

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
INSTITUTO DE GEOLOGIA

COMITE NACIONAL MEXICANO PARA EL DECENIO HIDROLOGICO
INTERNACIONAL

MEMORIA 1972-1974

EDITOR: ING. R. DEL ARENAL C.



MEXICO

1976

INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL VALLE DE RÍO VERDE, SAN LUIS POTOSÍ

ING. JUAN MANUEL LESSER I. *

RESUMEN

En el Valle de Río Verde, S. L. P., se efectuó una interpretación geoquímica del agua subterránea. Se encuentra agua de buena calidad al Poniente de la ciudad de Río Verde y en el extremo Oriente del área estudiada, donde se encuentran concentraciones menores de 1 000 ppm de sólidos totales disueltos. En el resto del área el agua es de mala calidad y sus concentraciones varían de 2 800 a 4 900 ppm. Estas fuertes concentraciones son debidas a la disolución de yeso, anhidrita y calcita, que junto con otros materiales forman el relleno del valle. El agua de buena calidad es cálcico-sulfatada. Se calculó el grado de saturación del agua con respecto a yeso y calcita, encontrándose que gran parte del área está sobresaturada con respecto a yeso y por lo tanto es de esperarse la precipitación de este mineral y consecuentemente la incrustación en tuberías, bombas, etcétera.

AGRADECIMIENTOS

El autor hace patente su agradecimiento a la Secretaría de Recursos Hidráulicos y en especial a los miembros de la Dirección de Geohidrología y de Zonas Áridas de la misma Secretaría, por el material, autorización y facilidades prestadas para la publicación de este artículo.

INTRODUCCIÓN

El agua contenida en los acuíferos proviene principalmente de la lluvia; parte de ésta al precipitarse sobre las formaciones geológicas, se infiltra y corre a través de ellas. Al circular, entra en contacto con diversas formaciones geológicas y disuelve las sales de las rocas, resultando cambios en su composición química. La cantidad de sales disueltas será mayor conforme el agua avanza en su recorrido, pero dependerá de muchos y muy complejos factores como las temperaturas del agua y la roca, el área de contacto del agua con las formaciones, la velocidad de circulación, la longitud del recorrido, las composiciones químicas del agua y de las rocas, la

solubilidad de las diferentes sales y de otros factores. Tomando en cuenta que el agua cambia de composición en el subsuelo, se efectuó un muestreo y análisis químico de las aguas del subsuelo del Valle de Río Verde, S. L. P., y cuyo método de trabajo, interpretación y resultados, son el objeto de este reporte.

GENERALIDADES

El Valle de Río Verde se localiza hacia la parte Sur Central del Estado de San Luis Potosí, dentro de la cuenca hidrológica del bajo Pánuco, entre los paralelos 21° 30' y 22° 49' de latitud Norte y los meridianos 99° 30' y 100° 30' al Oeste de Greenwich. Los poblados principales dentro de la cuenca son: Río Verde, Cárdenas, Cerritos, Ciudad del Maíz y San Ciro, con

* Ingeniero Geólogo, Auxiliar del Jefe del Departamento de Geohidrología, Secretaría de Recursos Hidráulicos.

una población aproximada en el área de 110,000 habitantes. La economía de la región depende de la agricultura y en menor escala del comercio. El área se encuentra bien comunicada por carretera, ferrocarril y por caminos vecinales de brecha y terracería.

El área de estudio se encuentra en el extremo Poniente de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, a la altura de la ciudad de San Luis Potosí. Está formada por una cuenca exorreica drenada por el Río Verde. La elevación promedio del valle es de 1 100 msnm, con altitudes máximas en las sierras de 2 500 msnm. El valle tiene una orientación general de NW-SE en el sentido de su eje mayor, ampliándose hacia el Norte y con un estrechamiento topográfico hacia el Sur. Dentro del valle, que abarca una superficie aproximada de 2 400 km², sobresalen algunas sierras de calizas cuyas elevaciones mayores no exceden de 400 m arriba del piso del valle.

La principal corriente superficial es el Río Verde cuyo drenaje sólo se establece bien en la parte Sur de la cuenca en estudio, donde atraviesa la región en una dirección sensiblemente Noroeste-Sureste.

GEOLOGÍA

En esta zona afloran rocas sedimentarias e ígneas. Las sedimentarias corresponden a depósitos marinos y continentales cuya edad abarca del Cretácico al Reciente y las ígneas por rocas volcánicas de probable edad Terciario tardío al Pleistoceno.

Las rocas sedimentarias marinas del Cretácico, afloran en las sierras y lomeríos que circundan al valle. Las rocas más antiguas que afloran son de la formación Guacamá la cual presenta calizas y yesos. Suprayaciendo a estas rocas, se encuentra la formación El Doctor, la cual es la más importante por la extensión de sus afloramientos. Se presenta en capas medianas y gruesas, con zonas dolomitizadas y ocasionalmente fracturadas. También afloran las formaciones Cárdenas y Méndez, las cuales se encuentran sobreyaciendo a la formación El Doctor. Están formadas por lutitas con algunas intercalaciones de margas y areniscas.

Estas formaciones se encuentran plegadas, formando estructuras anticlinales y sinclinales, tanto normales como recumbentes.

Los depósitos sedimentarios continentales se encuentran distribuidos extensamente en el área formando los valles y planicies que constituyen el relleno de la cuenca. Se distinguen dos tipos: depósitos de origen mecánico formados por clásticos depositados en ambiente lacustre y fluvial, y depósitos de origen químico, representados por tufas, calizas lacustres, caliches y travertinos. Las rocas ígneas están representadas por riolitas y basaltos, así como por algunas tobas.

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LAS FORMACIONES

La zona está formada por sedimentos fluviales y lacustres que rellenan el valle y constituyen el acuífero de medios granulares de la cuenca. Bordeando al valle se encuentran sierras y lomeríos formados por calizas, lutitas y rocas volcánicas. Dentro de los materiales de relleno, se distinguen en la cuenca dos zonas diferentes, en cuanto a granulometría y naturaleza de los suelos se refiere: la zona de la margen izquierda y la de la margen derecha del Río Verde. A esta última le corresponden las mejores características de permeabilidad y porosidad. En la zona de la margen izquierda predominan sedimentos de origen lacustre y suelos calichosos. Dentro de las otras unidades geológicas, la correspondiente a las rocas calizas tiene gran importancia desde el punto de vista hidrológico por sus características de transmisibilidad y almacenamiento a través de las fracturas y conductos de disolución, que dan origen a manantiales de gran producción como el de la "Media Luna", que aporta un gasto promedio de 4 m³/seg, además de otros menores como el de los "Anteojitos" con producción de 0.25 m³/seg.

Las unidades arcillosas, correspondientes a las formaciones Cárdenas y Méndez, junto con las lavas riolíticas son las unidades impermeables del área, las cuales funcionan como confinante superior de la formación El Doctor y parcialmente como barrera lateral del flujo de agua subterránea en los rellenos. Las lavas riolíticas son así mismo fronteras laterales del flujo en el material aluvial. En el Sur de la cuenca, la unidad volcánica constituida por lavas basálticas muestra evidencias de permeabilidad, ya que permite el drenado a través de ella hacia el Río Verde o Santa María, del agua freática y superficial de la subcuenca de San Ciro.

