

APLICACION DE ISOTOPOS AMBIENTALES EN LOS ALREDEDORES  
DEL RIO SAN LORENZO, ESTADO DE SINALOA.

POR: Ing. Juan Manuel Lesser I.

R E S U M E N

En la planicie costera de Sinaloa, a la altura del río San Lorenzo, se encuentra un desarrollo agrícola basado en el agua superficial del río; 22 kilómetros al sureste se encuentra una zona no dominada por las aguas superficiales, lo cual ha ocasionado la extracción de agua subterránea a través de pozos. Se aplicaron técnicas isotópicas con el objeto de definir la relación entre las aguas superficiales y las subterráneas, en especial para definir la alimentación al acuífero a partir del río, así como para determinar la posible intrusión marina en la principal zona de explotación de agua subterránea, la cual dista 17 kilómetros de la costa.

2.- GENERALIDADES.

Los alrededores del Río San Lorenzo son regados tanto por medio de aguas superficiales del propio río, como por agua subterránea extraída a través de pozos. La evaluación de los recursos acuíferos de esta región, implica el conocimiento de su funcionamiento, principalmente en lo que se refiere a la intercomunicación entre aguas superficiales y subterráneas. Otro aspecto de interés en esta zona, es el relacionado con la posible intrusión del mar al acuífero, ocasionada por el exceso de bombeo en la zona de explotación de agua subterránea.

## OBJETIVOS.

Los objetivos principales de la interpretación isotópica son:

- a) Definir la posible intercomunicación entre las aguas superficiales del río y las aguas subterráneas del acuífero localizado a 22 kilómetros del cauce del río.
- b) Determinar la existencia de intrusión salina en la principal zona de explotación acuífera que dista 17 kilómetros de la costa.

## LOCALIZACION.

La zona estudiada se localiza en la parte central del Estado de Sinaloa, entre los paralelos 24°05' y 24°50' de latitud norte y los meridianos 106°55' y 107°28' al oeste de Greenwich. Se encuentra limitada al norte por los Ríos Tamazula y Culiacán, y al suroeste por el Océano Pacífico. El Río San Lorenzo es la principal corriente fluvial y cruza la porción central del área en dirección NE-SW. En el extremo norte se localiza la Presa Sinaloa, sobre el Río Tamazula. (Figura 1).

## CLIMATOLOGIA.

El clima dentro del área tratada varía de la zona costera hacia la sierra. En la zona costera es muy seco, muy cálido y extremoso; en la zona que se puede considerar como la llanura del Río San Lorenzo, el clima es seco, muy cálido y extremoso, y hacia la sierra éste es semiseco, semicálido y muy extremoso, excepto en la porción noreste y sureste, correspondiente a las sierras altas, donde el clima es subhúmedo, cálido y extremoso. La precipitación varía de 400 ppm en la costa a 1,000 mm hacia las partes altas de las sierras, con un promedio de 600 mm para toda el área.

Por lo que se refiere a la temperatura, ésta tiene máximos mensuales de 29° C tanto en la Planicie como en la sierra, para los meses de junio y julio, y mínimos de 18° C durante los meses de diciembre y enero. El promedio anual es de 25.0° C.

## GEOLOGIA.

La porción suroeste de la zona, se ubica dentro de la planicie costera del Estado de Sinaloa y la parte noreste corresponde a la Sierra Madre Occidental. La planicie costera está caracterizada por ser una amplia llanura limitada por el Océano Pacífico al suroeste y por la Sierra Madre Occidental al noreste; está constituida por materiales clásticos, principalmente fluviales y costeros. La Sierra Madre Occidental tiene formas abruptas y es esencialmente de origen ígneo.

En la región existen rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas.

Las rocas sedimentarias consisten principalmente de depósitos aluviales, fluviales, deltáicos y costeros, que se formaron durante el Terciario y Cuaternario; también se encuentran, aunque en menor proporción, depósitos sedimentarios marinos del Cretácico. Los sedimentos aluviales corresponden a depósitos de talud y abanicos aluviales formados por gravas, arenas y limos del Cuaternario, así como conglomerados, areniscas, areniscas tobáceas, gravas y arenas de edad Terciaria. Estos materiales afloran principalmente en los límites entre las Sierras y la Planicie Costera.

En ambos márgenes del cauce del Río San Lorenzo, se extienden amplias llanuras las cuales corresponden a gravas, arenas, limos y arcillas, depositados en antiguos deltas, durante el Pleistoceno.

