de El Castillo; mientras que en Santa Ifigenia, San Bartolo y Chihuahua que también están a lo largo del río San Juan, los resultados son diferentes; tal vez esto

se debe a que existe la mezcla de dos tipos de agua, ya que a través de su recorrido el agua va disolviendo materiales.

Por otro lado, al analizar el agua del río Santa Catarina los resultados del análisis son muy semejantes a los resultados obtenidos de los pozos analizados a lo largo de este río por lo que se considera que estos pozos tienen una influencia directa del agua del río.

Con los resultados de nuestro estudio se efectuó la interpretación geoquímica, utilizando diagramas de Piper, diagramas semilogarítmicos y diagramas modificados de Stiff.

Los diagramas triangulares son ideales para la interpretación de los análisis de agua ya que están basados en el porcentaje de aniones y cationes para determinar las familias de agua. En nuestro estudio, se realizaron los diagramas triangulares de Piper obteniéndose con los resultados tres tipos de familias de agua en los pozos estudiados del Municipio de Cadereyta Jiménez, N. L.: (fig. 6)

1) bicarbonatada sódica la cual cubre casi la totalidad del área estudiada (fig. 6a).

2) Sulfatada sódica la cual constituye un grupo muy pequeño que incluye los pozos con la clave SP09023 ("La Trinidad"), SP09039 ("Salinas de Gortari"), "Los Cantú", "Las Flores" y "San Alfonso" (fig. 6b).

3) Clorurada sódica la cual sólo se detectó en el pozo con la clave SP09019 ("Ejido Refugio") (fig. 6c).

Los diagramas semilogarítmicos propuestos por Scholler (1935-1938) muestran una serie de ventajas obteniéndose gráficas más claras en las que se aprecian directamente las inclinaciones de las líneas rectas detectándose características importantes de las muestras; a través de estos diagramas se agrupan los 39 pozos y los ríos analizados, en 3 familias:

- 1) Bicarbonatada sódica (fig. 7a).
- 2) Sulfatada sódica (fig. 7b).
- 3) Clorurada sódica (fig. 7c).

En los diagramas de Stiff se aprecian los valores de las relaciones iónicas con respecto a la unidad y a la variación de las relaciones entre cationes y aniones (Plano 3).

Con el objeto de tener una idea de la distribución espacial de las diferentes concentraciones y mediciones de sólidos disueltos totales, conductividad, dureza total, nitratos, relación Na/Ca e índice de cambios de bases, se formaron planos con curvas isovalentes para dichos parámetros (Planos 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9).

Las fotografías muestran las condiciones en que se encontraban algunos de los pozos ubicados en la zona de estudio. (Anexo B).

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La mayoría de los pozos analizados, en cuanto al análisis bacteriológico no cumplen con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 para agua potable ya que existe la presencia de organismos coliformes fecales como *Escherichia coli* la cual es utilizada como un organismo indicador de contaminación fecal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente. Esta contaminación se puede eliminar elevando los brocales a una altura mínima de 20 cm., para evitar la contaminación por arrastre superficial y evitar que ésta, a su vez, se introduzca al pozo. También, de ser posible, se debe tener a los animales y a las fosas sépticas alejados de los pozos, para que el agua del acuífero no se contamine. En las norias es un poco más difícil controlar las fuentes de contaminación, debido a que si se taparan mientras no se utilizan se evitaría que el polvo y todas las partículas presentes en el aire la contaminaran, pero al colocar la tapa se estarían creando condiciones anaerobias; por lo que el problema sería mucho mayor; lo que se recomendaría sería agregarle cloro al agua que se va a ingerir para que se eliminara gran parte de los

microorganismos presentes y así evitar enfermedades como la disentería, el cólera y la fiebre tifoidea.

El flujo que sigue el agua subterránea en el acuífero estudiado es del noroeste al sureste por lo que sigue el flujo del río Santa Catarina hasta unirse al río San Juan, para después proseguir su trayectoria (Plano 2).

Con los resultados obtenidos se realizaron diagramas de Piper (fig. 6), semilogarítmicos (fig. 7) y de Stiff (Plano 3) en donde al graficar los resultados en cada uno de los diagramas se concluye que en la mayoría de los casos el agua pertenece a la familia carbonatada sódica; mientras que en "El Refugio", "La Trinidad", "Salinas de Gortari", "Los Cantú", "Las Flores" y "San Alfonso" están en terrenos donde existen lutitas y conglomerados (aguas cloruradas y aguas sulfatadas).

En suelos formados por lutitas, el alto contenido de cloruros puede deberse a las aguas de lluvias, a aguas congénitas o fósiles; mientras que las aguas de la familia sulfatada se presenta en suelos de tipo aluvión (en "Salinas de Gortari" y "Las Flores") y conglomerado ("Los Cantú" y "San Alfonso"). Este tipo de agua puede deberse a la concentración de lluvias y a efectos de actividades industriales y urbanas.

El intercambio iónico afecta principalmente a los cationes y por esta razón se le denomina cambio de bases; este cambio de

bases afecta principalmente a los cationes Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} y modifica las relaciones entre cationes $r_{\text{K}}/r_{\text{Na}}$, $r_{\text{Na}}/r_{\text{Ca}}$, $r_{\text{Na}}/r_{\text{Mg}}$, $r_{\text{Na}}/(r_{\text{Mg}}+r_{\text{Ca}})$, % r_{Na} , $r_{\text{Ca}}/r_{\text{Cl}}$, $r_{\text{Mg}}/r_{\text{Cl}}$, $r_{\text{Na}}/r_{\text{Cl}}$, etc.

El índice de cambio de bases tiende a disminuir, mientras existe ablandamiento y si tiende a crecer existe endurecimiento; en aguas en donde los iones Cl^- y Na^+ son dominantes puede existir un notable ablandamiento sin que el valor icb se vea afectado por estar el Ca y Mg en cantidad muy inferior al Na . El icb también puede verse afectado por otros fenómenos cuando se expresa con el denominador r ($\text{SO}_4 + \text{CO}_3\text{H} + \text{NO}_3$) ya que el SO_4 o CO_3 puede sufrir fenómenos de reducción o precipitación.

El alto contenido de sodio se debe a que éste tiende a permanecer en solución; además de que no interviene en reacciones de precipitación como el calcio y magnesio debido a que es altamente soluble; también es afectado por el intercambio iónico; y su presencia en el agua subterránea se atribuye a la contaminación urbana e industrial.

Los sólidos disueltos están muy estrechamente relacionados con la conductividad eléctrica, ya que proviene de la disolución de minerales que forman los subsuelos y las rocas; en el plano 4 se observa la concentración de los sólidos disueltos que van desde 400 ppm en el pozo "El Castillo" hasta 900 ppm en el pozo "San Alfonso"; también, a lo largo del río Santa Catarina, la concentración varió de 500 a 600 ppm, esto puede atribuirse al

flujo que lleva el agua subterránea a través del subsuelo, disolviendo sales tales como cloruros, sulfatos, etc. y entre mayor contenido de sólidos disueltos existan, habrá mayor posibilidad de que se presenten problemas de sabor, efectos laxantes, etc.

De acuerdo a la clasificación de Catalán⁽¹⁹⁾ para conductividad eléctrica existen dos tipos de agua presentes de los 4 que él menciona, estos son:

C₂. Agua con una salinidad media en "El Castillo, "María Luisa", "Las Trancas" y a dos km al sur de la Refinería de PEMEX.

C₃. Agua altamente salina, desde "Santa Ifigenia", hasta "Loma de Los Pilares" e incluyendo hasta "San Alfonso".

Esto quiere decir que entre mayor conductividad eléctrica presente en el agua, los minerales presentes en el subsuelo se van a estar disolviendo, provocando a su vez un mayor grado de ionización; esto varía, de acuerdo a la cantidad de sales disueltas en el agua (Plano 5).

La dureza del agua varía desde 150 hasta 700 ppm. Se observa que aguas arriba sobre el río Santa Catarina en este Municipio, la dureza va variando de una concentración mayor a 450 hasta una menor 400 ppm, mientras que en los poblados, la variación de dureza es mucho mayor. Esto puede deberse a que parte del agua de las lluvias, al irse filtrando, van disolviendo muchos minerales de las rocas; principalmente calcio, magnesio, carbonatos y bicarbonatos; y al ir siguiendo su flujo, el agua

subterránea va concentrando estas sales. También se observan dos zonas: una en donde la dureza va de mayor a menor concentración en los alrededores de "Las Flores" debido a que la concentración de calcio y magnesio son mínimas y la dureza es menor; mientras que la otra acumulación, la concentración va de menor a mayor en los alrededores de "El Sabinillo" siendo aquí donde se acumula la mayor concentración de calcio y magnesio; estos acúmulos pueden deberse a que existe la mezcla de dos tipos de agua: carbonatada y sulfatada; algunos de los problemas que se presentan, debido a una dureza por encima de los valores permitidos es que puede afectar las tuberías causando incrustaciones y también la hace no apta para consumo humano debido al sabor que le proporciona (Plano 6).

Como se observa en el plano 7, la concentración de nitrato es mayor al permitido, existiendo 3 zonas donde hay altas concentraciones, una de éstas zonas es al norte de la mancha urbana, otra localizada en la zona noreste del área de estudio ("San Alfonso") y una tercera situada al sur de la mancha urbana ("La Estrella"); posiblemente esto puede deberse a un escurrimiento directo de agua superficial que contiene desperdicios humanos y/o animales y productos de desecho agrícola, ya que el estiércol contiene gran cantidad de nitrógeno orgánico; al igual que las letrinas y los pozos negros también contienen nitrógeno orgánico; su presencia es evidencia de contaminación y puede agregar al agua subterránea cloruros; también altas concentraciones de nitrato pueden ocasionar la cianosis o metahemoglobinemia en los niños.

No se recomienda en estos casos hervir el agua para su consumo, ya que solamente se concentraría el nitrato. Una manera de resolver este problema es construir un buen drenaje, que conduzca las aguas domésticas residuales a la planta de tratamiento y que esta cuente con el equipo y maquinaria necesaria para que al liberar el agua ya tratada al río Santa Catarina, ésta cumpla con los parámetros exigidos y a su vez presente menor contaminación al ir fluyendo e infiltrándose a través del subsuelo.

Tomando como punto de referencia la localidad de "San Alfonso", los valores de la relación rNa/rCa van disminuyendo; sin embargo, se observan valores que varían entre uno y otro punto del plano; por ejemplo, "María Amada" (pozo 31) y en "La Estrella" (pozo 32) que son menores que en "Framboyanes II" (pozo 21), esto podría deberse a que existe la mezcla de dos aguas de diferente composición bicarbonatada y sulfatada, lo cual puede originar la precipitación de bicarbonato de calcio o sulfato de calcio (Plano 8).

A medida que nos vamos alejando de la mancha urbana el icb va aumentando, lo cual indica un cambio de base en cuanto al endurecimiento del agua; aunque también existen variaciones entre algunos puntos debido a la mezcla de aguas por lo que se concluye que el agua presenta escasa salinidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos al analizar el acuífero de Cadereyta, se observa que la principal fuente de recarga procede de los ríos Santa Catarina y San Juan; siendo el río Santa Catarina

el que presenta mayor influencia en la mayor parte del acuífero estudiado y una zona menor por la influencia del río San Juan. Por tratarse de un acuífero libre, debe también considerarse como fuente de recarga las aguas de lluvia que en parte se infiltran al subsuelo al presentarse éstas (Plano 9).

De acuerdo a los resultados de los diagramas semilogarítmicos se puede diferenciar la calidad del agua; dependiendo de la excavación, si es noria o pozo, con una bomba podríamos relacionarlos o correlacionarlos con el contenido de magnesio, el cual estará presente en mayor concentración en las excavaciones perforadas en lutita.

ANEXO A

FIGURAS (1 A 5)

FIGURA 8

FIGURA 1
LOCALIZACION DEL MUNICIPIO DE CADEREYTA, N. L.

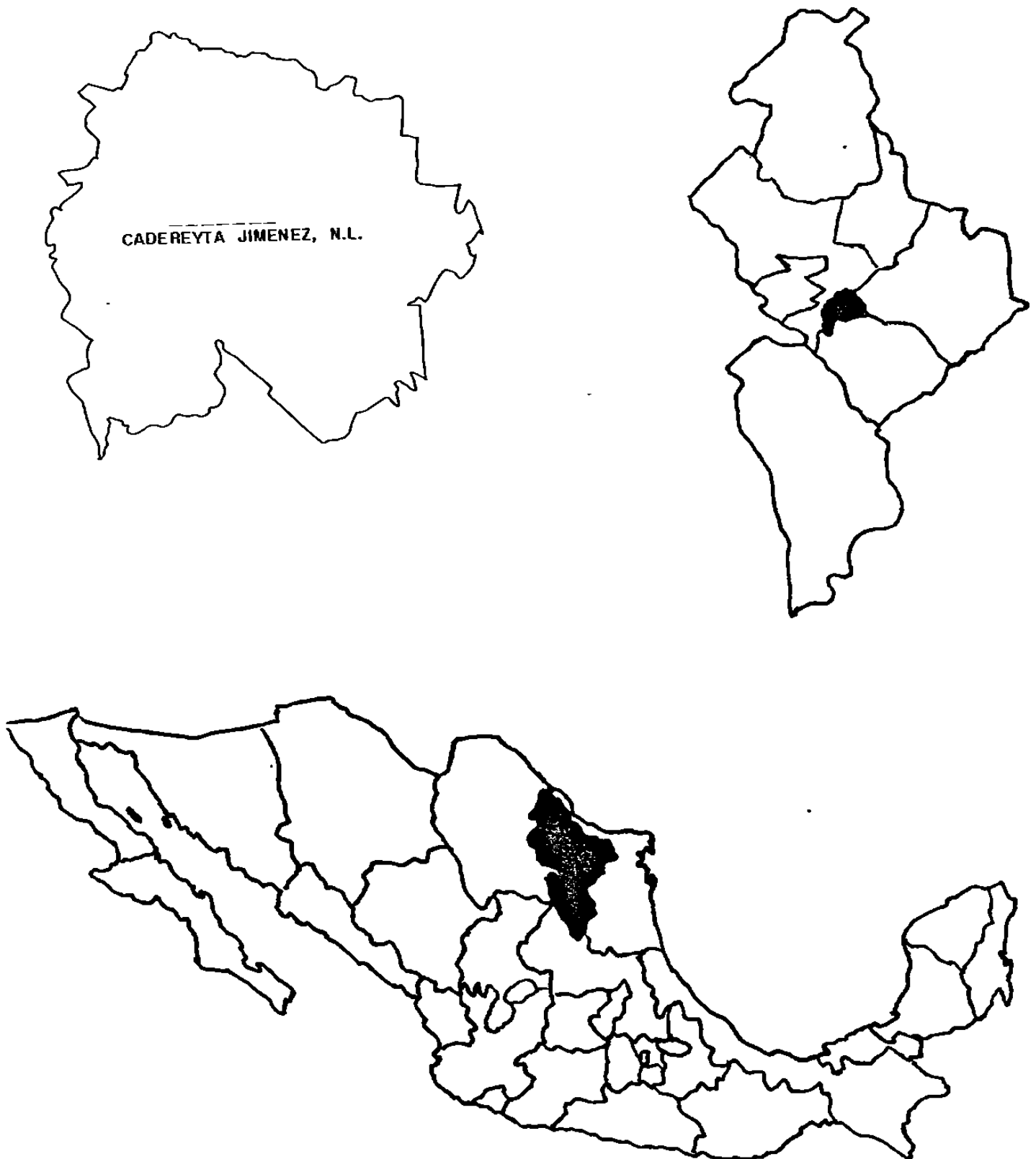
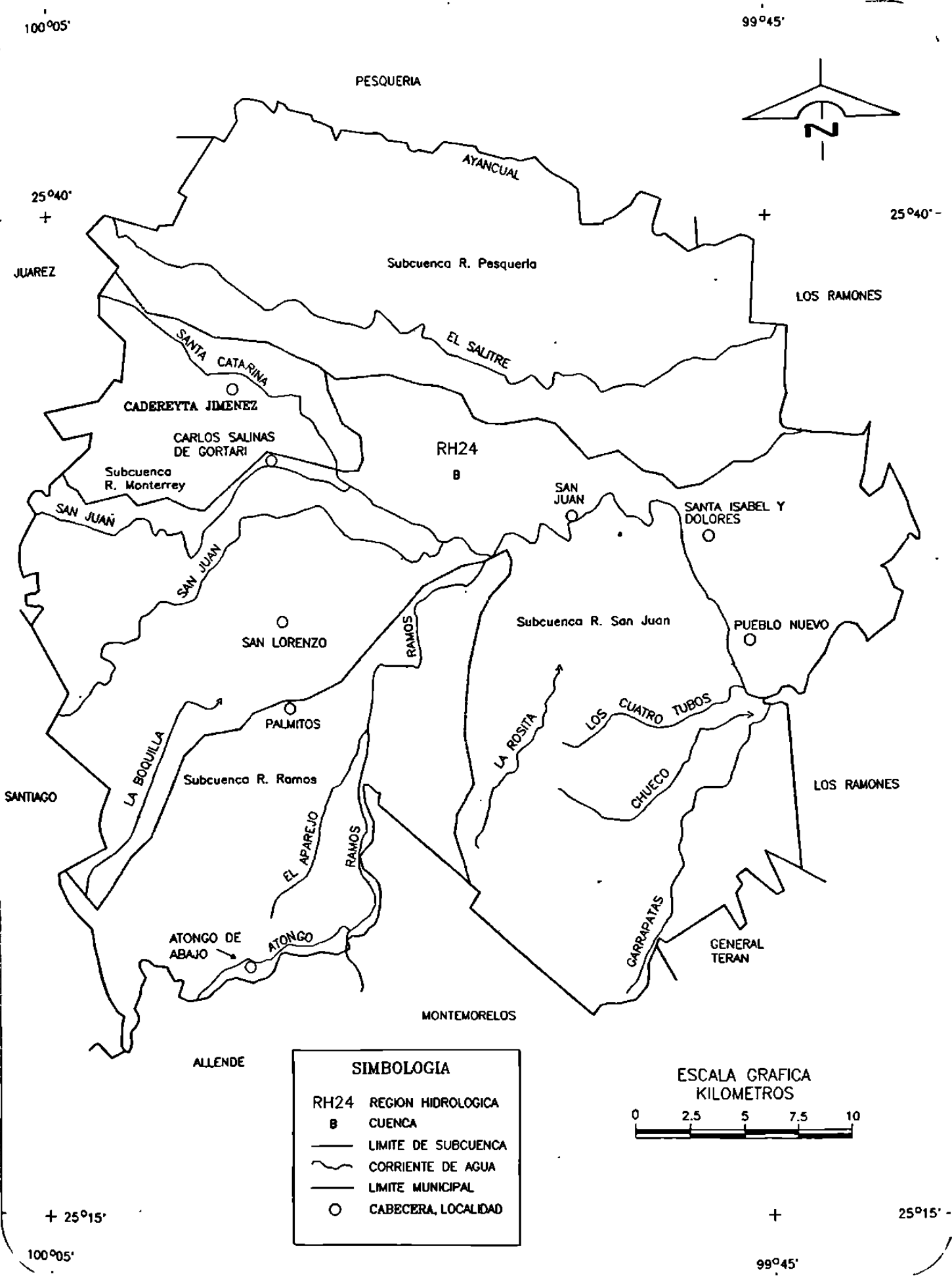


FIGURA 2
 MAPA HIDROLOGICO DE LA REGION DE CADEREYTA.