La recarga del acuífero granular puede provenir de una infiltración vertical directa en áreas donde los suelos lo permiten y de una alimentación lateral en los contactos del material de relleno con las demás unidades geológicas formadoras de las sierras.

La zona de captación y alimentación de los manantiales que afloran en la formación El Doctor, se ubica probablemente en las partes de la Sierra de Álvarez a elevaciones de 2 500 msnm, hacia el Poniente de la cuenca en estudio.

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

La precipitación media anual en el periodo 1962-1970 fue de 786 mm.

Existen 5 cuencas cerradas y dos abiertas. Las dos cuencas abiertas son la del Río Verde y la del Río Plazuela. A la cuenca del Río Verde corresponde una extensión de 1 720 km². La cuenca del Río Plazuela (al Sur) cubre un área de 550 km², drenada superficialmente hacia el Río Verde a través del cauce encajado de un arroyo entre los ranchos Vielma y Agua Dulce.

Las cuencas cerradas son: la cuenca de Cerritos-Villa Juárez, la cuenca de San Isidro, la cual actualmente es drenada en forma artificial por un canal que encauza el Río Choy, la cuenca de Ciudad del Maíz, la cuenca ubicada entre la de Cerritos-Villa Juárez y la de Ciudad del Maíz en los alrededores de San Bartolo y la cuenca de San Ciro, localizada en el extremo Sur del valle.

El drenaje principal de la cuenca es el Río Verde cuyos escurrimientos son medidos en las estaciones Nogal Obscuro y Vigas. Este río anualmente drena aproximadamente $16 \times 10^6 \text{ m}^3$ del acuífero granular y $58 \times 10^6 \text{ m}^3$ de los retornos de los canales que conducen el agua de los manantiales de la Media Luna y Antejitos, para formar su flujo base medido en la estación Vigas.

Además de los escurrimientos superficiales medidos en el Río Verde, existen 6 estaciones hidrométricas que registran el escurrimiento de los manantiales Media Luna y Antejitos, en 6 canales que conducen el agua hacia una zona de riego de aproximadamente 3 500 Hs. El principal es el de la "Media Luna" que tiene un gasto promedio de $4 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Piezometría

La configuración de las curvas de igual elevación del nivel estático referidas al nivel medio del mar, muestran que el Río Verde constituye el drenaje principal de los escurrimientos de agua subterránea de todas las cuencas fisiográficas, a excepción de la de Ciudad del Maíz.

En la figura 1, se muestra la configuración de la elevación del nivel estático en noviembre de 1972 y en la cual se observa que el flujo del agua es de Norte a Sur hasta el Río Verde y de Oeste a Sureste a la altura del mismo río. El gradiente en la parte Central y Norte es menor que en las cercanías del río.

Hidrogeoquímica

Para llevar a cabo la interpretación hidrogeoquímica, se analizaron químicamente 42 muestras de agua y se midió la resistividad de otras 136. A partir de los resultados obtenidos se elaboraron configuraciones, diagramas, tablas, etcétera, los cuales posteriormente fueron interpretados.

Muestras de agua. Se obtuvieron 42 muestras de agua, para lo cual se usaron frascos de polietileno de un litro de capacidad con doble tapa. Los frascos se llenaron totalmente para evitar la gasificación de algunos componentes que podrían provocar reacciones químicas y alterar la composición de dicha muestra que es representativa de enormes volúmenes de agua.

Una vez tomadas las muestras se numeraron para su identificación colocándoseles una etiqueta con el número

de la muestra, zona, lugar y fecha de muestreo, temperatura ambiente, temperatura del agua al momento del muestreo, el pH de campo tomado mediante cinta de papel indicador, la resistividad del agua y la temperatura a la cual fue tomada la resistividad. Los frascos se remitieron inmediatamente a los laboratorios, en donde se hicieron los análisis físicoquímicos correspondientes.

Análisis físicoquímicos

En los estudios de laboratorio se determinaron el pH, el contenido de boro en gamas por litro (ver Fig. 2) y el contenido en partes por millón de los siguientes:

Aniones	Cationes	Coloides
SO_4^-	Na^+	SiO_2
Cl^-	K^+	Al_2O_3
NO_2^-	Li^+	FeO
NO_3^-	NH_4^+	MnO
CO_3^-	Ca^{++}	
PO_4^-	Fe^{++}	

Se calcularon:

$\text{SO}_4^-/\text{Cl}^-$
 $(\text{Cl}^- + \text{Na}^+)/\text{Na}^+$
 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$
 $\text{Na}^+/\text{Mg}^{++}$
 $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$

Salinidad Primaria
 Salinidad Secundaria
 Salinidad Terciaria
 Alcalinidad Primaria
 Alcalinidad Secundaria
 Índice Geoquímico
 Clase de Agua según Chase Palmer

Además se determinaron:

- Sólidos totales disueltos
- Alcalinidad total
- Dureza total
- Combinaciones hipotéticas de: carbonato de calcio, bicarbonato de sodio, sulfato de sodio y cloruro de sodio.

Los resultados de dichos análisis se muestran en la tabla de la Fig. 2.

Datos para la interpretación geoquímica

De los resultados arrojados por análisis, se deduce que el agua es de buena calidad en la zona al Poniente de la ciudad de Río Verde y la parte extrema oriente, donde se encuentran concentraciones menores de 1 000 partes por millón (ppm) de sólidos totales disueltos y de mala calidad en el resto del área, ya que tiene concentraciones que van de 2 800 a 4 900 ppm. Por lo anterior, el área se dividió en dos zonas, denominadas zona con agua de buena calidad y zona con agua de mala calidad.

Elementos encontrados en los análisis y su lugar de procedencia

a) Nitratos

Las concentraciones de nitratos sobrepasan la norma de calidad que es de 2.2 ppm en 21 de las 42 muestras analizadas, las cuales alcanzan valores hasta de 9.4 ppm. Estas muestras se localizan al poniente del poblado de Río Verde y su concentración es debida al uso de fertilizantes en las tierras de cultivo y descomposición de materia orgánica.

b) Boro

El boro se encuentra en concentraciones que van de 202 a 1 059 gamas/litro. Proviene de la disolución de algunos minerales de las rocas ígneas que afloran en la región. La falta de análisis impidió observar alguna distribución definida en este índice.

c) Calcio

El calcio se encuentra en concentraciones de 70 a 100 ppm en los pozos de agua de buena calidad y proviene de la disolución de las calizas que afloran al Oeste de dichos pozos.

En los pozos del centro y norte del valle (de mala calidad), se tienen concentraciones hasta 672 ppm, debido a la presencia de caliche y yesos en los rellenos de dichas partes del valle, por donde circula el agua y se carga el calcio.