Entre los sedimentos fluviales se encuentran depósitos de llanura de inundación, constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas cuaternarias, las cuales se localizan a lo largo del cauce del Río San Lorenzo.

Los depósitos costeros los forman materiales clásticos cuyo tamaño varía de gravas a arcillas, y forman estructuras de playas, dunas, manglares, llanuras de inundación intermareas y bermas. Estos depósitos han sido formados por la acción del oleaje y mareas, en combinación con descargas fluviales y corresponden al período Cuaternario.

Por lo que respecta a los sedimentos marinos, éstos consisten en calizas con intercalaciones de lutitas y margas, los cuales afloran en la parte central y central-este del área; son de edad cretácica.

En relación a las rocas ígneas, existen tanto intrusivas como extrusivas. Las intrusivas son en su mayor parte granitos, granodioritas, monzonitas y tonalitas, como facies principales de un gran botolito que aflora en los Estados de Sonora y Sinaloa. Se encuentran también afloramientos de intrusivos paleozóicos que cortan exclusivamente la secuencia metasedimentaria de dicho período, y hay intrusivos básicos que se emplazaron durante el Terciario Superior.

Por lo que se refiere a rocas volcánicas, éstas consisten en riolitas, andesitas, ignimbritas y tobas, las cuales constituyen las sierras. Se les ha dividido en 7 unidades de acuerdo a su composición y posición estratigráfica, 6 de ellas pertenecientes al Terciario y una al Cuaternario.

En cuanto a las rocas metamórficas, se encuentran gneises, esquists, pizarras, cuarcitas y calizas con bajo grado de metamorfismo, provocado tanto por metamorfismo regional, como por el contacto con los cuerpos intrusivos. Se presentan en afloramientos aislados hacia las sierras.

## HIDROGEOLOGIA.

La región presenta rocas tanto permeables como impermeables. Las rocas permeables corresponden a sedimentos clásticos de origen fluvial, deltáico y costero, mientras que las impermeables consisten en rocas volcánicas, intrusivas, metamórficas y sedimentarias marinas.

Los materiales que constituyen el principal acuífero en explotación corresponden a arenas y arcillas de la llanura deltáica ubicada sobre la margen izquierda del Río San Lorenzo.

## HIDROLOGIA SUPERFICIAL.

La zona en cuestión corresponde a parte de la cuenca del Río San Lorenzo, el cual drena un área de 8,919 Km<sup>2</sup> hasta la estación hidrométrica Santa Cruz. Corre en dirección suroeste y cruza la planicie costera para posteriormente desembocar al Océano Pacífico. Actualmente este río se encuentra controlado por presas de almacenamiento o de control de avenidas. Sus aguas son utilizadas para el riego de grandes extensiones de la llanura costera y son manejadas mediante una presa derivadora a la altura del poblado de San Lorenzo, cercano a la carretera federal No. 15.

## HIDROLOGIA SUBTERRANEA.

Los sedimentos clásticos que forman la llanura costera en la parte correspondiente al Río San Lorenzo, dan origen a la formación de un acuífero de permeabilidad alta a media, el cual es alimentado por agua de lluvia que se precipita en la sierra y escurre superficialmente hacia la planicie en donde se infiltra. Parte de la lluvia que se precipita sobre la planicie se infiltra y alimenta al acuífero. El Río San Lorenzo que cruza el área, en unas ocasiones aporta agua hacia el acuífero y en otras sirve de dren y descarga. Otro tipo de descarga del agua del acuífero lo constituye la explotación por medio de pozos.

## 2.- ANALISIS ISOTOPICOS.

### SELECCION DE SITIOS DE MUESTREO.

La selección de los sitios de muestreo de aguas, se realizó tomando en cuenta tanto los objetivos del estudio, como las características del - -

terreno y el alcance de las técnicas isotópicas. (Figura 1)

Por lo anterior, se seleccionaron 43 sitios de muestreo los cuales se comentan a continuación. El primer sitio corresponde al mar, a la altura de la desembocadura del Río San Lorenzo. El objeto de esta muestra es el de conocer el contenido isotópico del agua de mar, para compararlo con el de los pozos costeros de la zona de explotación y poder inferir la existencia de una intrusión salina.

Sobre el Río San Lorenzo, antes de llegar a la planicie costera, se encuentra una presa derivadora. Aguas arriba de la presa a lo largo del río, se seleccionaron 6 sitios de muestreo para identificar los cambios isotópicos del agua superficial del río. Por otra parte, para calibrar el agua de lluvia de reciente infiltración que no haya sufrido efectos notables de evaporación, se seleccionaron 9 sitios en la zona de valles intermontanos ubicada en la parte central del área. Para identificar el grado de fraccionamiento isotópico que ha sufrido el agua superficial, se marcaron 3 sitios de muestreo entre la presa derivadora y la desembocadura del Río San Lorenzo al mar.