SIMBOLOGIA	
RH24	REGION HIDROLOGICA
B	CUENCA
—	LIMITE DE SUBCUENCA
~	CORRIENTE DE AGUA
—	LIMITE MUNICIPAL
○	CABECERA, LOCALIDAD



100°05'
 25°40'
 +
 JUAREZ
 SANTIAGO
 + 25°15'
 100°05'

99°45'
 25°40'
 +
 LOS RAMONES
 SANTA ISABEL Y DOLORES
 PUEBLO NUEVO
 LOS RAMONES
 GENERAL TERAN
 +
 25°15'
 99°45'

PESQUERIA

AYANCUAL

Subcuenca R. Pesquera

EL SALITRE

SANTA CATARINA

CADEREYTA JIMENEZ

CARLOS SALINAS DE GORTARI

Subcuenca R. Monterrey

RH24
B

SAN JUAN

SAN JUAN

SAN JUAN

SAN LORENZO

Subcuenca R. San Juan

SANTA ISABEL Y DOLORES

PUEBLO NUEVO

RAMOS

LA BOQUILLA

Subcuenca R. Ramos

PALMITOS

LA ROSITA

LOS CUATRO TUBOS

CHUECO

EL APAREJO

RAMOS

ATONGO DE ABAJO

ATONGO

CARRAPATAS

GENERAL TERAN

MONTEMORELOS

ALLENDE

FIGURA 3
MAPA DE CLIMA EN LA REGION DE CADEREYTA.

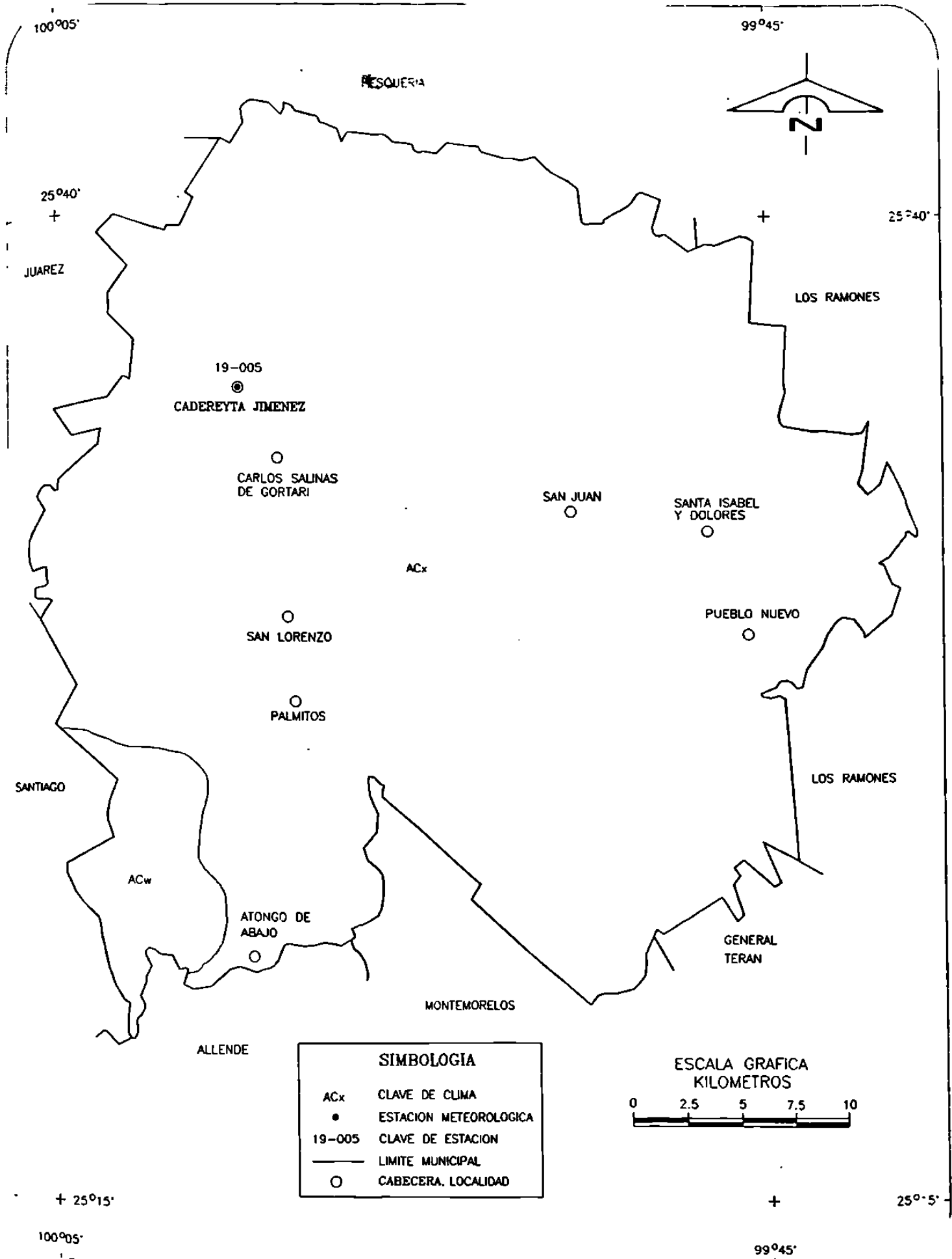


FIGURA 4 MAPA OROGRAFICO DE LA REGION DE CADEREYTA.

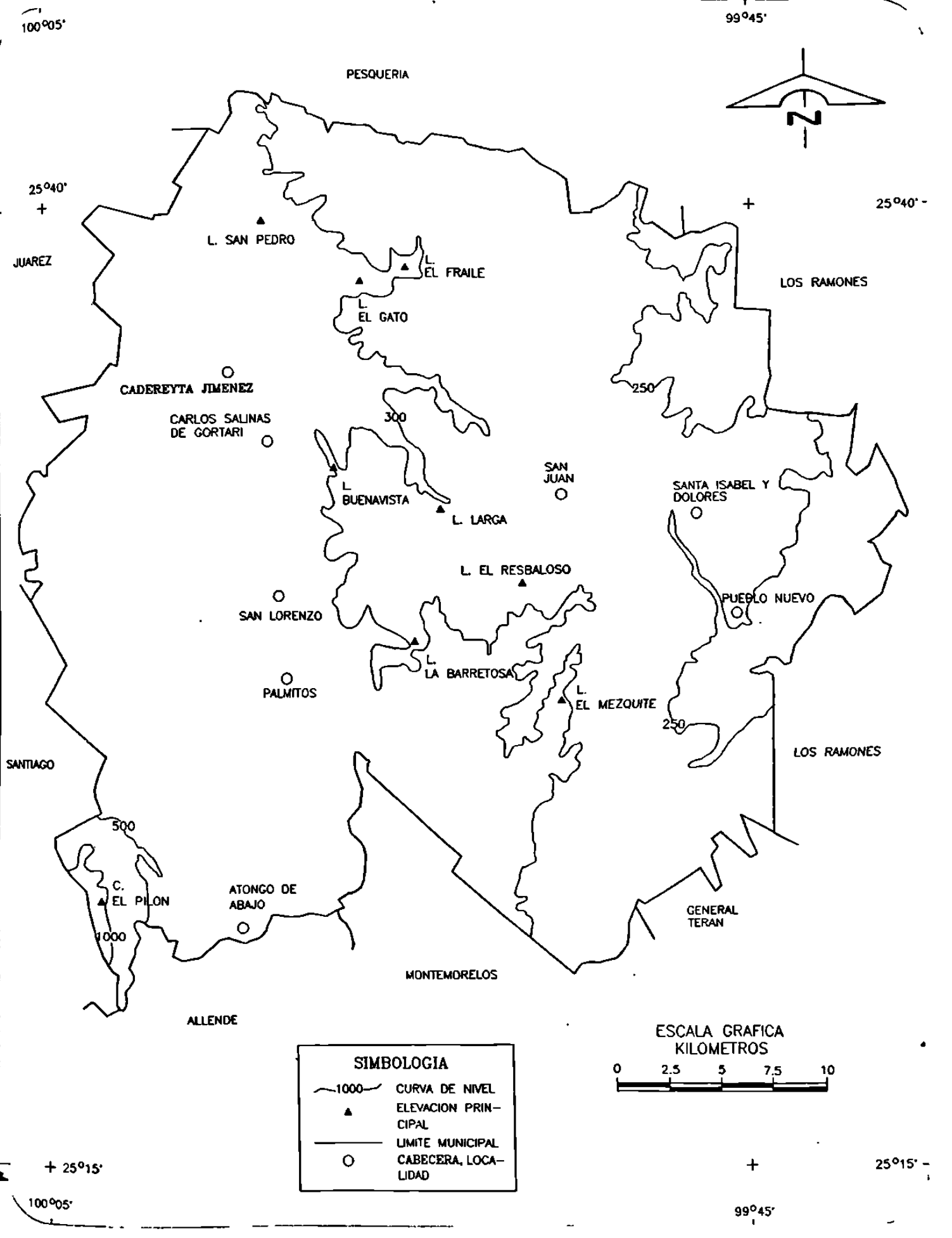


FIGURA 5
 MAPA DE INFRAESTRUCTURA PARA EL TRANSPORTE
 EN LA REGION DE CADEREYTA.

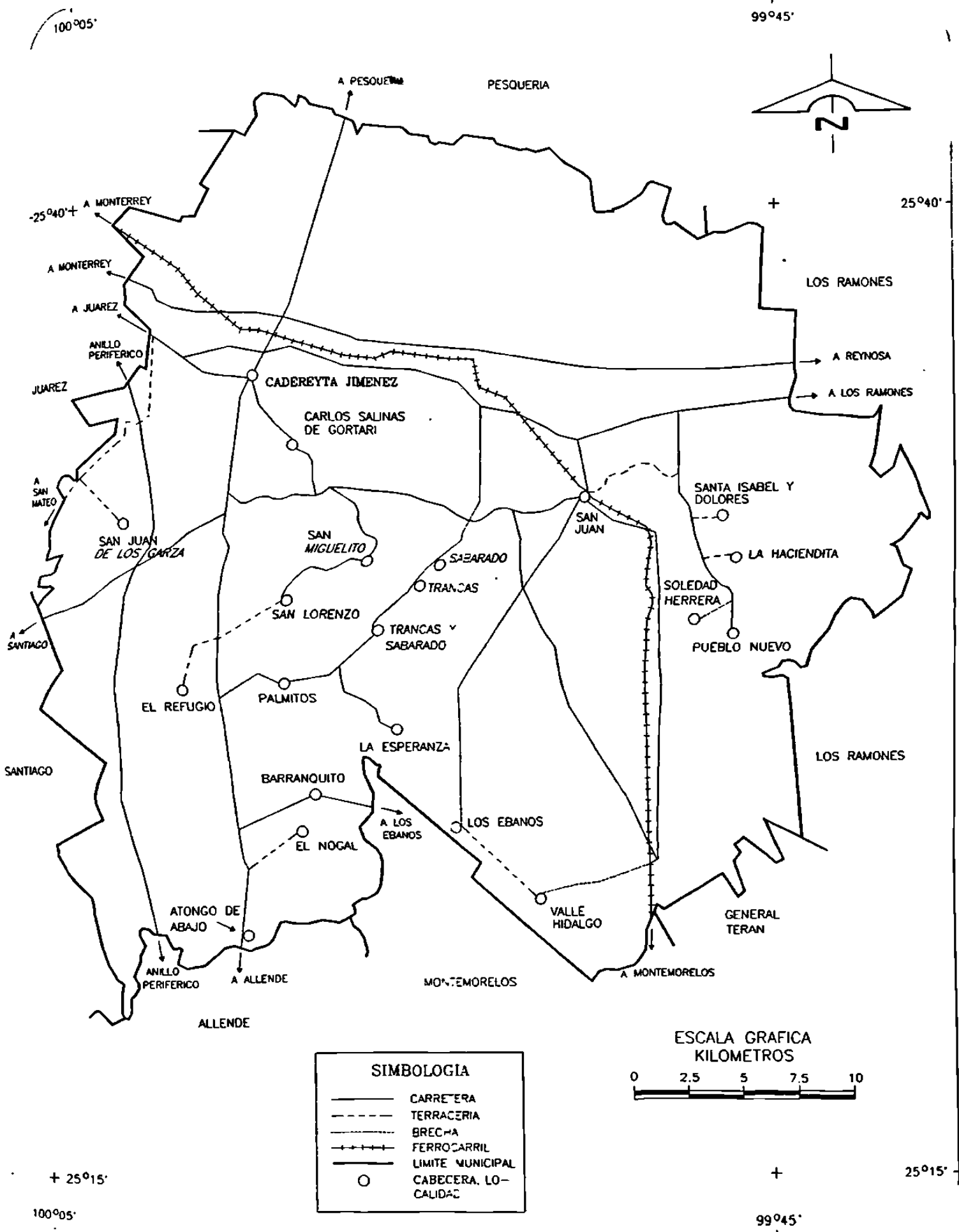
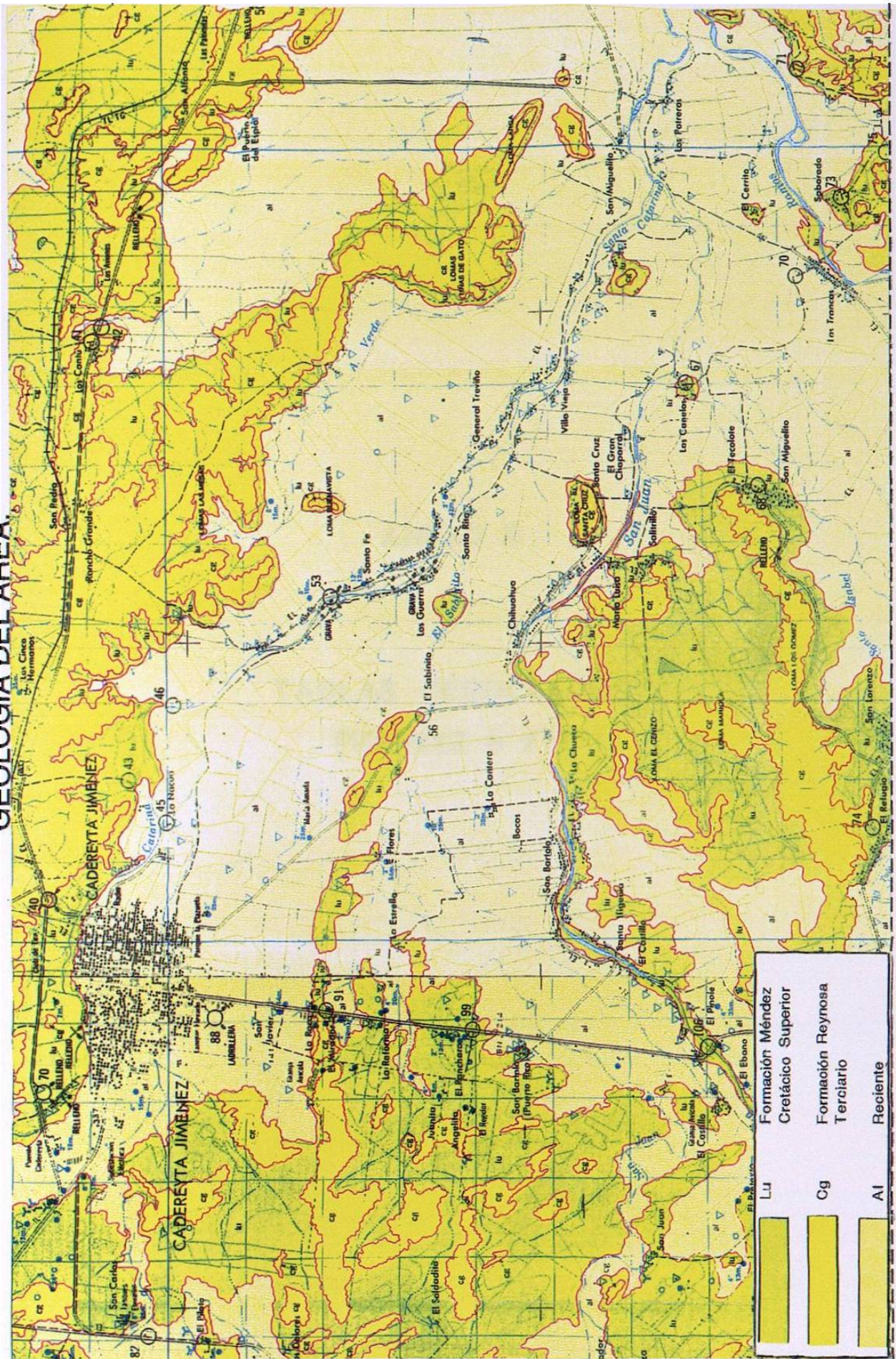


FIGURA 8
GEOLOGIA DEL AREA



CALIDAD FISICOQUIMICA Y BACTERIOLOGICA DEL ACUIFERO DE CADEREYTA JIMENEZ, NL

ANEXO B

**TABLAS RESULTADOS
FIGURAS 6 Y 7**

TABLA 2

DATOS DE CAMPO PARA MUESTREO DE AGUA SUBTERRANEA

I.- DATOS GENERALES.

Fecha _____
 Clave _____
 Temperatura ambiental _____
 Tiempo aproximado transcurrido en el muestreo _____
 Tiempo de bombeo _____
 Hora de muestreo _____
 Numero de muestra del día _____
 Tipo de aprovechamiento _____
 Uso del agua _____
 Diámetro de descarga _____
 Tipo de agua _____
 Tipo de bomba _____
 Nivel dinámico _____

II.- Datos obtenidos.

Temperatura _____
 pH del agua _____
 Salinidad _____
 Conductividad eléctrica _____
 Muestra para: Fisisicoquímico () Nitratos ()
 Metales pesados () Bacteriológico()

III.- Características.

Tipo de descarga del aprovechamiento _____
 Especifique como tomó la muestra _____
 Fuentes de contaminación _____

OBSERVACIONES.