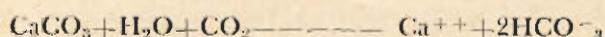
d) Magnesio

Las concentraciones de magnesio en el área son de 0 a 10 ppm en los pozos de buena calidad y de 80 a 353 en el resto del área. Esta gran concentración es debida al ataque del agua sobre rocas dolomíticas de las sierras en los alrededores.

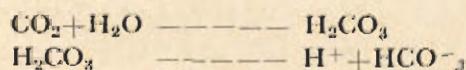
g) Bicarbonatos

El bicarbonato se forma principalmente por la reacción química entre sales carbonatadas y bióxido de car-

bono en el agua. El ejemplo más común es la disolución del carbonato de calcio (calcita) en agua en presencia de bióxido de carbono, según la siguiente reacción:



También se origina por la sola presencia de bióxido de carbono en el agua en donde forma ácido carbónico que a su vez se disocia en hidrógeno y bicarbonato, como indican las siguientes reacciones:



En el área se encuentra en concentraciones de 130 a 350 ppm.

h) Cloro

En el área en estudio se encuentran concentraciones de entre 6 y 60 ppm en los pozos de buena calidad y entre 60 y 430 ppm en los pozos de mala calidad. El cloro proviene de algunos constituyentes de las rocas ígneas, probablemente también de algún horizonte cloritado en las rocas sedimentarias de la región y de los rellenos del valle en donde se ha concentrado por evaporación.

i) Sílice

El contenido de sílice en las aguas del valle varía entre 27 y 70 ppm y proviene de las rocas ígneas riolíticas que afloran en el área.

Sólidos totales disueltos. Los sólidos totales disueltos (S.T.D.), representan el residuo que queda al evaporar cierta cantidad de agua. Este dato o parámetro es arbitrario, ya que durante la evaporación en el laboratorio, los sólidos volátiles se pierden, los bicarbonatos se convierten en carbonatos. También se retienen cantidades variables de agua de cristalización que no alcanza a evaporarse. Por lo tanto, los sólidos totales no representan la suma de las concentraciones de los diferentes elementos analizados. El valor de S.T.D., proporciona un índice de la solubilidad y facilidad de acarreo de las sales del subsuelo. Las concentraciones de las muestras en el área varían en los pozos de buena calidad, entre 220 y 650 ppm y en los de mala calidad entre 3 000 y 5 400 ppm.

Resistividades. La resistividad del agua es un indicador del contenido total de sales disueltas en ella. Se midió la resistividad de las 178 muestras de agua recolectadas en el área. Los valores de dichas resistividades fueron corregidas a una temperatura de 25°C y se elaboró un plano con curvas de igual resistividad y en él se observan que existen valores altos de resistividad, al noroeste del área, en los alrededores de los poblados de Carritos y Villa Juárez, en el extremo Oriente en Ciu-

dad del Maiz. Alvaro Obregón y Cárdenas y al Poniente de la ciudad de Río Verde sobre la margen derecha del río del mismo nombre. Los valores disminuyen hacia la parte central del valle. Dicha disminución indica un aumento en las concentraciones de S.T.D. y a su vez la dirección del flujo del agua subterránea, la cual

concuera con la encontrada en las configuraciones piezométricas.

Se elaboró una gráfica de resistividad contra sólidos totales disueltos (Fig. 4), en la cual se observa que las resistividades son correlacionables con las cantidades de S.T.D.

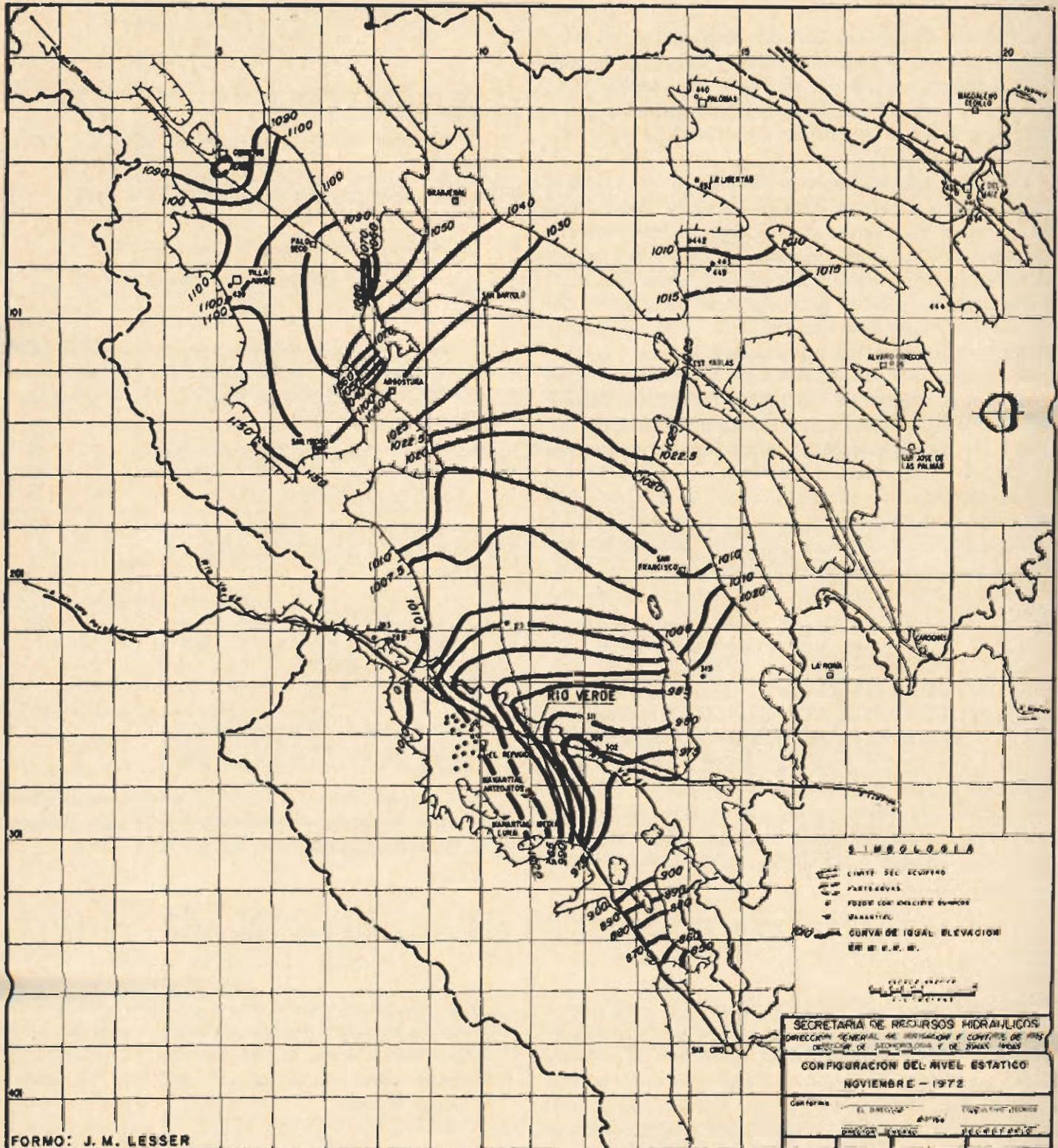


Fig. 1

La concentración de 1 000 ppm de S.T.D. que las normas indican como límite al agua de buena calidad, corresponde a una resistividad de 8.4 ohms-metro. Por lo tanto, se pueden observar en el plano de configuraciones de resistividades (Fig. 3), las áreas donde el agua subterránea se encuentra en concentraciones mayores de 1 000 ppm, la cual está delimitada por la curva de valor 8.5 ohms-metro.