En la principal zona de explotación de agua subterránea, ubicada a 22 kilómetros del Río San Lorenzo, sobre su margen izquierda y a 17 km. de la línea de costa, se seleccionaron 24 aprovechamientos por muestrear. De ellos, 4 corresponden a pozos con evidencias de intrusión salina y 20 pozos de agua de buena calidad, con lo cual se pretende efectuar comparaciones de su contenido isotópico con el resto de los puntos seleccionados y definir la intercomunicación entre aguas superficiales, subterráneas e intrusión salina.

En total, se consideraron 43 de muestreo para efectuarles tanto análisis químico como determinación de su contenido en oxígeno 18 y deuterio. Se seleccionaron también 7 sitios para determinar su contenido de tritio, de los cuales 2 se ubican en la zona costera en pozos con indicios de intrusión salina, 4 en pozos de agua de buena calidad ubicados dentro de la zona de explotación acuífera y uno en la zona de valles intermontanos al norte del área, con los cuales se harán comparaciones y deducciones sobre el funcionamiento del acuífero.

Las muestras obtenidas fueron enviadas para su análisis a laboratorios especializados. (Tabla 1)

Las determinaciones isotópicas fueron llevadas a cabo por el Centro de Estudios Nucleares de Saclay, Francia (Centre D'Etudes Nucleaires de Saclay), el cual cuenta con espectrómetro de masa completamente automatizado que trabaja integrado a una computadora.

### 3.- ANALISIS QUIMICOS.

De los 43 sitios seleccionados para análisis isotópicos fue obtenida una muestra más de agua, la cual fue remitida al laboratorio para efectuarle un análisis químico.

En la zona de lomeríos, ubicada al norte, las concentraciones fluctúan entre 329 y 2,385 ppm de sales totales. El agua superficial del río contiene alrededor de 300 ppm, mientras que el agua subterránea del acuífero ubicado en la porción central sur del área, tienen valores que van de 343 a 4,200 ppm de S.T.D.

Se formaron diagramas triangulares en los cuales se observa que - por parte de los cationes se tiene agua cálcica-mixta en la mayor parte de las - muestras y respecto a los aniones, se tienen dos grupos bien definidos, uno de - agua bicarbonatada y otro de agua clorurada.

En los lomeríos de la parte norte del área el agua es cálcico-bi carbonatada y sódico-bicarbonatada, debido a que circula a través de sedimentos - derivados de rocas ígneas que contienen feldespatos sódicos y cálcicos.

Tanto el agua del río como la ubicada en sus proximidades, es cálcico-bicarbonatada, mientras que en la zona de explotación acuífera las muestras ubicadas más cerca de la línea de costa son cálcico-cloruradas y las situadas a la altura del trazo de la vía del ferrocarril son de la familia cálcico-bicarbonatada. Esta última es debido a la disolución de rocas ígneas o de sus productos de erosión que en forma de materiales sedimentarios conforman el valle. El agua de la familia cálcico-clorurada es ocasionada por la influencia de sales marinas de cloruro de sodio. El predominio del calcio en el presente caso es debido a que el sodio pasa a formar parte de la estructura del suelo mientras que el calcio permanece en solución.

#### 4.- INTERPRETACION ISOTOPICA. DEUTERIO Y OXIGENO 18.

Con el objeto de estudiar los contenidos isotópicos del agua analizada, se formó la gráfica Deuterio-Oxígeno 18, que es mostrada en la figura 2, - la cual fue interpretada tomando en cuenta la distribución de las muestras en el - campo, observándose que existen diferencias en cuanto a su contenido isotópico y - su distribución espacial, por lo que, para facilitar su interpretación y explicación, se dividió en los tres grupos siguientes: 1) Lomeríos, 2) Río San Lorenzo y 3) Acuífero.

GRUPO	Muestras que Incluye
Lomeríos	138, 139, 156, 169, 192, 258, 274, 275 y 149.
Río San Lorenzo	RSL-1, RSL-2, RSL-3, RSL-4, 182, 183, 184', 276 y 451
Acuífero	279, 281, 284, 287, 288, 299, 303, 304, 311, 314, 322, 324, 329, 333, 334, 336, 339, 343, 344, 346, 347, 348, 360 y 367.