TABLA 3

PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA POTABLE

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

CARACTERISTICAS FISICAS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Color (escala Pt-Co)	20
Turbidez (UTN)	5
CARACTERISTICAS QUIMICAS	
	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (PPM, EXCEPTO pH)
pH	6.5-8.5
Alcalinidad total	300
Sólidos disueltos totales	1000
Dureza total	500
Calcio (Ca)	75
Magnesio (Mg)	125
Nitrógeno amoniacal	0.5
Nitratos como N	10
Nitritos como N	0.05
Cloruros (Cl)	250
Sulfatos (SO ₄)	400
Fierro (Fe)	0.3
CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS *	
	NUMERO MAXIMO. PERMISIBLE (NMP/100 ml)
Coliformes totales	2
Coliformes fecales	No detectable

Proyecto de Norma SSA, 1974

CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS	NUMERO MAXIMO. PERMISIBLE (NMP/100 ml)
Mesofílicos aerobios	200
Coliformes fecales	<2.2

Tabla 6.
RESULTADOS BACTERIOLOGICOS

Clave # del pozo	Localización	M. A. (col/ml)	Coliformes. totales (NMP)	Coliformes fecales (NMP)
SP09001 # 1	Cabecera Municipal. (Tanque)	280	> 16	< 2.2
SP09002 # 2	Cabecera Municipal. (Plazuela)	50	< 2.2	< 2.2
SP09003 # 3	Cabecera Municipal. (Calle Hidalgo)	3	< 2.2	< 2.2
SP09004 # 4	Cabecera Municipal. (Privada al río)	51	5.1	2.2
SP09006 # 5	Cabecera Municipal. (Nogales)	980	>16	< 2.2
SP09007 # 6	Cabecera Municipal. (Loma de los Pilares)	1750	> 16	5.1
SP09008 # 7	Cabecera Municipal. (Rodríguez Mancha)	170	> 16	2.2
SP09009 # 8	Cabecera Municipal. (Libramiento)	160	> 16	< 2.2
SP09010 # 9	Cabecera Municipal. (Carretera Allende)	77	> 16	2.2
SP09011 # 10	Cabecera Municipal. (La Parcela)	70	> 16	2.2
SP09014 # 11	Cabecera Municipal. (Colonia Bonfil)	100	> 16	2.2
SP09015 # 12	Cabecera Municipal. (Muchachas)	56	< 2.2	< 2.2
SP09016 # 13	Cabecera Municipal. (Amaro)	13	< 2.2	< 2.2

Tabla 6. (Continuación)

Clave	Localización	M. A. (col/ml)	Coliformes. totales (NMP)	Coliformes fecales (NMP)
SP09019 # 14	Ejido El Refugio	1500	9.2	5.1
SPO9023 # 15	La Trinidad	80	9.2	<2.2
SP09026 # 16	Santa Ifigenia	160	9.2	2.2
SP09029 # 17	Las trancas	210	9.2	2.2
SP09038 # 18	Framboyanes I	30	<2.2	<2.2
SP09039 # 19	Salinas de Gortari	330	>16	2.2
SP09040 # 20	San Bartolo	400	5.1	5.1
# 21	Framboyanes II	290	>16	>16
# 22	Castillo	30	<2.2	<2.2
# 23	Chihuahua	7	2.2	2.2
# 24	San Miguelito	50	>16	>16
# 25	Los Cantú	32950	>16	>16
# 26	Rancho El Milagro	240	2.2	<2.2
# 27	Rancho El Satélite	27	<2.2	<2.2
# 28	Empresa Knor	20	2.2	2.2
# 29	Sabinillo-Gantera	19380	>16	>16
# 30	Las Flores	285000	>16	>16
# 31	María Amada	6000	>16	>16
# 32	La Estrella	10700	>16	>16
# 33	La Escondida	263350	>16	>16
# 34	General Treviño	1750	>16	>16
# 35	Santa Rita	370	>16	>16
# 36	Santa Fe	7	<2.2	<2.2
# 37	2 km de la refinería	11750	>16	>16

Tabla 6. (Continuación)

Clave	Localización	M. A. (col/ml)	Coliformes. totales (NMP)	Coliformes fecales (NMP)
# 38	San Alfonso	33900	>16	>16
# 39	Los Fresnos	1789800	2.2	2.2
# 40	Río San Juan	1890	9.2	9.2
# 41	Río Santa Catarina (frente al vado Gral. Treviño)	940	16	5.1
# 42	Río Santa Catarina (frente al vado Santa Fe)	230	>16	9.2

Tabla 7
RESULTADOS FISICOQUIMICOS.

Pozo o noria	Clave	Color (escala Pt-Co)	pH campo	pH lab.	T °C campo	SDT	Conductividad μ mhos/cm	alc. f. ppm	alc. n. ppm	alc. t. ppm	D. t. ppm	D. Ca. ppm	D. p. ppm	Ca ppm	Mg ppm	N. amoniacal ppm	NO ₃ ppm	NO ₂ ppm	Fe ppm	SO ₄ ppm	Cl ppm	Turbidez (UTN)
1	SP09001	0	7	6.7	24	890	1330	0	353	353	692	520	339	208	41.3	< 0.5	5.8	0.3	0.008	588.7	118.3	0
2	SP09002	0	7	6.9	23	500	750	0	290	290	440	328	149	131	27	< 0.5	1.6	0.06	0.008	186	67	0
3	SP09003	0	7	6.9	23	470	700	0	274	274	404	296	130	118	26	< 0.5	1.9	0.06	0.008	202	63	0
4	SP09004	0	7	6.9	23	440	660	0	260.4	260.4	380	284	119.6	113.6	23	< 0.5	1	0.1	0.008	230.3	71	0
5	SP09006	0	7	6.8	24	630	940	0	340	340	508	380	168	152	30.7	< 0.5	2.1	5.1	0.008	360	89	0
6	SP09007	0	7	7	24	610	910	0	344.2	344.2	492	372	147.8	148.8	28.8	< 0.5	3.4	0.2	0.008	301.9	92.6	0

Tabla 7. (Continuación)

Pozo o noria	Clave	Color (escala Pt-Co)	pH campo	pH lab.	T °C campo	SDT	Conductividad / μ mhos/cm	alc. f. ppm	alc. n. ppm	alc. t. ppm	D. t. ppm	D. Ca. ppm	D. p. ppm	Ca ppm	Mg ppm	N. amoniacal ppm	NO ₃ ppm	NO ₂ ppm	Fe ppm	SO ₄ ppm	Cl ppm	Turbidez (UTN)
7	SP09008	12	7	7	22	440	660	0	256	256	400	292	144	116.8	25.9	< 0.5	1.8	0.1	0.008	245.1	67	0
8	SP09009	0	7	7	25	760	1190	0	370.7	370.7	552	452	181.3	180.8	24	< 0.5	10.1	0.08	0.008	304.8	126.1	0
9	SP09010	0	7.5	7.1	23	520	780	0	335.4	335.4	416	356	80.6	142.4	14.4	< 0.5	4	0.8	0.008	350.9	51.2	0
10	SP09011	0	7.5	7.3	24	490	730	0	406	406	476	344	70	137.6	31.7	< 0.5	5.8	0.4	0.008	153.7	76.9	0
11	SP09014	0	7.5	7.2	25	460	690	0	269.6	269.6	388	268	118.4	107.2	28.8	< 0.5	2.4	0.08	0.008	168.1	67	0
12	SP09015	36	7	7	25	490	730	0	339.8	339.8	432	332	92.2	132.8	24	< 0.5	2.6	0.2	0.02	177.4	92.6	7

Tabla 7. (Continuación)

Pozo o noria	Clave	Color (escala Pt-Co)	pH campo	pH lab.	T °C campo	SDT	Conductividad / μ mhos/cm	alc. t. ppm	alc. n. ppm	alc. t. ppm	D. t. ppm	D. Ca. ppm	D. p. ppm	Ca ppm	Mg ppm	N. amoniacal ppm	NO ₃ ppm	NO ₂ ppm	Fe ppm	SO ₄ ppm	Cl ppm	Turbidez (UTN)
13	SP09016	0	7	6.7	24	500	750	0	291.3	291.3	468	364	176.7	145.6	25	< 0.5	3.5	0.06	0.008	184.6	79	0
14	SP09019	29	7.6	7.9	27	850	1270	35.3	419.2	454.5	76	60	0	24	3.8	< 0.5	0.03	0.2	0.015	215.9	246.4	5
15	SP09023	3	7	7	24	560	840	0	317.7	317.7	440	360	122.3	144	19.2	< 0.5	10.3	0.2	0.008	629	73	0
16	SP09026	0	7.2	6.9	23	540	810	0	344.2	344.2	488	400	143.8	160	21.1	< 0.5	0.18	0.5	0.008	312.1	69	0
17	SP09029	0	7	6.9	24	520	780	0	256	256	448	372	192	148.8	18.2	< 0.5	7.5	0.06	0.008	291.3	90.7	0
18	SP09038	0	7	7	25	880	1310	0	379.5	379.5	676	540	296.5	216	32.6	< 0.5	3.9	0.4	0.008	367.9	132	0
19	SP09039	0	7	6.9	25	770	1150	0	348.6	348.6	568	468	219.4	187.2	24	< 0.5	1.9	0.3	0.008	1100	104.5	0

Tabla 7. (Continuación)

Pozo o noria	Clave	Color (escala Pt-Co)	pH campo	pH lab.	T °C campo	SDT	Conductividad / μ mhos/cm	alc. f. ppm	alc. n. ppm	alc. t. ppm	D. t. ppm	D. Ca. ppm	D. p. ppm	Ca ppm	Mg ppm	N. amoniacal ppm	NO ₃ ppm	NO ₂ ppm	Fe ppm	SO ₄ ppm	Cl ppm	Turbidez (UTN)
20	SP09040	0	6.8	6.7	25	610	910	0	392.8	392.8	588	524	195.2	209.6	15.4	< 0.5	10.1	0.13	0.008	186.4	114.3	0
21	Framboyanas II	0	7	7	24	630	940	0	353	353	540	432	187	172.8	25.9	< 0.5	1.7	0.06	0.008	396.2	89	0
22	El Castillo	1	7.2	7.1	24	380	570	0	264.8	264.8	328	404	63.2	121.6	5.8	< 0.5	3	0.05	0.008	158.5	43.4	0
23	Chihuahua	4	7	6.9	27	620	925	0	342.3	342.3	504	388	161.7	155.2	27.8	< 0.5	< 5	< 0.05	0.1	312	84	0
24	San Miguelito	6	7	6.9	25	310	463	0	268.8	285.8	296	240	30.2	96	13.4	< 0.5	0.8	< 0.05	< 0.3	44	80.9	0
25	Los Cantú	11	7	7.9	26	910	1358	58.6	504.5	563	108	92	0	36.8	3.8	0.06	9.7	0.1	0.3	236	146.4	1

Tabla 7. (Continuación)

Pozo o noria	Clave	Color (escala Pt-Co)	pH campo	pH lab.	T°C campo	SDT	Conductividad µ mhos/cm	alc. f. ppm	alc. n. ppm	alc. t. ppm	D. t. ppm	D. Ca. ppm	D. P. ppm	Ca ppm	Mg ppm	N. amoniacal ppm	NO ₃ ppm	NO ₂ ppm	Fe ppm	SO ₄ ppm	Cl ppm	Turbidez (UTN)
26	Rancho el Milagro	0	7	6.7	26	680	1015	0	405.4	405.4	528	320	122.6	128	49.9	< 0.5	3	0.2	<0.3	352	65.5	0
27	Rancho Satélite	6	7	7	24	550	821	0	359.6	359.6	312	196	0	78.4	27.8	0.06	9	<0.05	0.3	86	73.2	0
28	Empresa Knor	0	7	7	24	640	955	0	404.5	404.5	368	280	0	112	21.12	< 0.5	21.12	<0.05	<0.3	103	96.3	0
29	Sabinillo- Cantera	63	7	6.9	26	800	1194	0	305	305	736	568	431	226.8	40.3	0.2	5	0.04	1.1	652	136.8	11
30	Las Flores	550	7	7.5	26	700	1045	0	274.5	274.5	200	128	0	51.2	17.3	1	9.1	1.6	3.4	590.6	46.2	220

Tabla 7. (Continuación)

Pozo o noria	Clave	Color (escala Pt-Co)	pH campo	pH lab.	T °C campo	SDT	Conductividad / μ mhos/cm	alc. f. ppm	alc. n. ppm	alc. t. ppm	D. t. ppm	D. Ca. ppm	D. p. ppm	Ca ppm	Mg ppm	N. amoniacal ppm	NO ₃ ppm	NO ₂ ppm	Fe ppm	SO ₄ ppm	Cl ppm	Turbidez (UNT)
31	Ma, Amada	8	7	6.7	30	510	761	0	322.4	322.4	468	308	145.6	123.2	38.4	< 0.5	7	0.02	< 0.3	137	57.8	1
32	La Estrella	8	7	7.3	26	680	1015	0	405.2	405.2	472	384	66.8	153.6	21.1	< 0.5	17.2	< 0.05	< 0.3	176	82.8	2
33	La Escondida	19	7	7.3	24	610	910	0	248.4	248.4	440	308	191.6	123.2	31.7	0.06	< 5	< 0.05	0.03	324	100.1	4
34	Gral. Treviño	1	7	6.9	24	620	925	0	309.4	309.4	444	360	134.6	144	20.2	< 0.5	4.6	< 0.05	0.35	275	105.9	0
35	Santa Rita	5	7	6.9	23	530	791	0	292	292	444	304	152	121.6	33.6	< 0.5	3.8	< 0.05	0.04	201	64.4	0
36	Santa Fe	1	7	7	24	590	881	0	326.8	326.8	440	280	113.2	112	38.4	< 0.5	4.9	< 0.05	0.6	259	73.2	0

Tabla 7. (Continuación)

Pozo o noria	Clave	Color (escala Pt-Co)	pH campo	pH lab.	T°C campo	SDT	Conductividad μ mhos/cm	alc. f. ppm	alc. n. ppm	alc. t. ppm	D. t. ppm	D. Ca. ppm	D. P. ppm	Ca ppm	Mg ppm	N. amoniacal ppm	NO ₃ ppm	NO ₂ ppm	Fe ppm	SO ₄ ppm	Cl ppm	Turbidez (UTN)
37	2 km de la refinería	1	7	7	23	450	672	0	239.7	239.7	368	288	128.3	115.2	19.2	0.2	2	< 0.05	0.4	225	38.5	0
38	San Alfonso	21	8	7.9	27	910	1358	39.2	475	514.2	140	28	0	11.2	26.9	0.7	15.9	0.1	0.04	196	142.5	4
39	Los Fresnos	0	7	6.6	24	1160	1730	0	248.4	248.4	1304	1200	1056	480	25	0.1	7.5	< 0.05	0.08	579	674.2	0
40	Río San Juan	23	8	7.9	28	410	612	26.1	226.6	252.7	332	276	79.3	110.4	13.4	< 0.5	1.9	0.01	0.3	146	48.2	5
41	Río Sta. Catarina	16	8	7.6	20	460	690	0	248	248	436	328	188	131	26	< 0.5	1.2	< 0.05	0.3	201	79	3
42	Río Sta. Catarina	14	7	7.6	20	480	570	0	194	194	344	276	150	110.4	16.3	< 0.5	< 5	< 0.05	< 0.3	167	60	3

Figura 6

DIAGRAMAS DE PIPER

CUADRO RESUMEN FAMILIAS DE AGUA

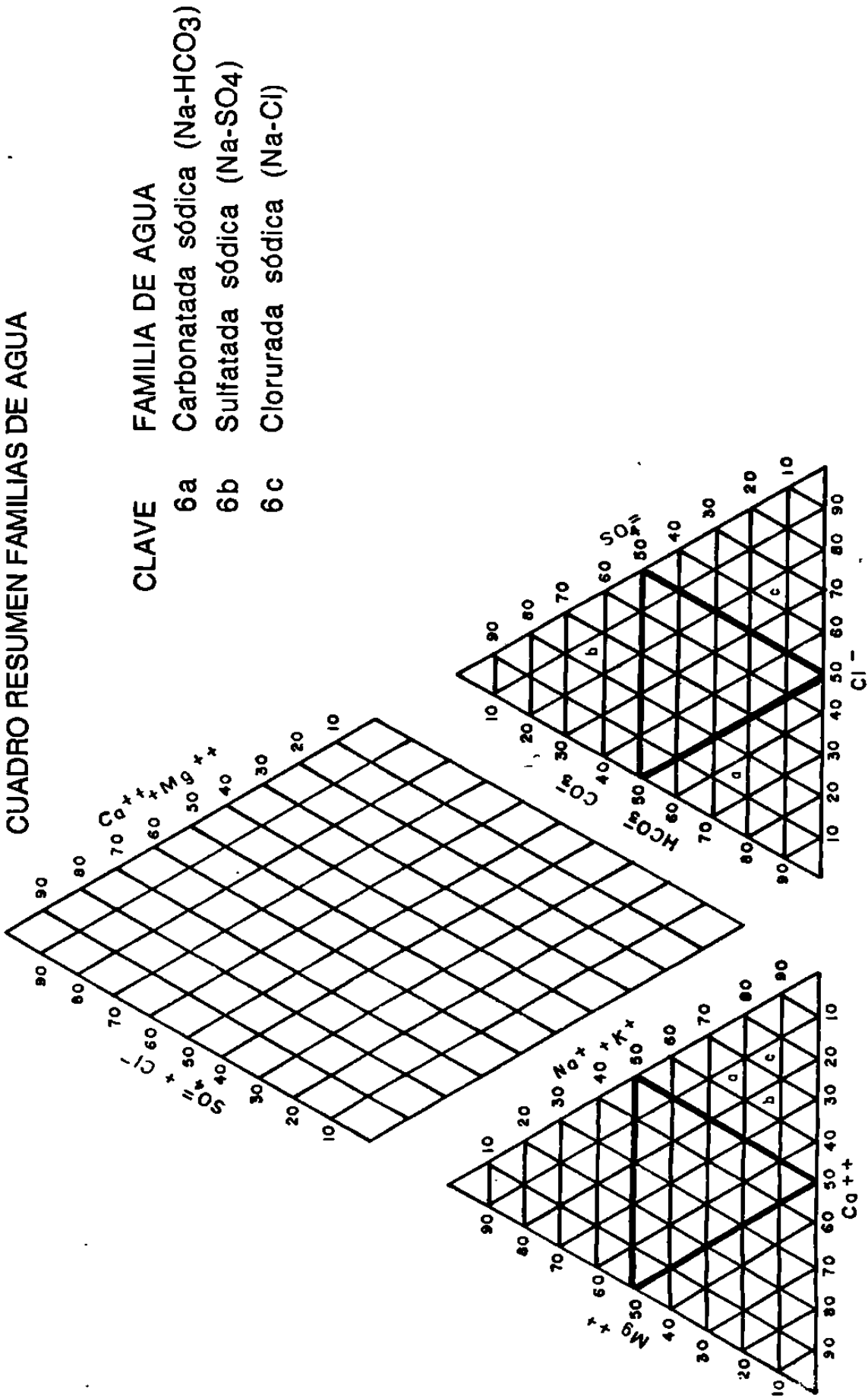
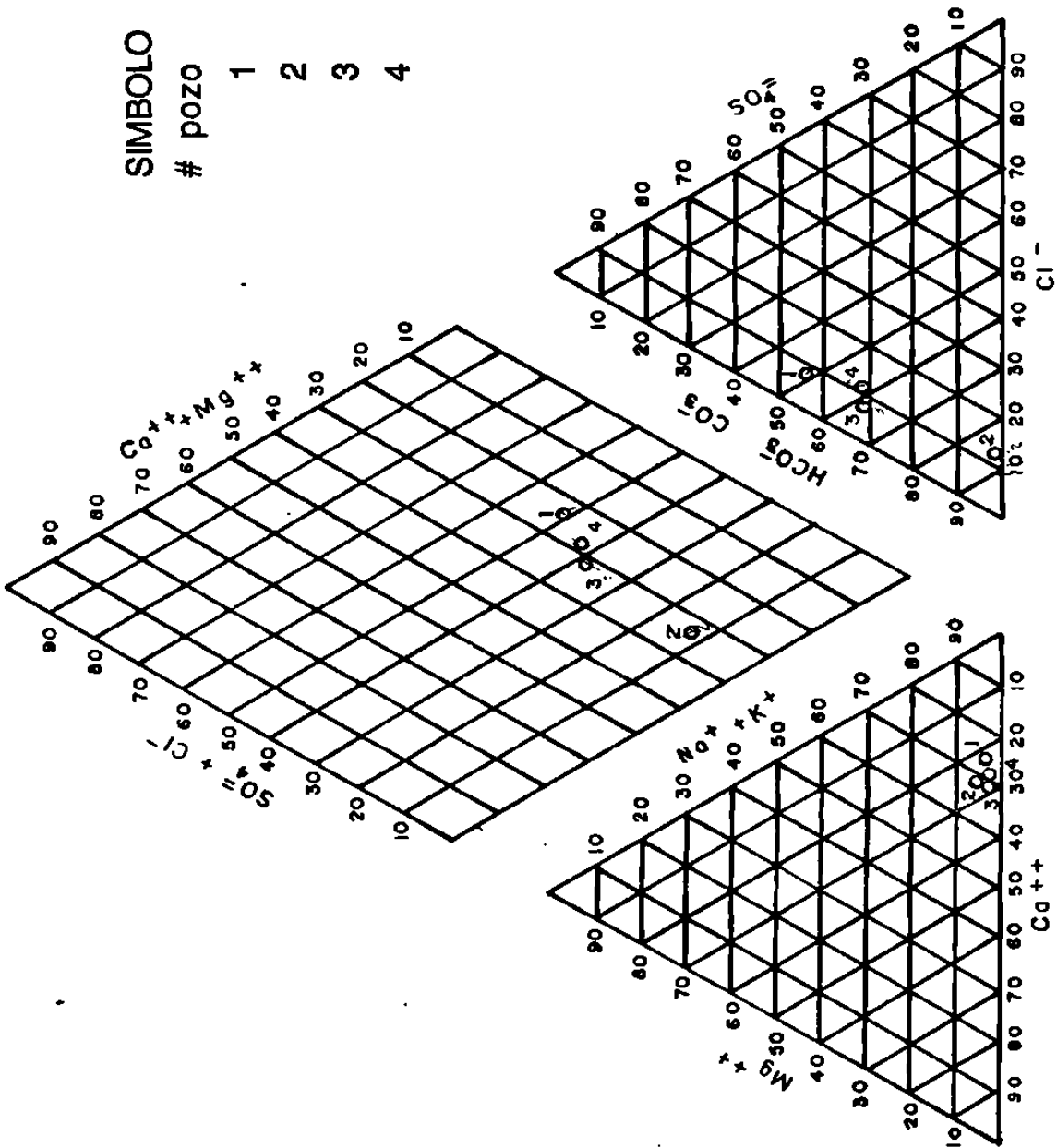