Diagrama Triangular. Las concentraciones de los principales cationes (calcio, magnesio y sodio) y aniones (bicarbonatos, sulfatos y cloruros) se transformaron de partes por millón a porcentajes de miliequivalentes por litro y se vaciaron en el diagrama triangular según Piper (1953) (Fig. 5).

En el diagrama triangular se observa que las muestras localizadas en la margen derecha del río, al Poniente de la ciudad de Río Verde, son del tipo cálcico-bicarbonatadas por la disolución de las calizas que forman la base de la sierra del extremo Poniente, con excepción de las muestras M-26 y N-28, las cuales son: la primera una mezcla de cationes con alto contenido de bicarbonato y la segunda un agua del tipo cálcico-sulfatada.

En el resto del área, las muestras que contienen concentraciones menores de 1 000 ppm son del tipo cálcico-bicarbonatadas, debido a la disolución de las rocas calcáreas de los alrededores, a excepción de la muestra N-134, la cual es mixta.

Las muestras con concentraciones mayores de 1 000 ppm son de los siguientes tipos: M-24, N-410, N-412 y N-452 cálcico-sulfatadas; las N-302, N-306 y N-311 cálcico-magnesianas-sulfatadas y las M-25, N-443 y N-449, son una mezcla de cationes con alto contenido de sulfatos.

GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA CON RESPECTO A SULFATO DE CALCIO (YESO) Y CARBONATO DE CALCIO (CALCITA)

Debido a que algunas muestras presentaron altas concentraciones de sólidos totales, en especial de calcio y sulfatos, se procedió a hacer un análisis del grado de saturación del agua con respecto a yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Y calcita (CaCO_3).

Metodología

Para obtener el grado de saturación de carbonato y sulfato de calcio en el agua, se obtuvo la constante de actividad iónica (K_{ai}) y se comparó con la constante de equilibrio (K_e) tanto para el yeso como para la calcita. Para valores de (K_{ai}) mayores que (K_e), la muestra se encuentra sobresaturada y para valores de (K_{ai}) menores que (K_e), la muestra no se encuentra sobresaturada.

En el caso del yeso, éste se disocia según la siguiente reacción:



Aplicando la ley de Acción de Masas, obtenemos que la constante de actividad iónica es igual a las actividades de los productos entre los reactantes, o sea:

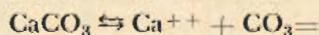
$$K_{ai} = \frac{[\text{Ca}^{++}] [\text{SO}_4^{=}] \cdot [2\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}]}$$

Donde los paréntesis indican la actividad iónica del ión que encierran.

La actividad de los compuestos es igual a 1. Por lo tanto:

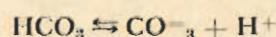
$$K_{ai} = [\text{Ca}^{++}] [\text{SO}_4^{=}] \text{-----} (1)$$

De manera similar para la calcita se tiene:



$$K_{ai} = [\text{Ca}^{++}] [\text{CO}_3^{=}] \text{-----} (2)$$

Debido a que los análisis no reportan carbonato ($\text{CO}_3^{=}$), se utilizó la determinación de bicarbonato (HCO_3^-), sustituyendo la fórmula (2) de la siguiente manera:



$$K_{ai} = \frac{[\text{CO}_3^{=}] [\text{H}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} = 10^{-10.33}$$

Despejando:

$$[\text{CO}_3^{=}] = \frac{[\text{HCO}_3^-] \cdot 10^{-10.33}}{[\text{H}^+]}$$

Sustituyendo en la ecuación (2)

$$K_{ai} = \frac{[\text{Ca}^{++}] [\text{HCO}_3^-] 10^{-10.33}}{[\text{H}^+]} (3)$$

Las actividades iónicas fueron obtenidas multiplicando el coeficiente de actividad iónica (δ) de cada elemento, por la concentración en moles por litro (M).

O sea:

$$[\text{Ca}^{++}] = \delta \text{Ca} \cdot {}^m\text{Ca}$$

$$[\text{SO}_4^{=}] = \delta \text{SO}_4 \cdot {}^m\text{SO}_4$$

$$[\text{HCO}_3^-] = \delta \text{HCO}_3 \cdot {}^m\text{HCO}_3$$

Las concentraciones en moles por litro (M) se obtuvieron dividiendo las partes por millón reportadas en los análisis químicos por el peso atómico. El coeficiente de actividad iónica (δ) se calculó mediante la fórmula de Debye Huckel:

$$\log \delta = \frac{-AZ_1^2 \sqrt{I}}{1 + Ba_1 \sqrt{I}}$$

ANALISIS FISICOQUIMICOS DE MUESTRAS DE AGUA

VALLE DE RIO VERDE, S L P

Nº	Ce..	Mg..	Me..	HCO ₃	SO ₄	Cl ⁻	pH	NO ₂ ⁻ NO ₃ ⁻	SiO ₂	Boro	STO	IGQ	Temp. Agua	Fecha
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm		ppm	ppm	gramos/litro	ppm		°C	
Pozo	70.6	2.2	21.5	239.7	15.6	18.7	8.0	5.930	58.1	1059	322	- 2.52	25	7 Abr 72
"	61.8	8.7	8.2	214.5	9.6	18.7	7.8	4.791	33.9	654	238	3.15	--	7 Abr 72
Noria	76.1	0	33.5	268.1	20.5	20.4	7.7	4.865	58.9	545	316	- 5.76	25	10 Abr 72
"	81.5	0	25.7	265.0	17.7	20.4	7.5	5.667	45.8	452	350	- 2.81	25	10 Abr 72
"	69.9	8.7	8.0	233.4	12.2	20.4	7.9	6.091	51.0	233	318	3.80	25	10 Abr 72
"	69.0	6.5	13.8	242.9	5.9	20.4	7.9	4.658	31.5	311	262	- 0.22	25	10 Abr 72
"	76.1	6.5	16.7	258.6	14.3	20.4	7.7	9.450	0	841	362	8.33	25	11 Abr 72
"	111.1	4.9	35.8	283.9	97.7	40.8	7.7	9.189	72.9	903	572	8.33	25	11 Abr 72
"	87.8	0	53.4	258.6	102.9	20.4	7.8	1.373	37.4	701	392	0.88	25	11 Abr 72
Manantial	564.0	185.0	153.0	156.0	2200.0	62.0	6.9	0.150	---	---	3420	---	--	30 Jun 72
"	576.0	214.0	463.0	142.0	3000.0	64.0	6.9	0.010	---	---	4542	---	--	30 Jun 72
"	82.0	18.0	87.0	346.0	36.0	16.0	7.3	0.200	---	---	336	---	--	28 Jun 72
Noria	92.3	0	57.7	381.7	16.9	25.5	7.7	1.171	39.9	327	380	-11.76	25	11 Abr 72
"	229.3	0	47.4	268.1	413.6	37.4	7.5	9.457	51.0	545	1006	25.82	25	11 Abr 72
"	89.6	0	40.2	296.5	33.1	28.9	7.4	6.997	36.1	545	376	- 3.37	24	12 Abr 72
"	89.6	0	39.0	280.7	50.1	25.5	7.5	6.704	37.4	779	376	- 1.21	24	12 Abr 72
"	73.5	0	36.5	242.9	33.1	25.5	7.7	6.001	32.0	342	320	- 1.18	26	12 Abr 72
"	69.0	6.0	18.9	236.6	18.1	22.1	7.9	5.464	32.3	358	290	- 0.36	24	12 Abr 72
"	67.2	6.0	23.5	236.6	28.7	20.4	7.6	2.224	34.7	202	264	- 0.58	25	13 Abr 72
"	64.5	0	32.5	249.2	4.3	22.1	7.5	3.292	33.9	436	266	- 9.60	24	13 Abr 72
"	75.3	2.7	26.6	249.2	25.3	22.1	7.6	4.927	39.6	187	324	- 1.70	24	13 Abr 72
"	73.5	4.9	39.5	283.9	33.6	22.1	7.5	4.483	37.4	358	356	- 5.15	24	14 Abr 72
"	89.6	0	31.6	268.1	46.1	22.1	7.6	4.573	40.2	296	360	0.35	24	14 Abr 72
"	56.4	6.5	10.8	198.7	9.2	20.4	7.6	3.012	26.9	498	228	0.93	24	14 Abr 72
"	55.5	6.5	9.7	201.9	4.0	17.0	7.6	3.060	30.6	374	214	- 0.26	24	14 Abr 72
Pozo	77.0	34.0	28.0	329.0	67.0	18.0	---	---	---	---	---	---	--	- - -
"	82.0	6.0	13.0	237.0	44.0	12.0	6.9	0.050	---	---	274	---	--	7 Jun 72
"	67.0	5.0	23.0	228.0	40.0	6.0	6.9	0.050	---	---	310	---	--	7 Jun 72
Noria	555.4	353.6	19.4	309.1	2365.0	279.0	7.4	0.383	48.8	825	4940	45.25	22	14 Abr 72
"	564.4	266.6	2.8	242.9	2143.0	197.3	7.6	0.534	38.3	436	4110	45.32	--	14 Abr 72
"	564.4	348.2	24.0	220.8	2483.2	263.7	7.5	0.054	39.6	607	4772	45.35	25	13 Abr 72
"	98.5	32.6	21.0	353.3	97.1	47.6	7.7	2.283	53.2	763	484	10.21	25	13 Abr 72
"	166.0	8.0	19.0	381.0	78.0	68.0	7.2	1.000	---	---	788	---	--	27 Jun 72
"	99.0	3.0	30.0	346.0	26.0	10.0	7.1	0.150	---	---	374	---	--	27 Jun 72
"	118.0	39.0	119.0	307.0	320.0	92.0	7.3	1.000	---	---	954	---	--	27 Jun 72
"	612.0	117.0	214.0	244.0	2000.0	136.0	7.3	0.600	---	---	3622	---	--	27 Jun 72
"	624.0	80.0	57.0	134.0	1500.0	242.0	7.2	0.200	---	---	3952	---	--	27 Jun 72
"	616.0	253.0	718.0	244.0	3500.0	214.0	7.2	0.010	---	---	5276	---	--	27 Jun 72
"	160.0	12.0	8.0	379.0	110.0	30.0	7.1	1.200	---	---	604	---	--	27 Jun 72
"	160.0	12.0	9.0	345.0	90.0	66.0	7.2	1.000	---	---	668	---	--	28 Jun 72
"	628.0	250.0	655.0	239.0	3100.0	428.0	7.2	0.010	---	---	5390	---	--	29 Jun 72
"	672.0	7.0	141.0	244.0	1700.0	32.0	7.1	0.050	---	---	2806	---	--	29 Jun 72

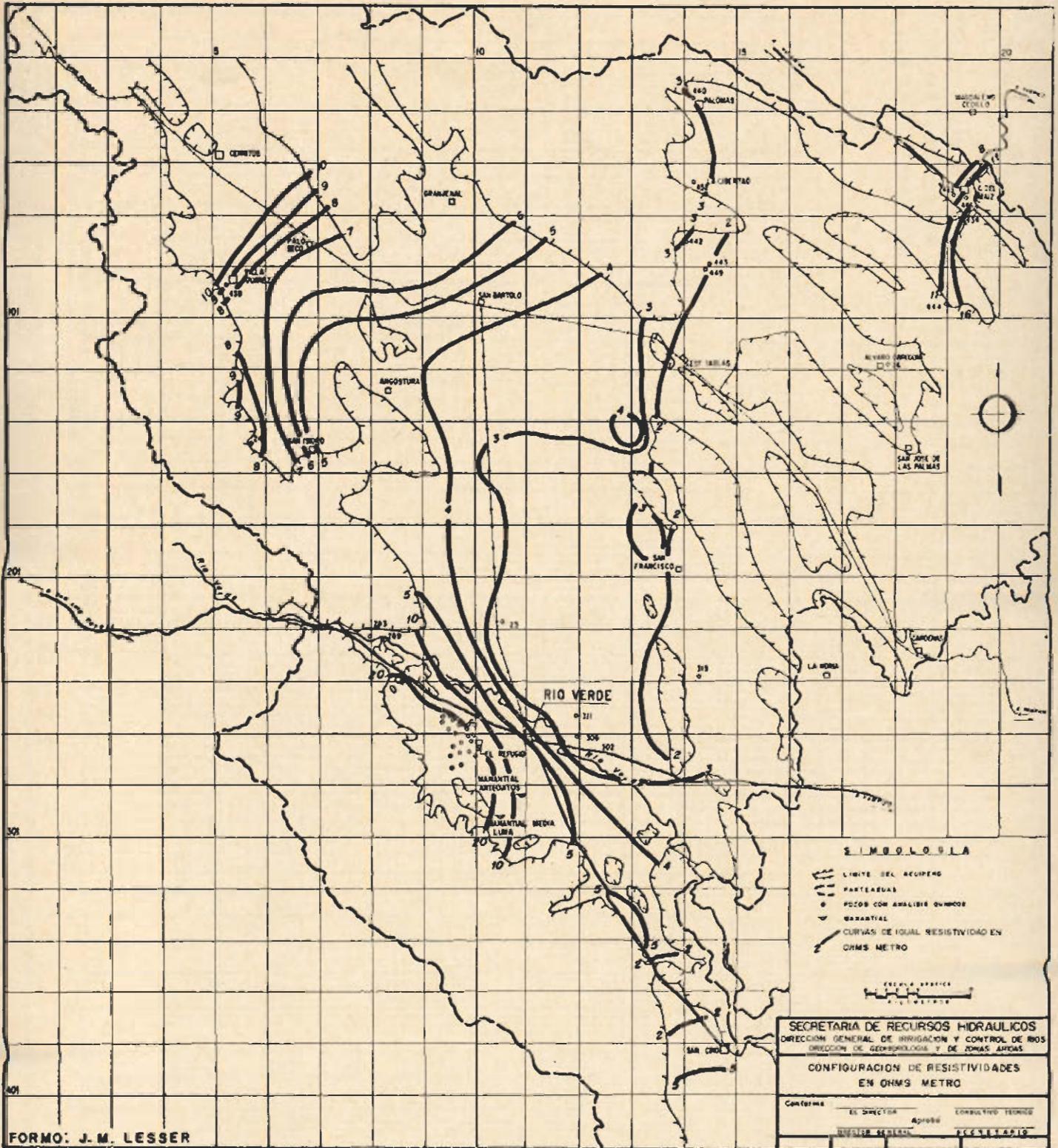
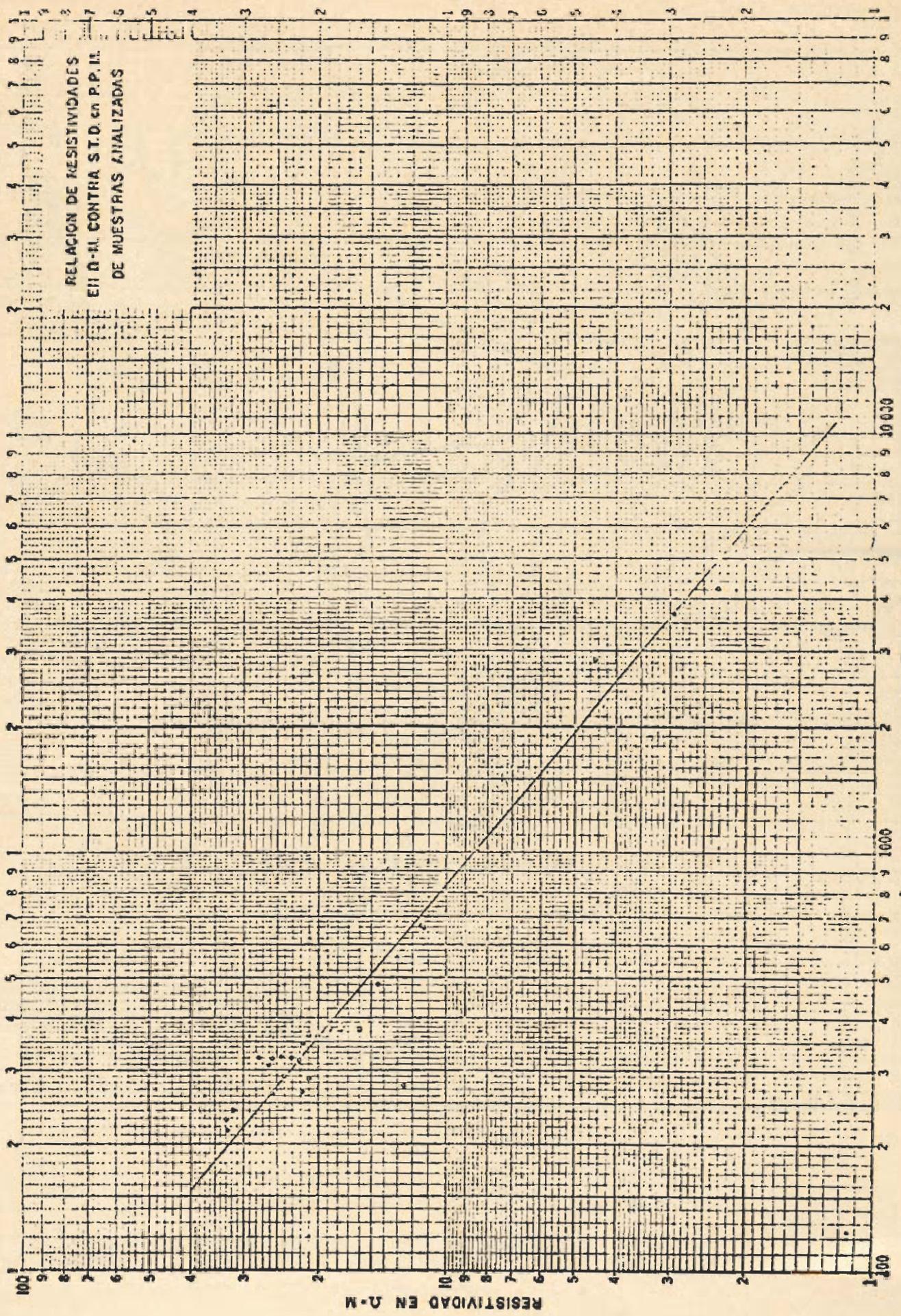


Fig. 3



RELACION DE RESISTIVIDADES
 EN $\Omega\text{-M}$. CONTRA S.T.D. en P.P.M.
 DE MUESTRAS ANALIZADAS

S.T.D. EN P.P.M.

Fig. 4

ZONA DE RIO VERDE S.L.P.

LEYENDA

- < 1000 p.p.m. S.T.D.
- > 1000 p.p.m. S.T.D.
- ZONA PONIENTE.