Figura 6a

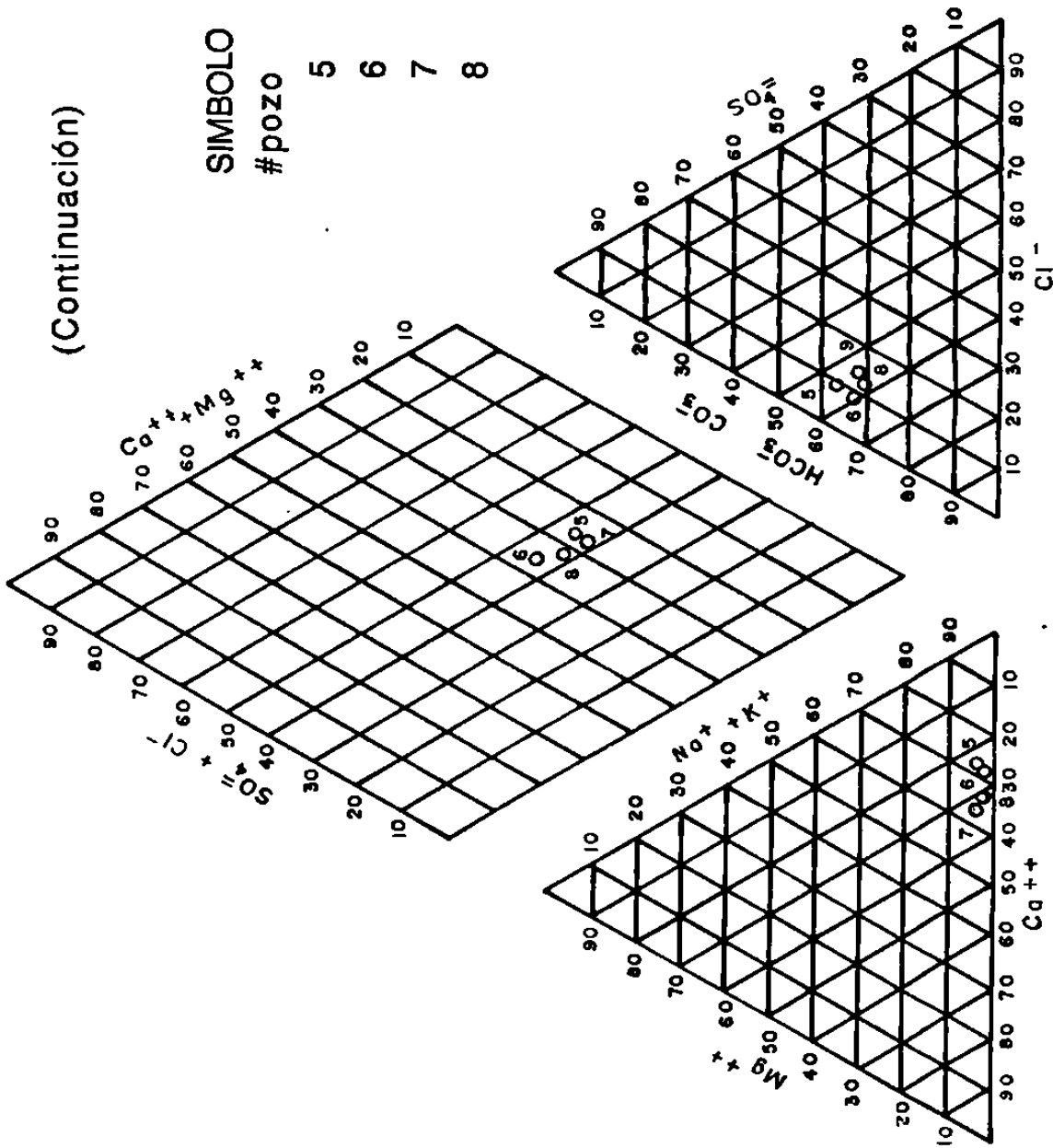
DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER



SIMBOLO	CLAVE	FAMILIA DE AGUA
# pozo	Carbonatada sódica (Na-HCO ₃)	
1	SP09001	
2	SP09002	
3	SP09003	
4	SP09004	

Figura 6a

(Continuación)



SIMBOLO	CLAVE	FAMILIA DE AGUA
#pozo	Carbonatada sódica (Na-HCO ₃)	
5	SP0906	
6	SP0907	
7	SP0908	
8	SP0909	

Figura 6a
(Continuación)

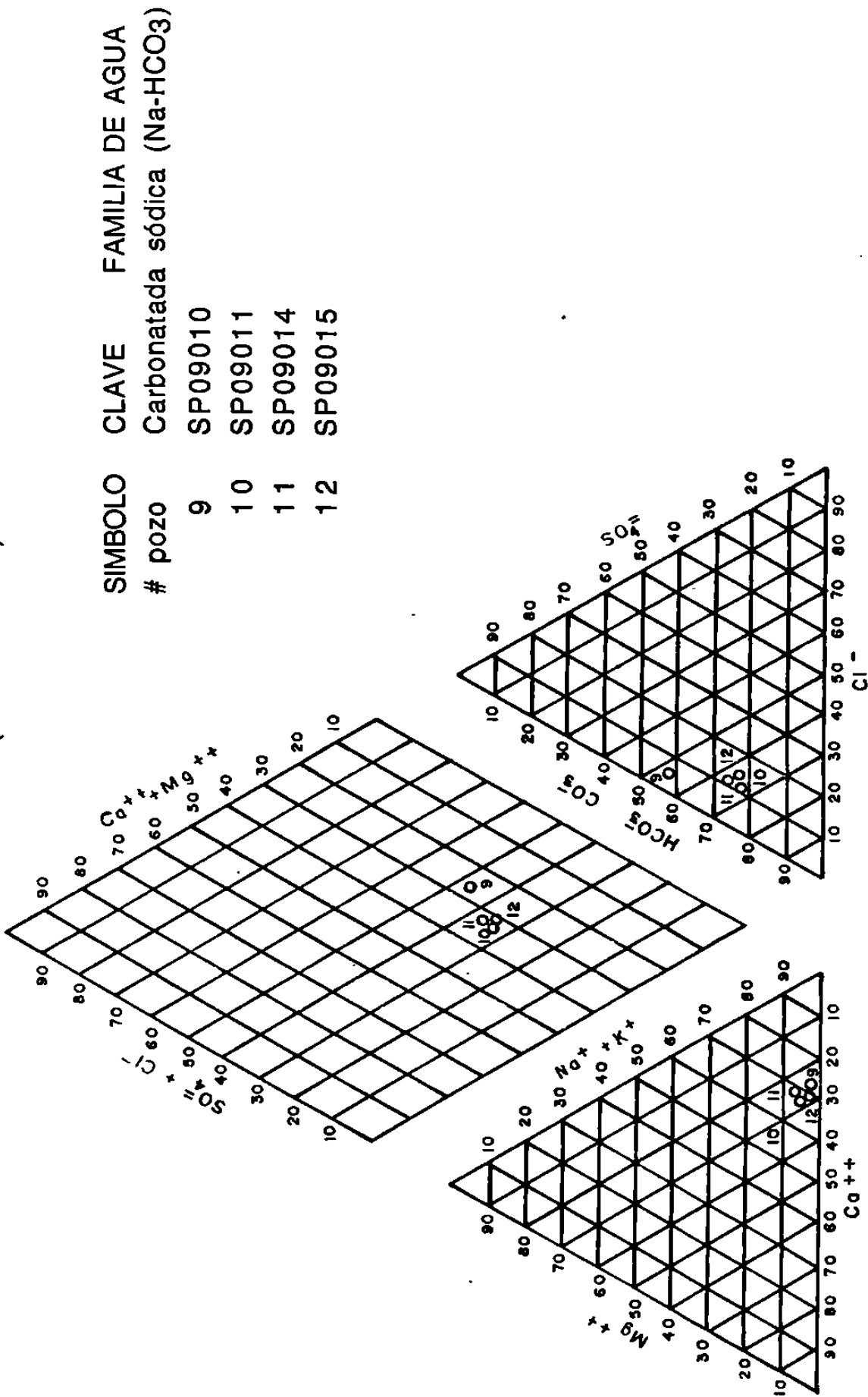


Figura 6a
(Continuación)

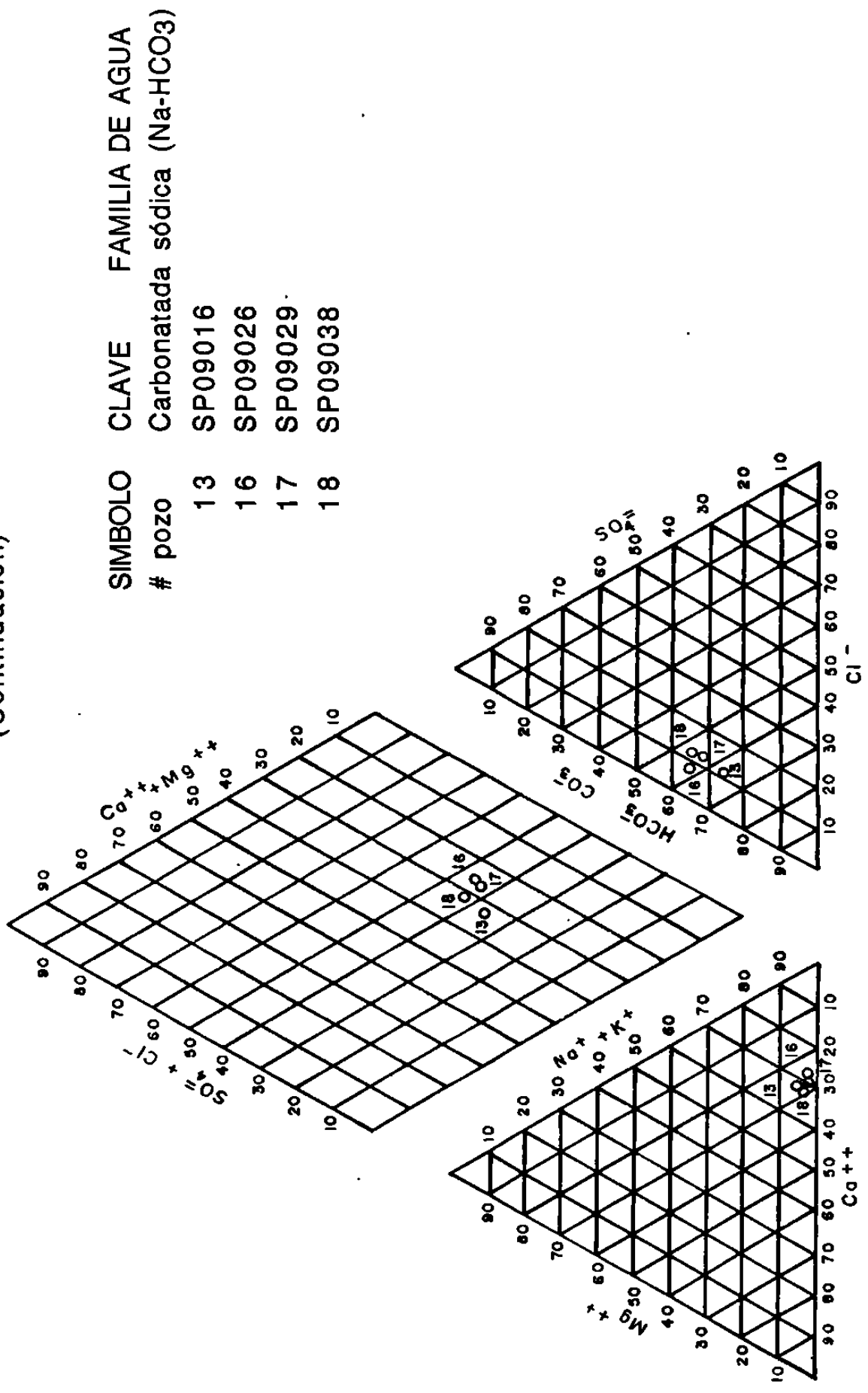
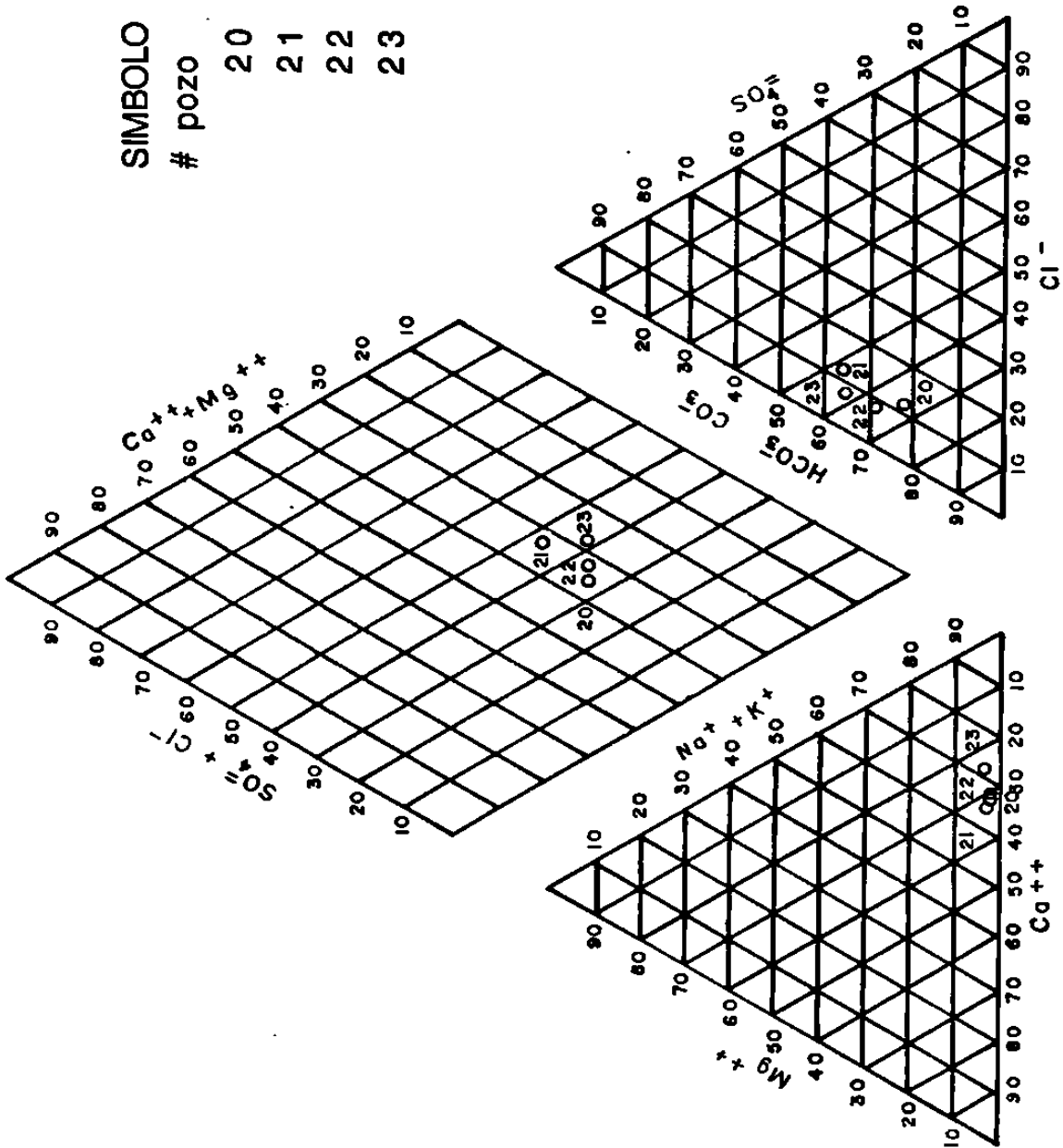
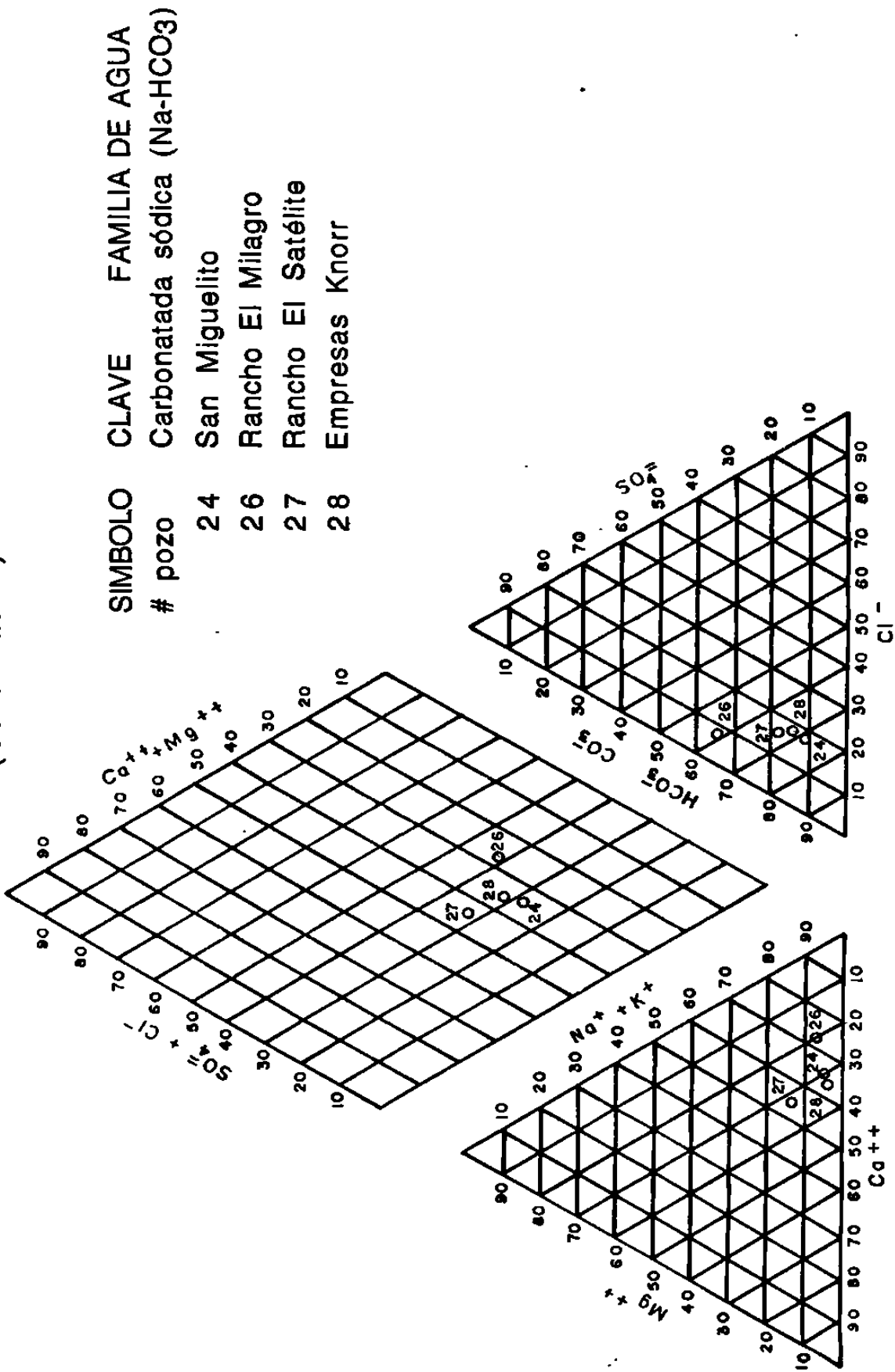