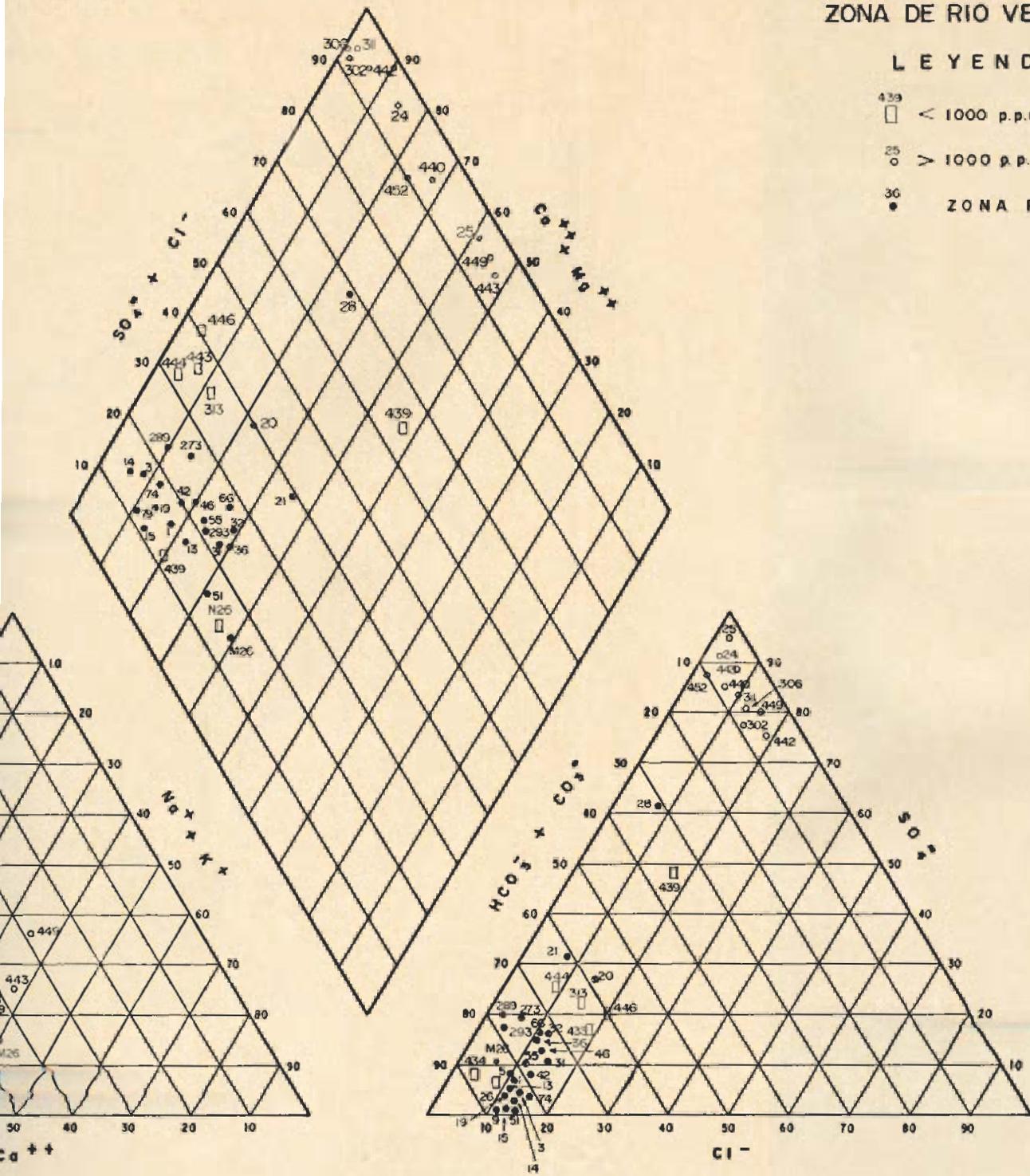


Fig. 5

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS	
DIRECCION GENERAL DE IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS	
DIRECCION DE INVESTIGACION Y CONTROL DE LAS AGUAS	
DIAGRAMA TRIANGULAR PARA LA REPRESENTACION GRAFICA DE ANALISIS DE AGUA	
Conforma:	EL DIRECTOR
Aprobó:	CONSULTIVO TECNICO
SECRETARIA GENERAL	SECRETARIA GENERAL