Figura 6a
(Continuación)



SIMBOLO	CLAVE	FAMILIA DE AGUA
# pozo	Carbonatada sódica (Na-HCO ₃)	
20	SP09040	
21	Framboyanes II	
22	Castillo	
23	Chihuahua	

Figura 6a
(Continuación)



SIMBOLO	CLAVE	FAMILIA DE AGUA
# pozo	Carbonatada sódica (Na-HCO3)	
24	San Miguelito	
26	Rancho El Milagro	
27	Rancho El Satélite	
28	Empresas Knorr	

Figura 6a
(Continuación)

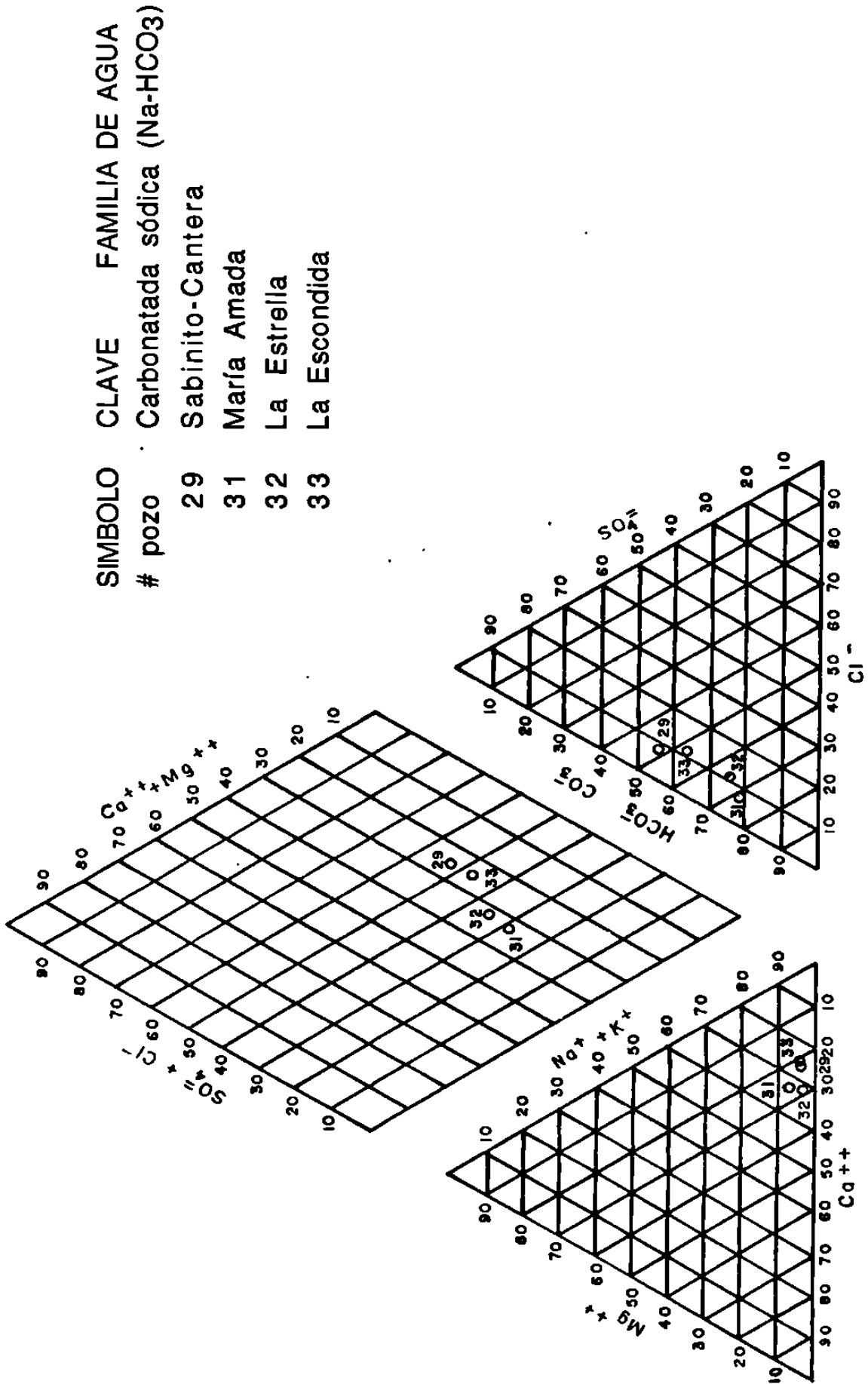


Figura 6a
(Continuación)

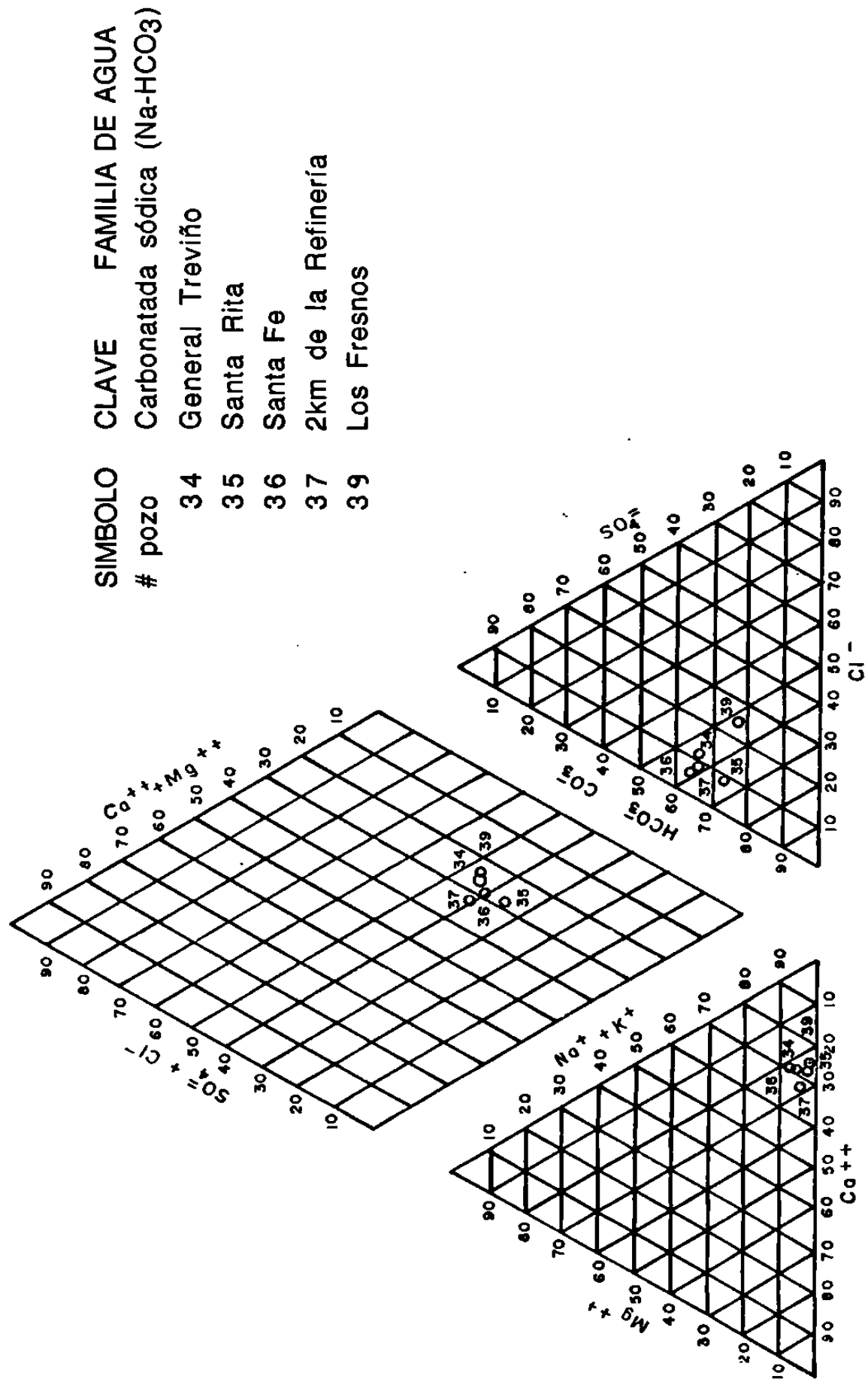
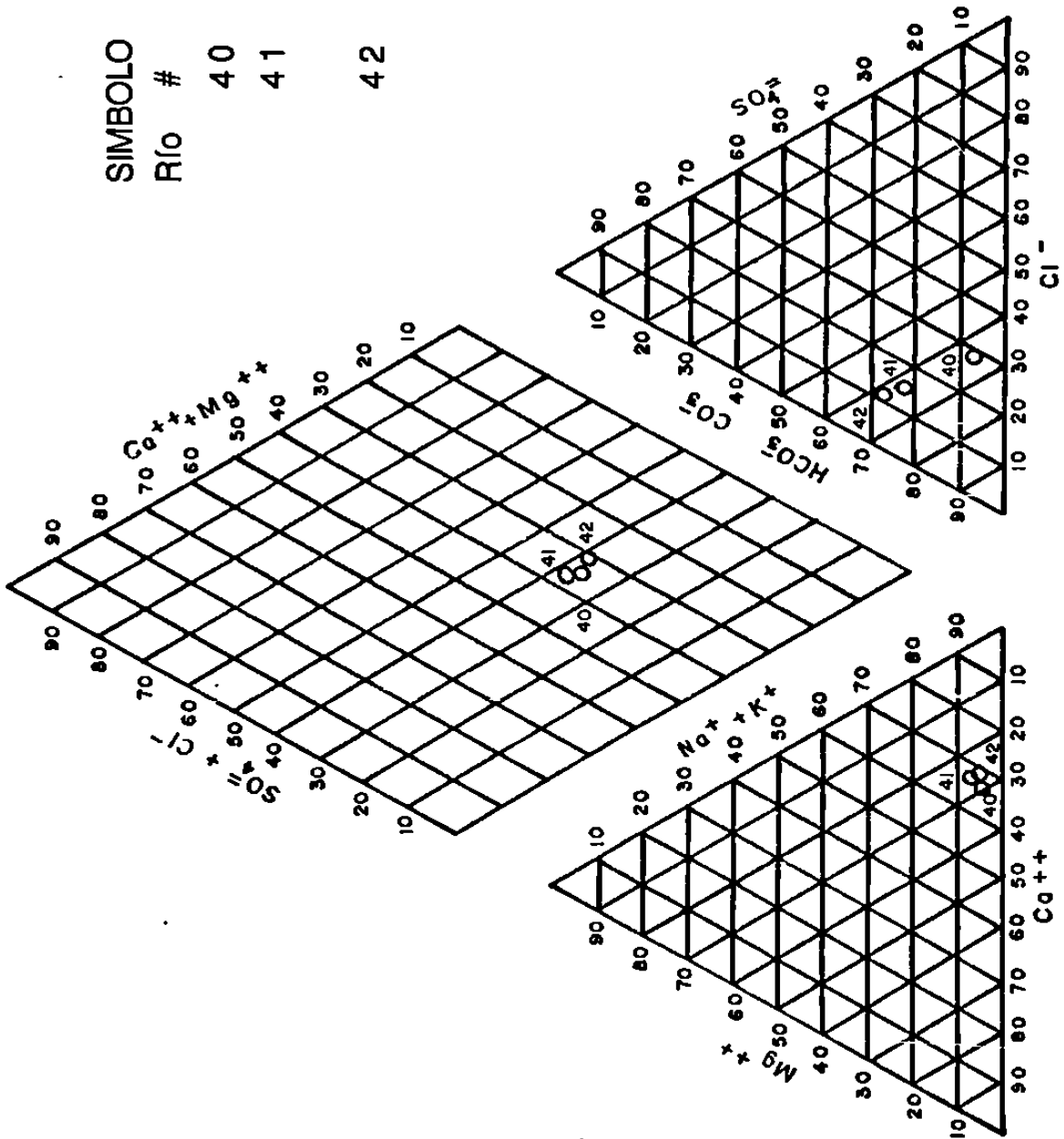
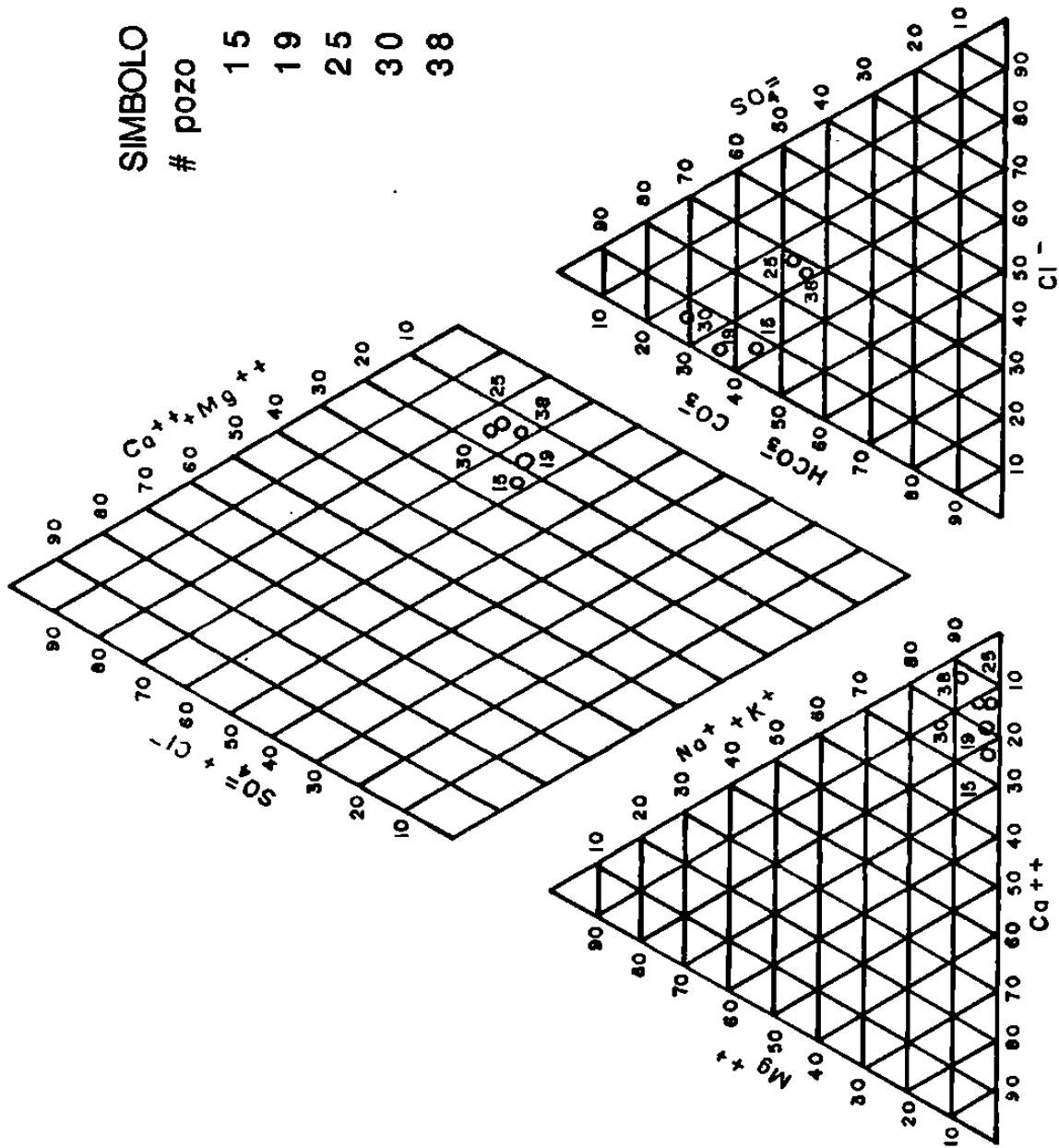


Figura 6a
(Continuación)



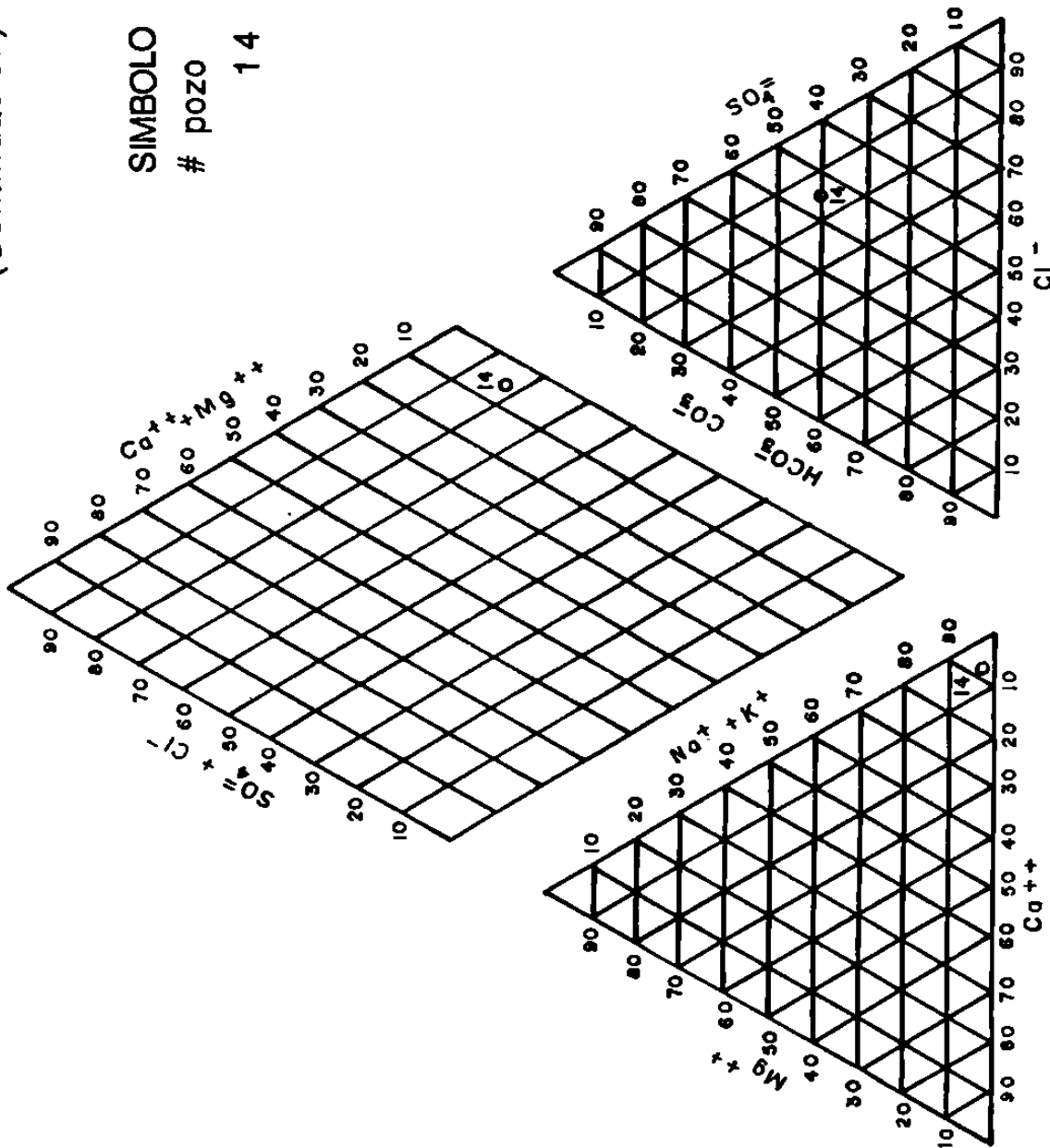
SIMBOLO	CLAVE	FAMILIA DE AGUA
Río #		Carbonatada sódica (Na-HCO ₃)
40	San Juan	
41	Santa Catarina	
42	(frente al vado Gral. Treviño)	
	Santa Catarina	
	(frente al vado Santa Fe)	

Figura 6b
(Continuación)



SIMBOLO	CLAVE	FAMILIA DE AGUA
# pozo	Sulfatada sódica	(Na-SO ₄)
15	SP09023	
19	SP09039	
25	Los Cantú	
30	Las Flores	
38	San Alfonso.	

Figura 6c
(Continuación)



SIMBOLO CLAVE FAMILIA DE AGUA
 # pozo Clorurada sódica (Na-Cl)
 14 SP0900019

Figura 7a

DIAGRAMA SEMILOGARITMICO PARA EL ANALISIS DE AGUA

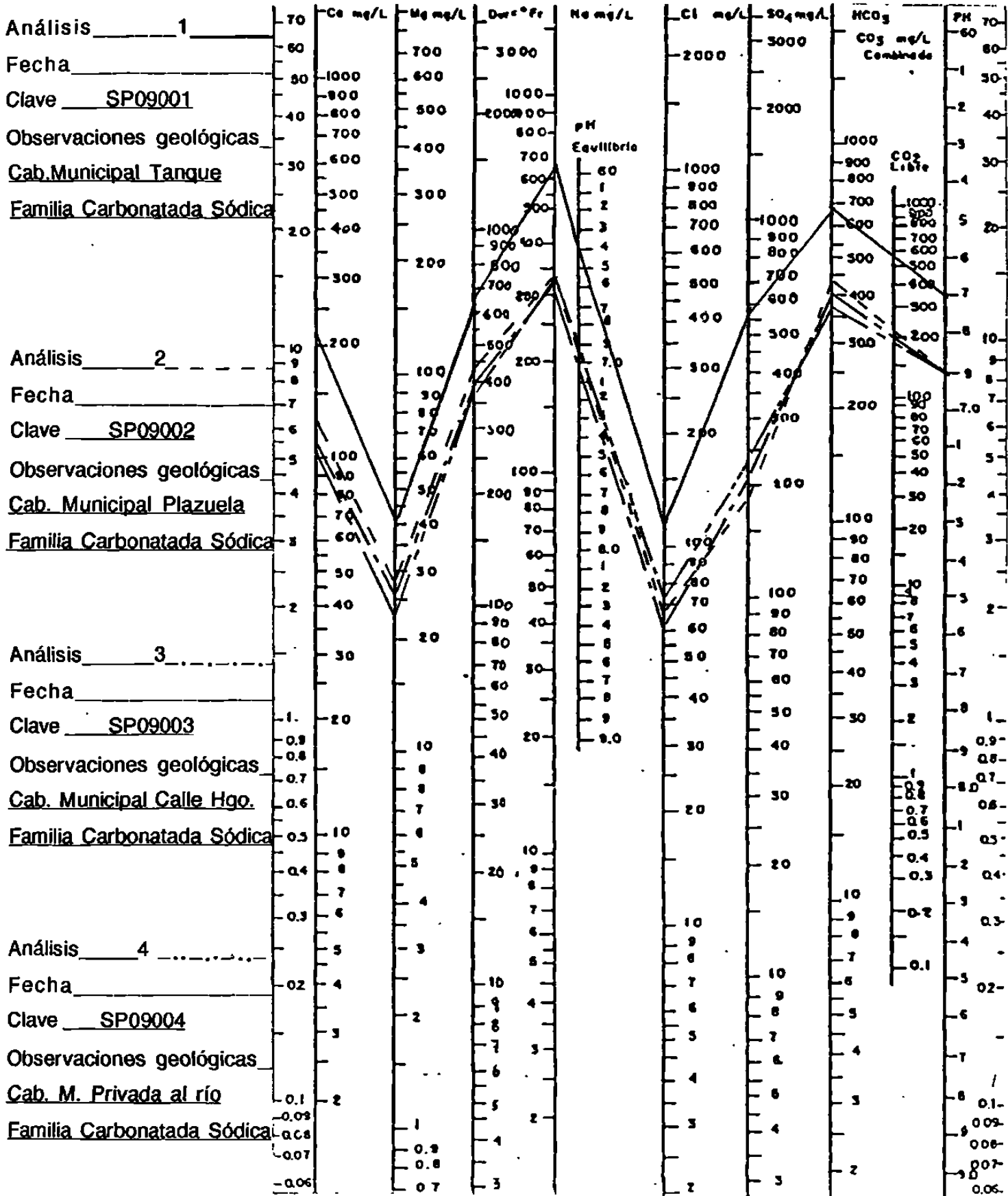


Figura 7a
(Continuación)

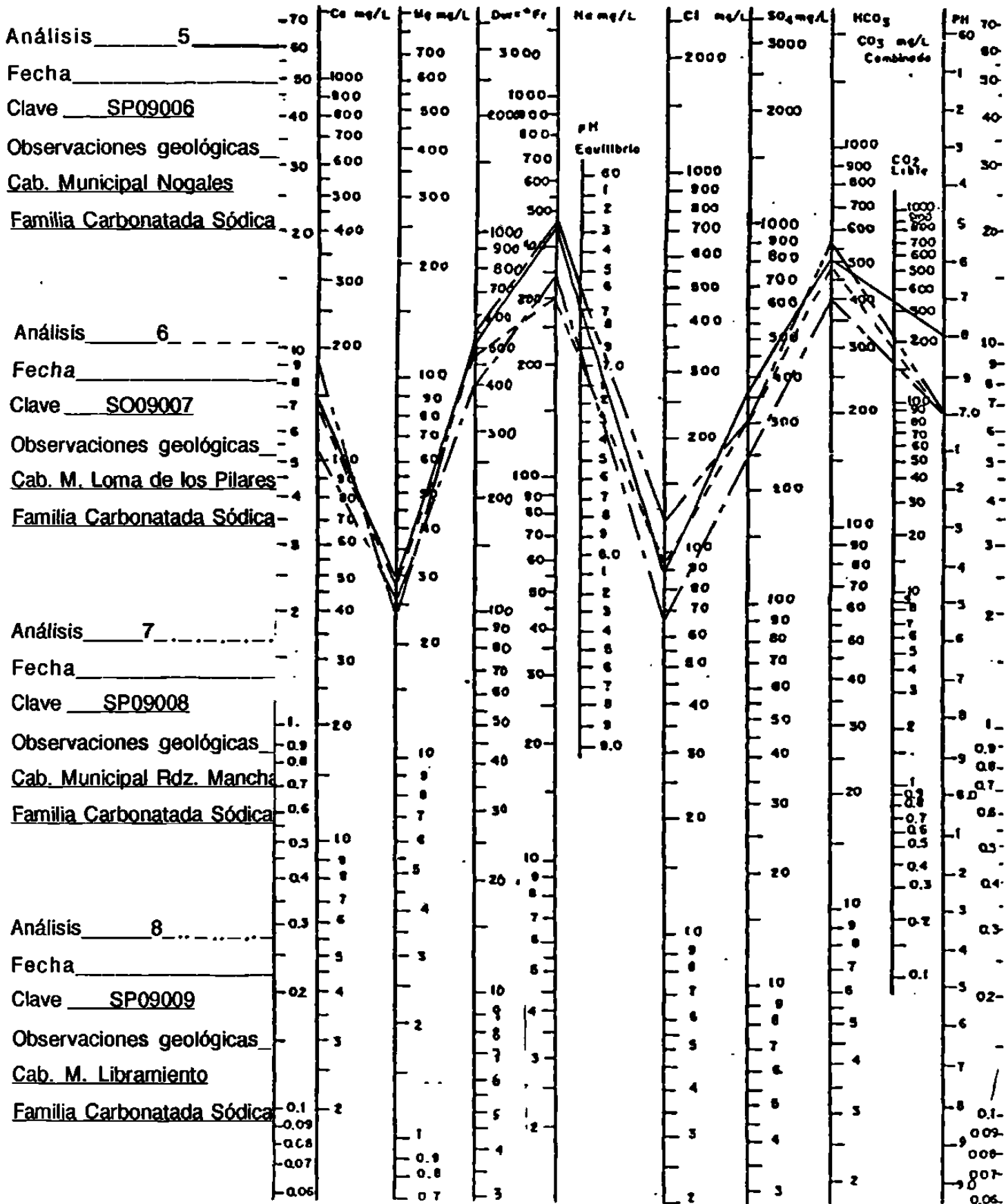


Figura 7a
(Continuación)

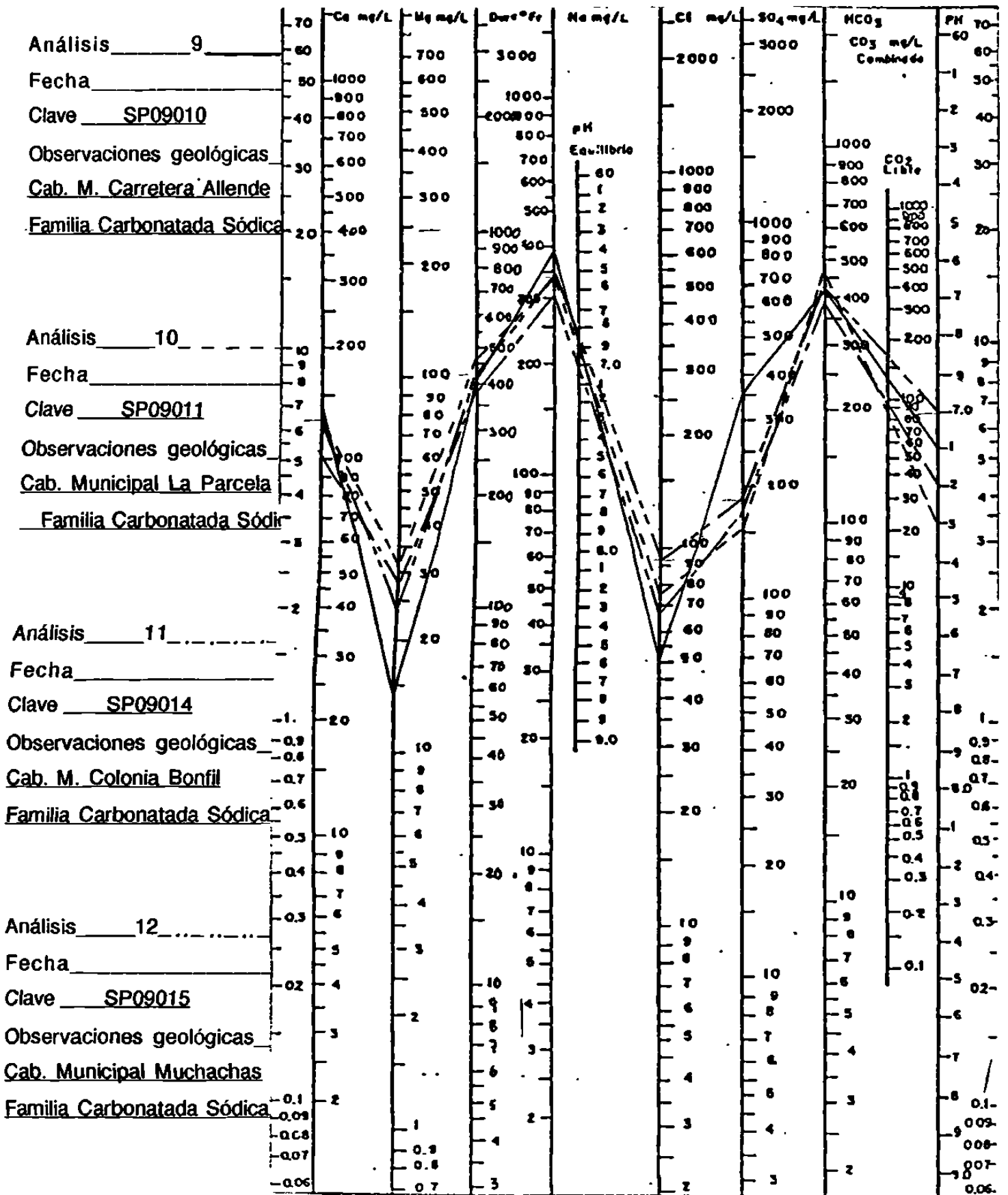


Figura 7a
(Continuación)

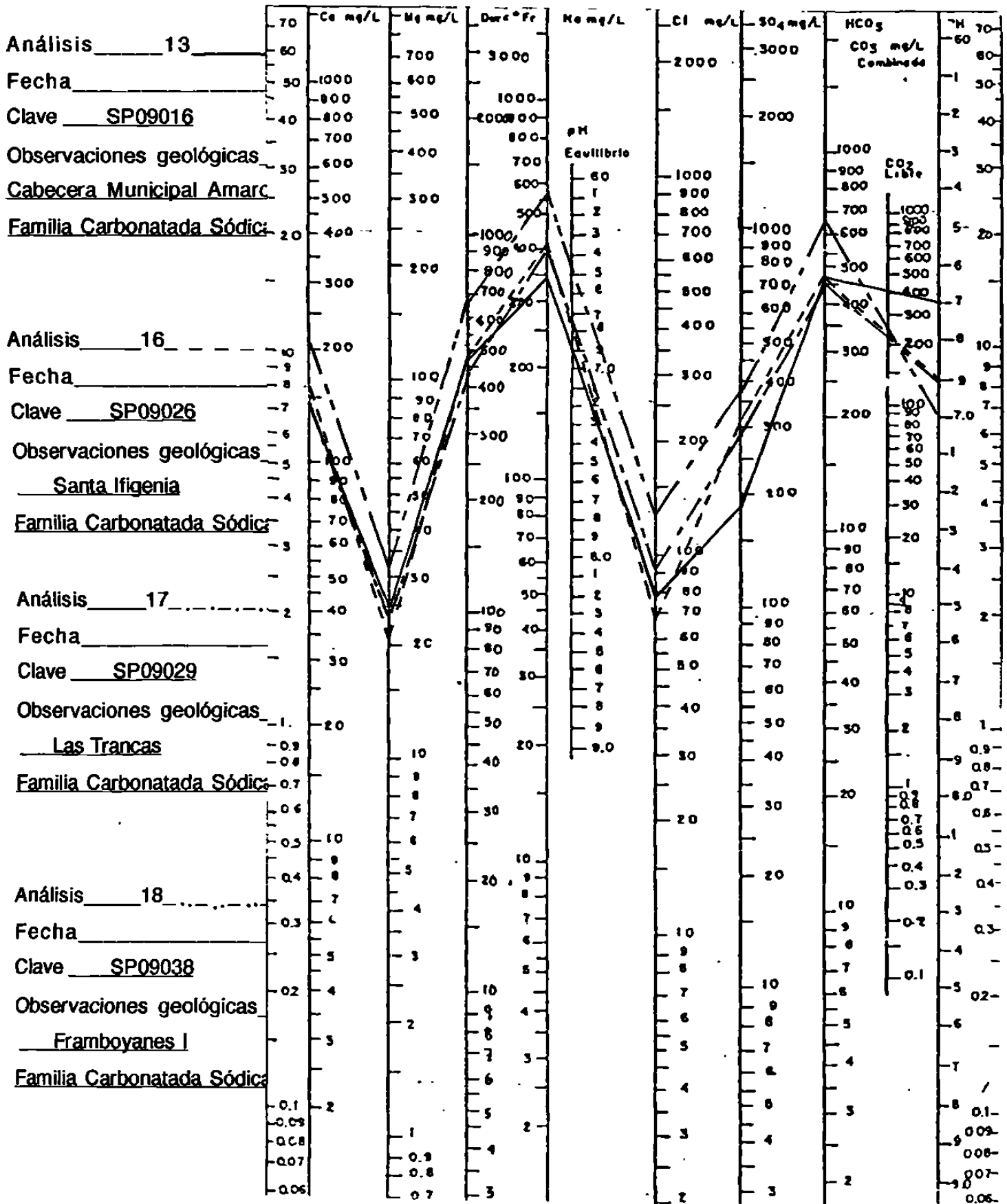


Figura 7a
(Continuación)