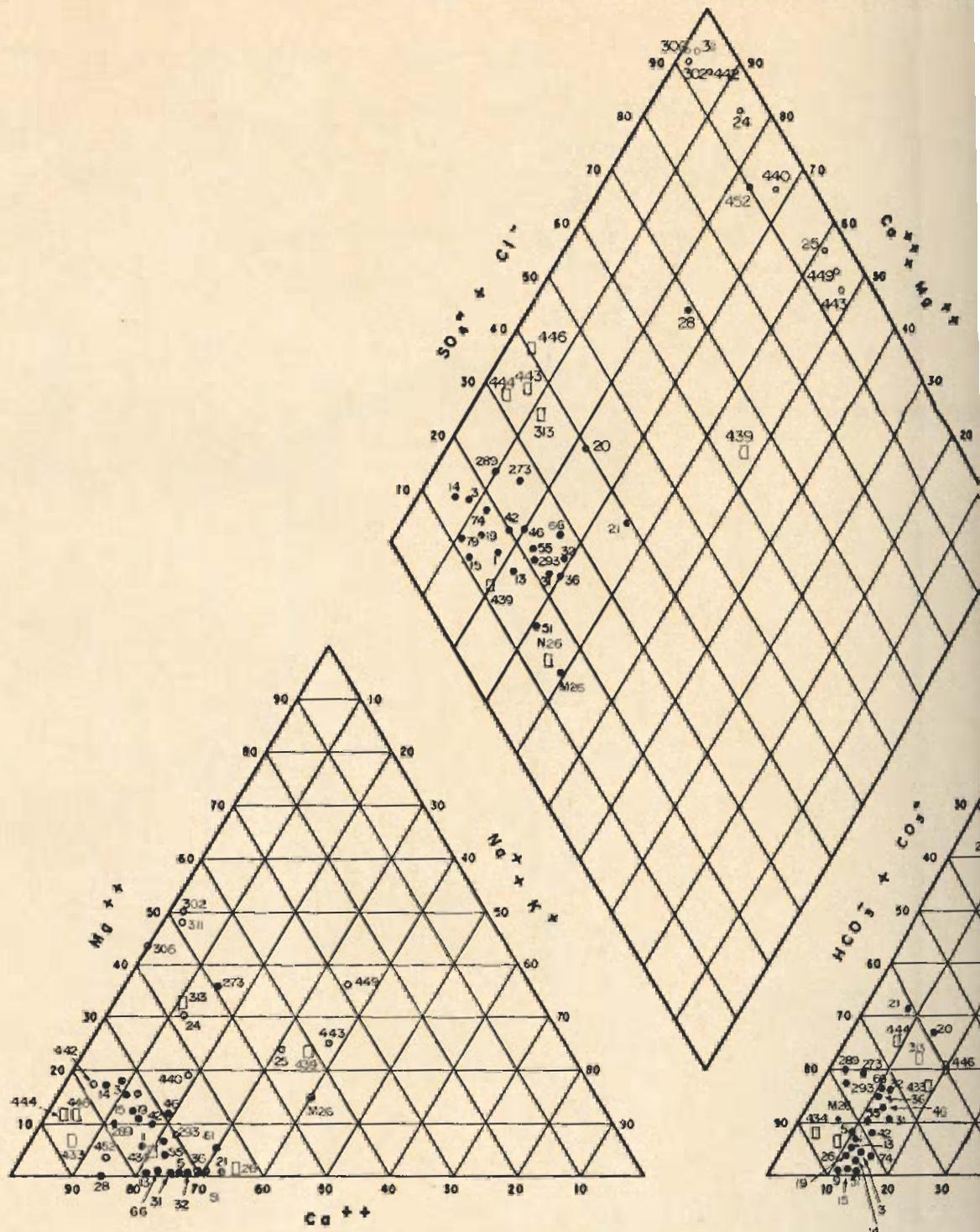


Fig. 5

Forma _____ Date _____
 Name _____

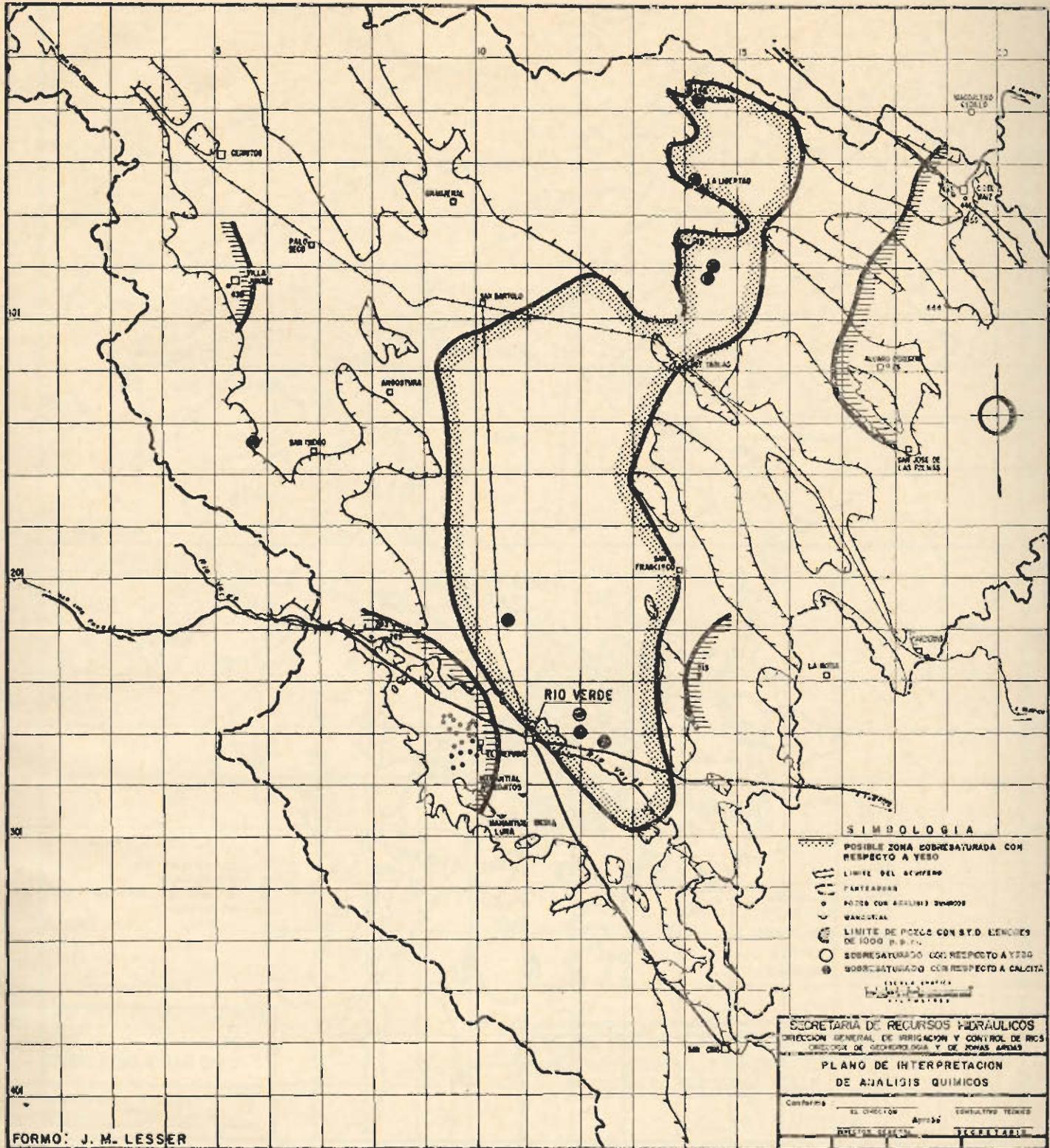


Fig. 6

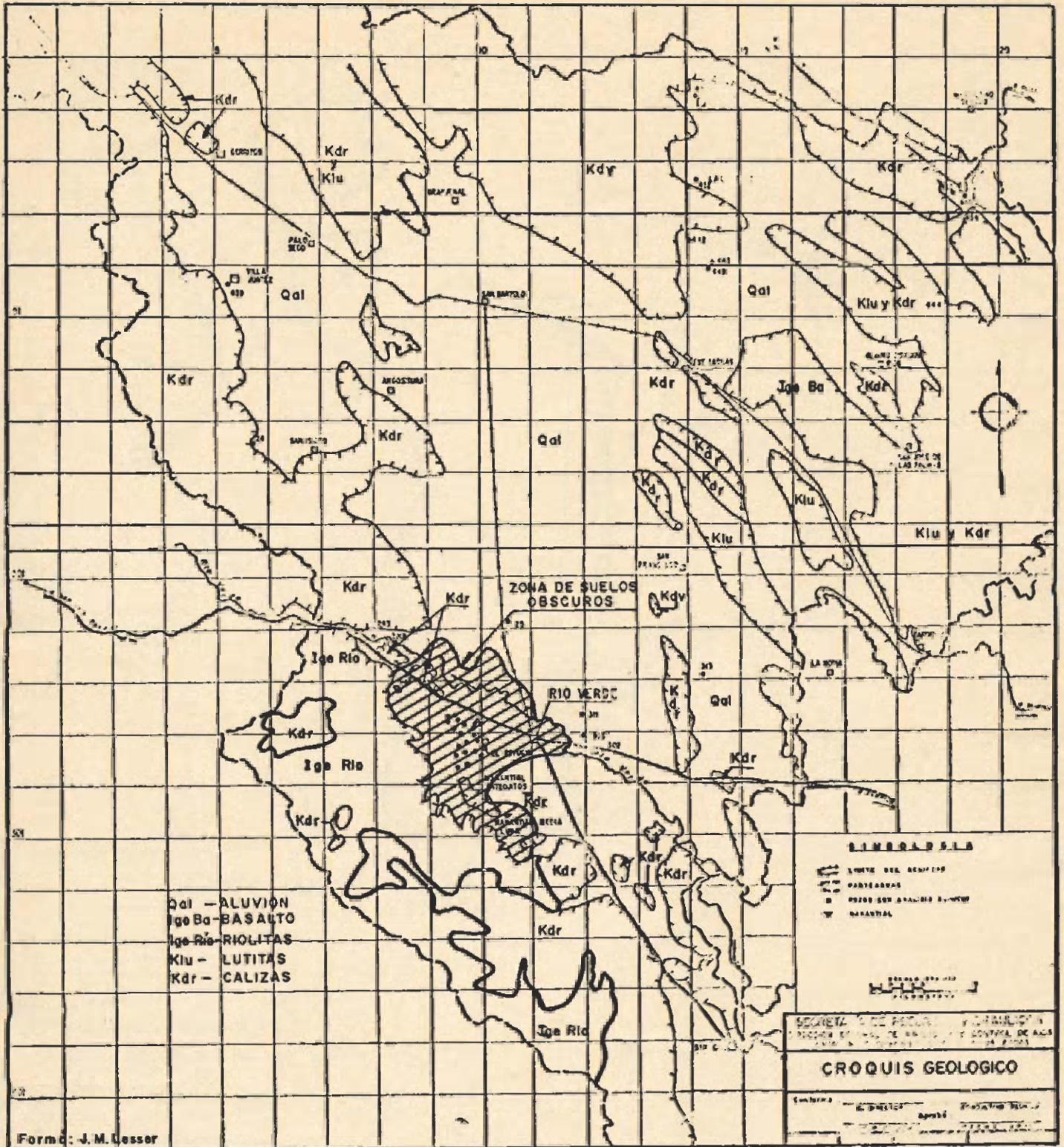


Fig. 7