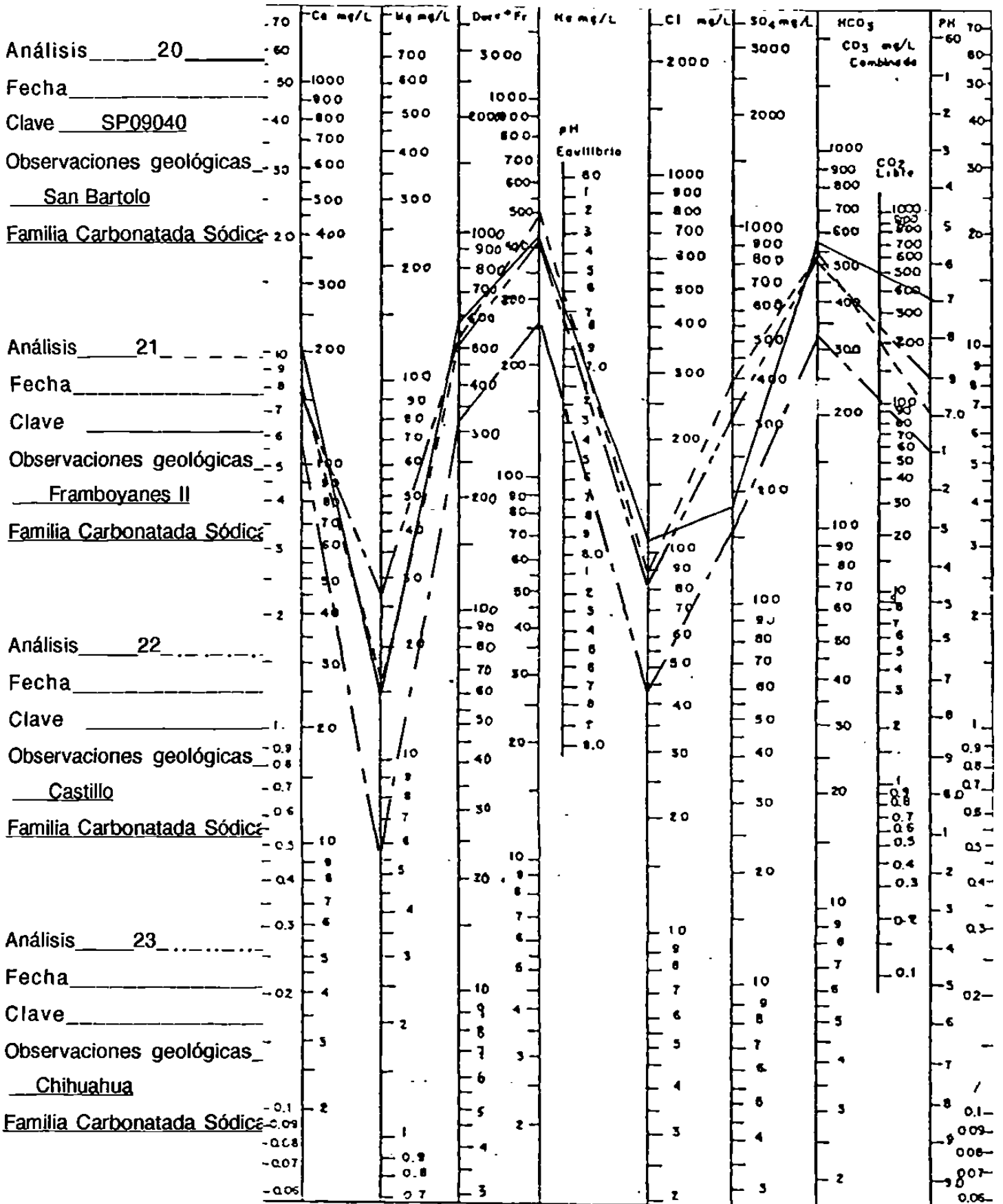


Figura 7a
(Continuación)

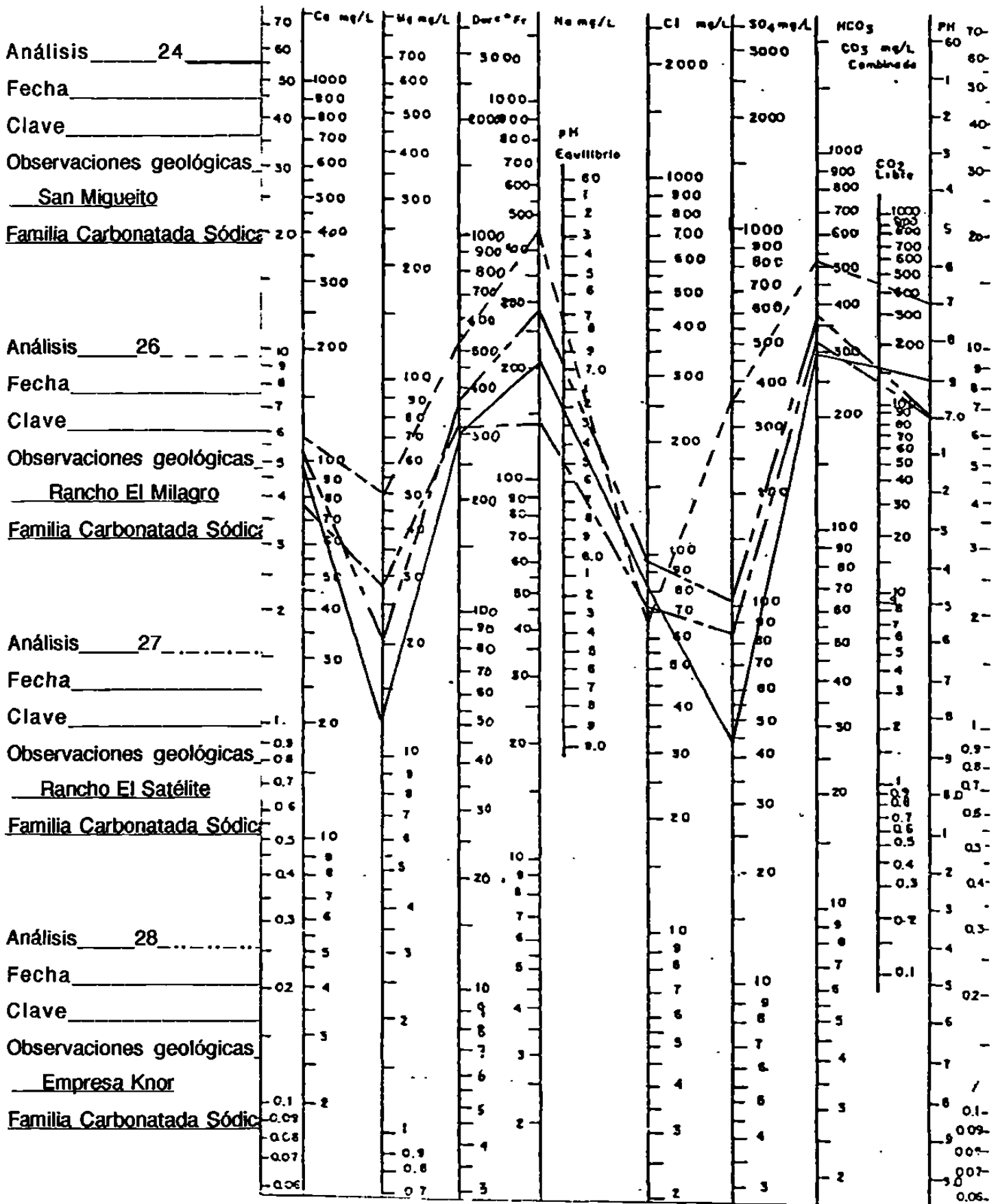


Figura 7a
(Continuación)

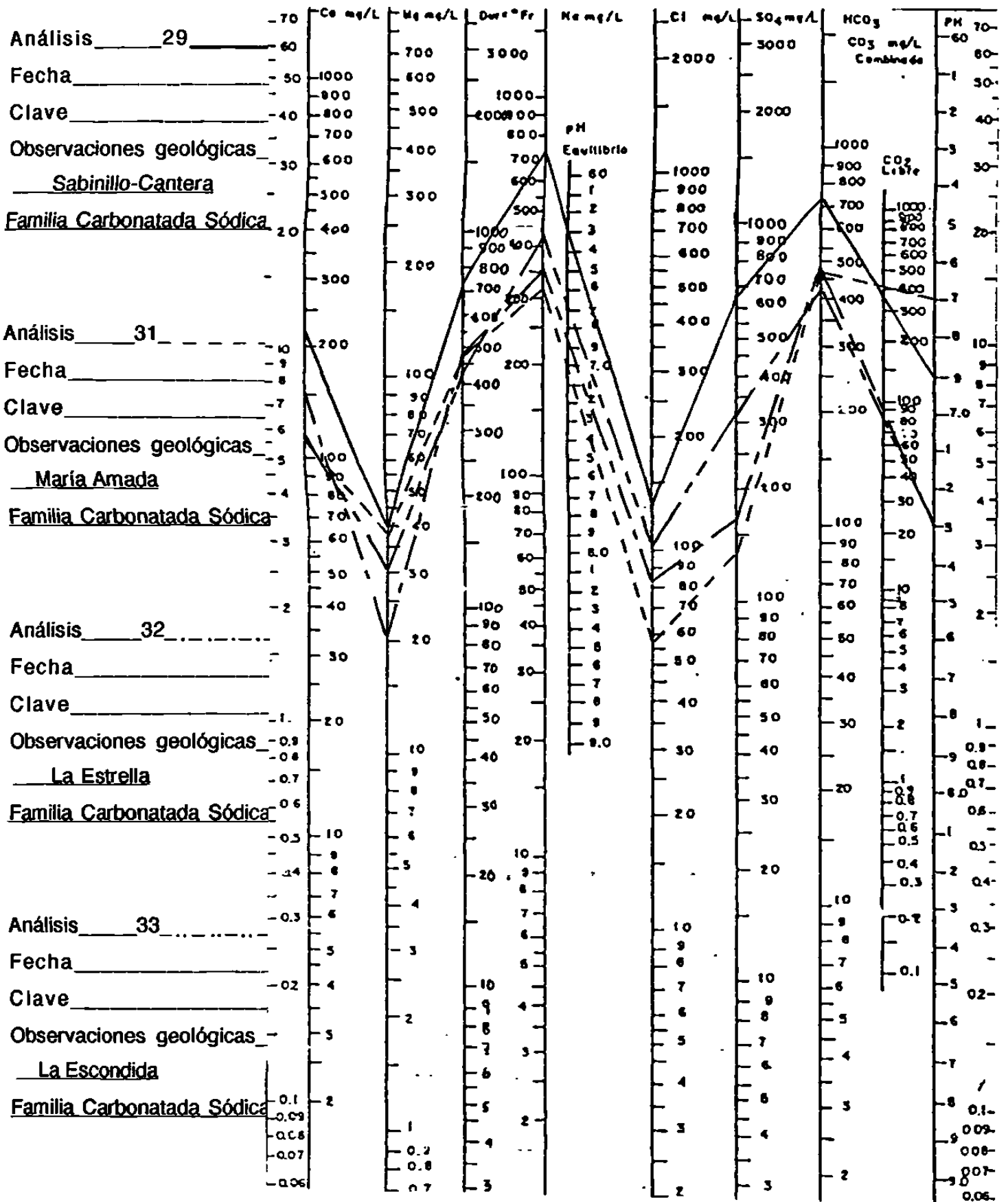


Figura 7a
(Continuación)

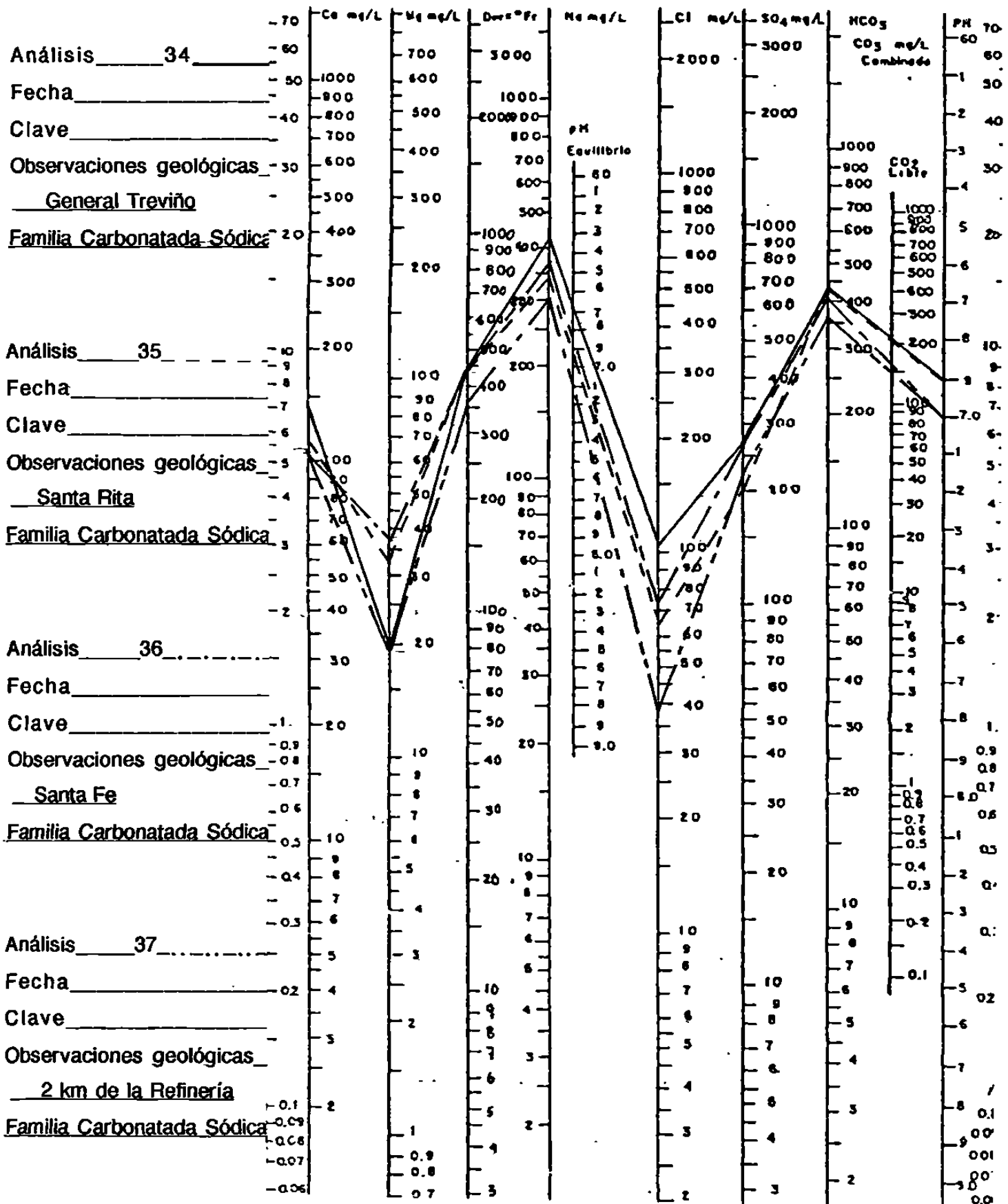


Figura 7a
(Continuación)

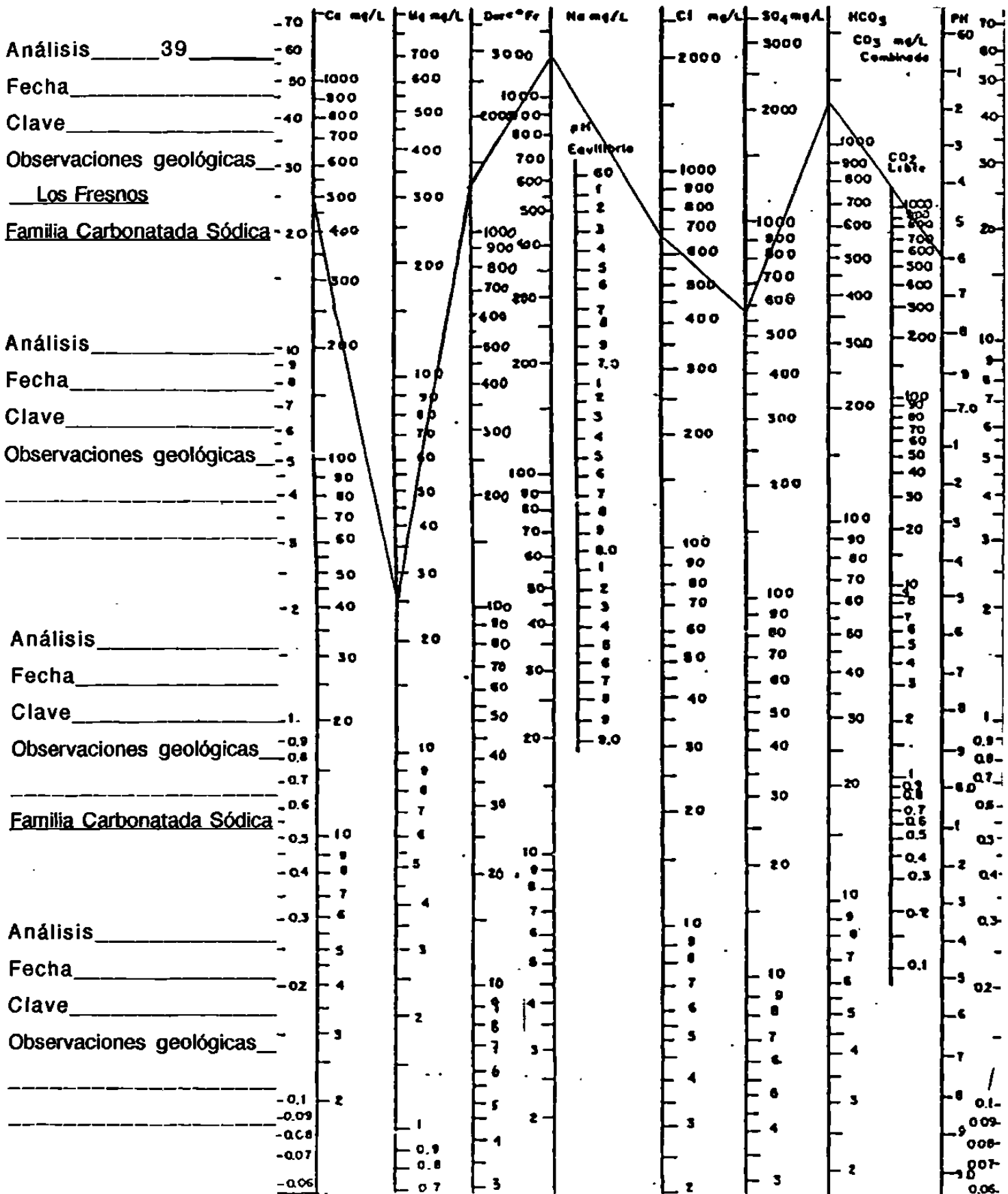


Figura 7a
(Continuación)

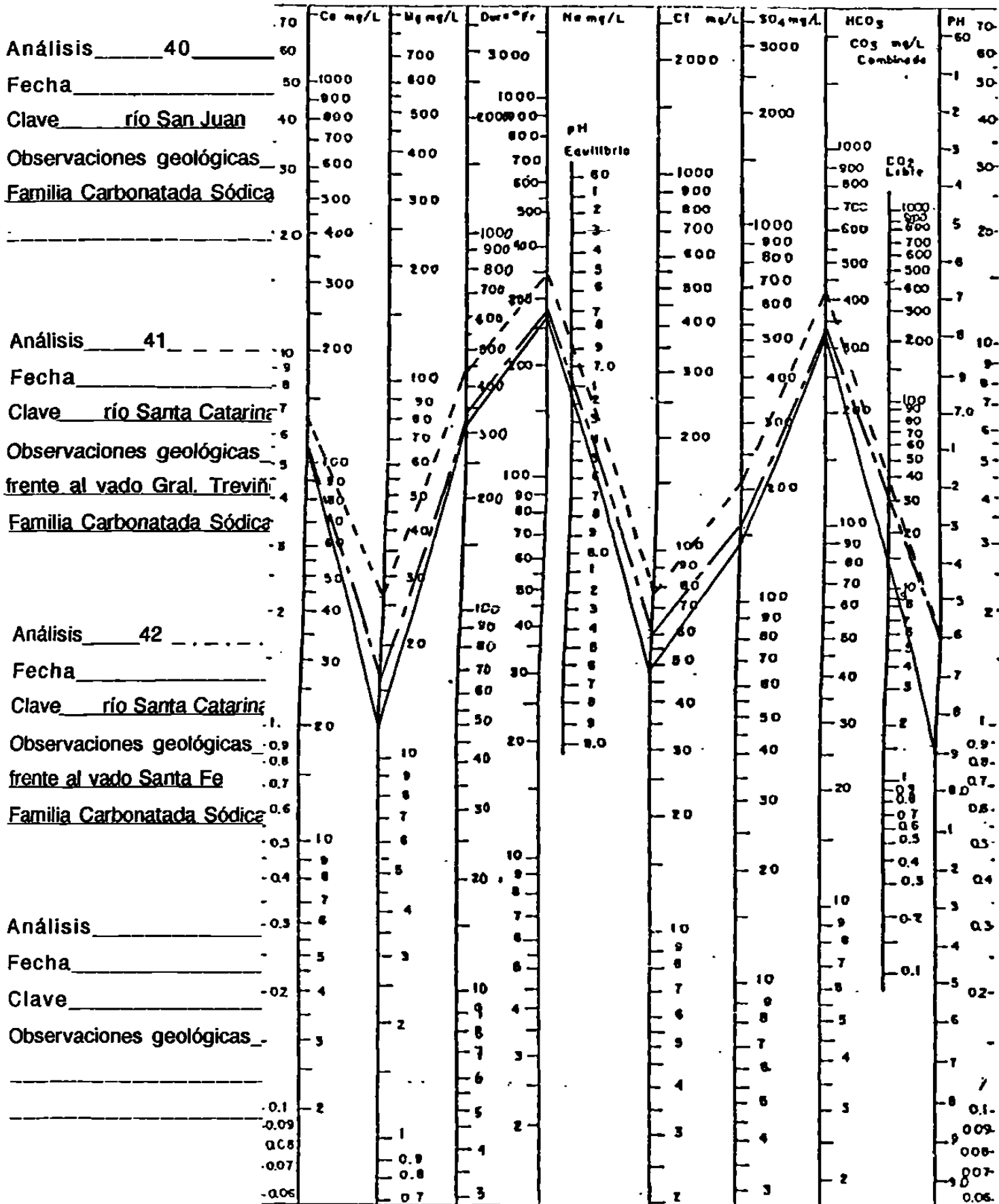


Figura 7b
(Continuación)

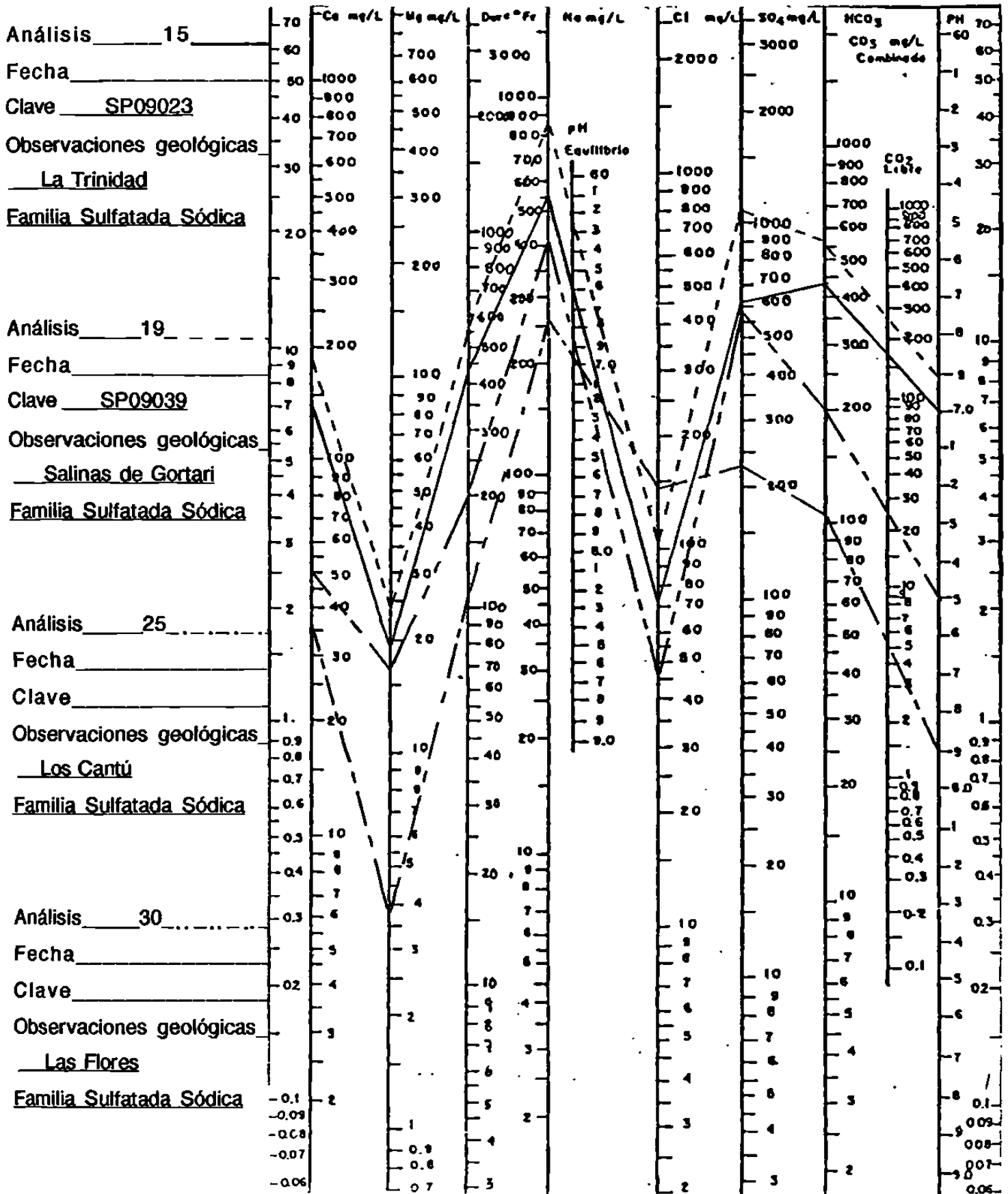


Figura 7b
(Continuación)

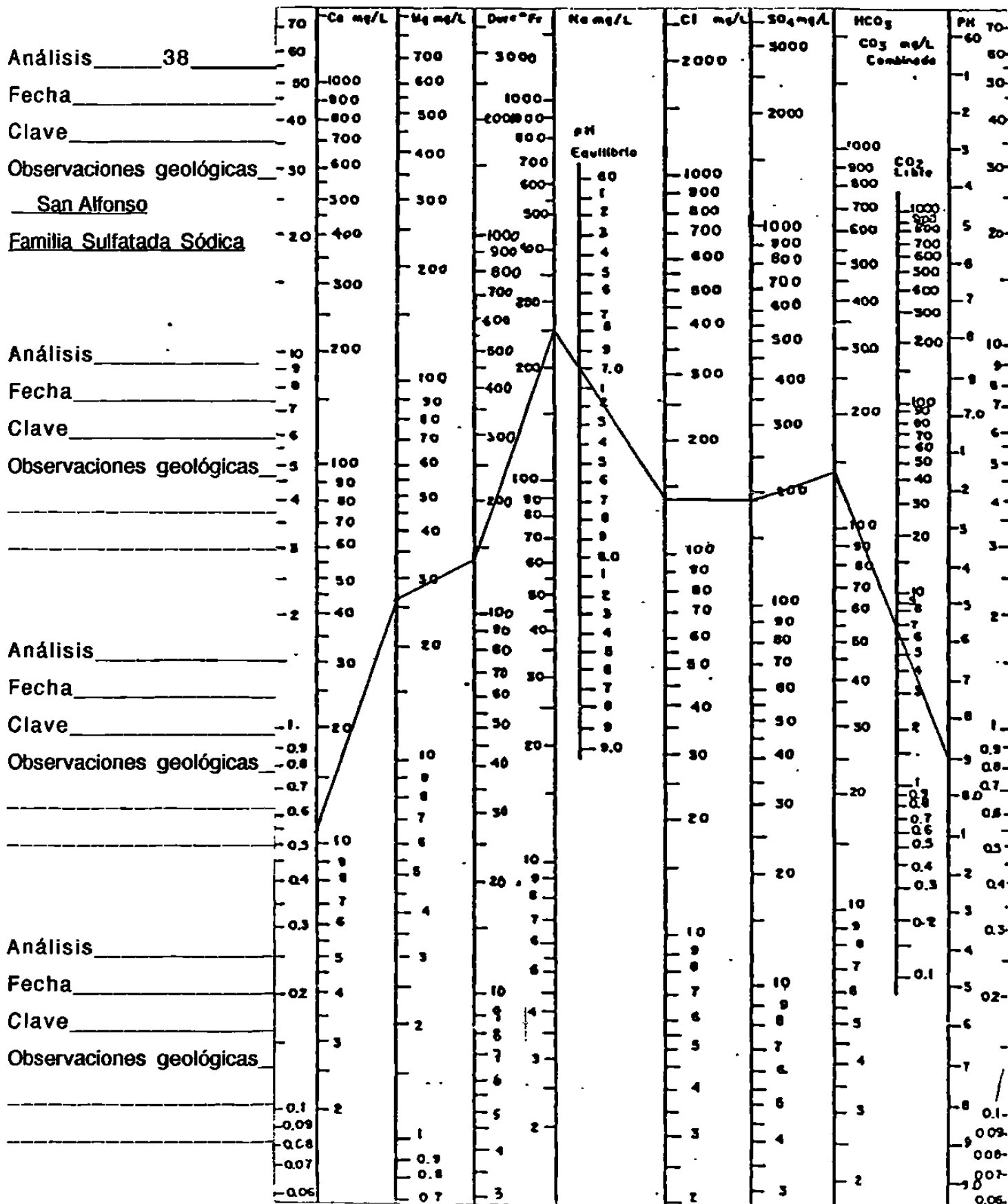
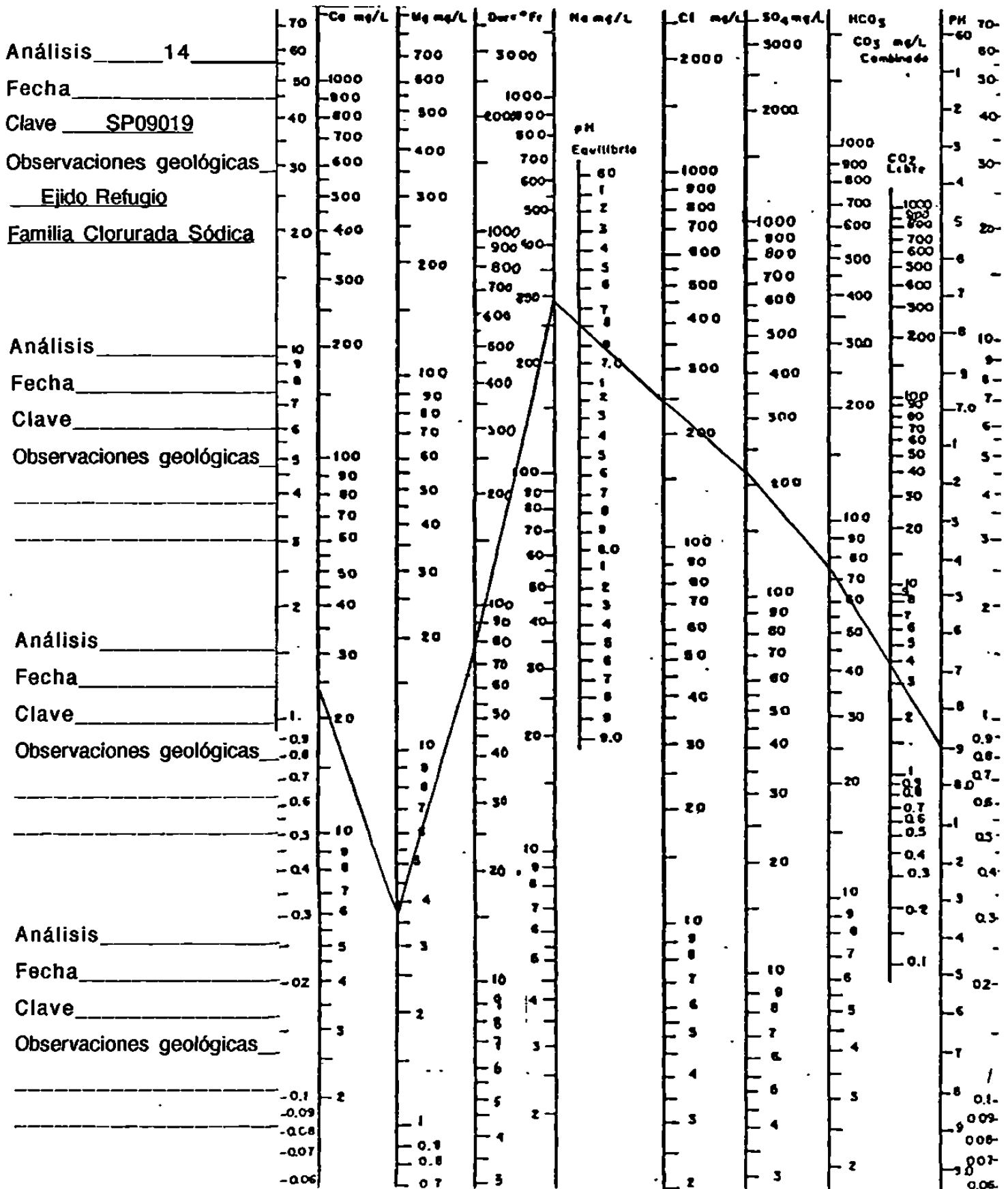
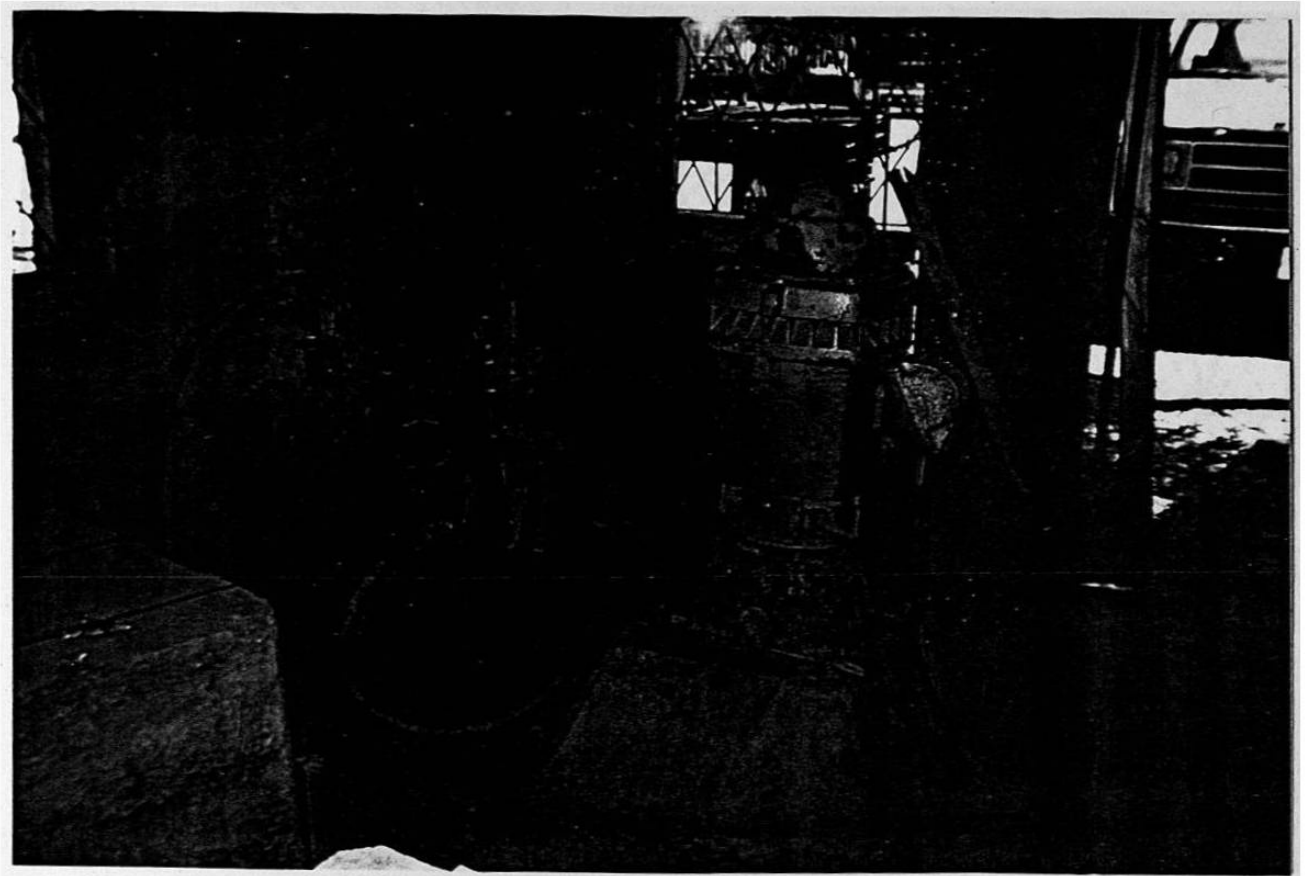


Figura 7c
(Continuación)



ANEXO C

FOTOGRAFIAS



POZO SP09001 TANQUE