#### LOMERIOS.

El grupo de muestras dentro de esta denominación corresponde a -

los aprovechamientos ubicados en la zona de lomeríos, en la porción norte del área.

En la figura 3 se presentan graficados los contenidos de  $\delta D$  y  $\delta^{18}O$  de este grupo, así como un croquis de su ubicación en el campo, observándose que las muestras con contenidos menores de isótopos estables pesados, correspondientes a los aprovechamientos 138, 139 y 156, son las que se ubican más al norte, en una zona topográfica más alta. El contenido de isótopos se incrementa hacia los pozos 149, 169 y 274-275, los cuales se encuentran aguas abajo, a lo largo de los cauces de los arroyos.

Sobre la misma gráfica de la figura 3, se trazó la recta  $\delta D = 8 \delta^{18}O + 10$  representativa de la línea meteórica mundial, observándose que este grupo tiene desviaciones con respecto a dicha recta. La amplia distribución de valores que presentan las muestras, así como la desviación con respecto a la pendiente de la línea meteórica mundial, sugiere que están afectadas tanto por procesos de evaporación, como de recarga a diferentes alturas.

El contenido de  $\delta^{18}O$  de las muestras 138, 139 y 156 varían con respecto a las números 274 y 275, en 1.3 ‰ lo cual podría significar una diferencia en alturas de recarga del orden de 300 m (valor inferido suponiendo un cambio de 0.4 ‰ de  $\delta^{18}O$  por cada 100 m de diferencia en altura de recarga).

La posición de las muestras 138, 139 y 156 con respecto a las muestras 149 y 169 en la gráfica 3 sugiere un enriquecimiento en isótopos de estas últimas causado por evaporación y caracterizado por la ecuación:

$$\delta D = 5.03 \delta^{18}O - 10.05$$

La posición de las muestras 274 y 275 podría ser debida al efecto de altitud mencionado anteriormente, así como a una parcial mezcla con agua de las muestras 149 y 169.

Los aprovechamientos 258 y 192 son los que presentan mayores contenidos de isótopos estables pesados. El No. 258 aparentemente se encuentra afectado por evaporación local, mientras que el No. 192 tiene características semejantes a las que presentan las muestras 274 y 275.

#### RIO SAN LORENZO.

Los valores isotópicos de las muestras correspondientes a este grupo fueron graficadas en la figura 4, y están caracterizadas por la regresión lineal cuya ecuación es  $\delta D = 5.09 \delta^{18}O - 12.25$  y un coeficiente de determinación de 0.93.

Las muestras RSL-3, RSL-2 y RSL-1 obtenidas sobre el cauce del río, de la sierra hacia la planicie (aguas abajo) en el orden mencionado, presenta una alineación muy marcada, lo cual indica el cambio isotópico gradual que sufre el agua del río conforme avanza a lo largo de su cauce, influenciado por un efecto de evaporación parcial. La muestra RSL-3 ubicada en la parte alta de la sierra muestra los contenidos más bajos de los isótopos analizados debido a que esta zona capta agua precipitada a mayor altura. Las muestras RSL-2 y RSL-1, pre-

sentan contenidos mayores debido a que además del agua proveniente de RSL-3, se tiene agua infiltrada a menor altura, que aportan los afluentes laterales.

La muestra RSL-4 ubicada aguas arriba de la RSL-3 contiene valores isotópicos altos, siendo que era de esperarse fuera la más baja. Esto indica que debe de contener agua de arroyos locales adyacentes al cauce principal.

Por lo que respecta a las muestras 182 y 183 obtenidas de norias ubicadas en el cauce del Río San Lorenzo, aguas arriba del puente carretero, se observa que su contenido isotópico es muy similar al de la muestra RSL-2, del cual se encuentran localizados a poca distancia, de donde se deduce que el agua de las norias es la misma que la del Río San Lorenzo, o sea que éste último está recargando a los materiales de relleno que conforman el valle de inundación.

Los puntos 276 y 451 localizados en la planicie costera presentan un contenido isotópico similar a RSL-1 del cual se encuentran a poca distancia. Esto indica que el agua subterránea de los pozos mencionados se encuentra en íntima relación con el agua superficial del río. Esta relación puede estar provocada por: 1) La infiltración del agua a partir de los canales de riego que alimente al acuífero, 2) que el río funcione como alimentador del acuífero y 3) combinación de los dos factores antes mencionados.

En relación a la noria 184' ubicada sobre una margen del Río San Lorenzo a la altura del poblado de Las Mesas, ésta presenta un alto contenido de isótopos, el cual debe corresponder a una mezcla en iguales proporciones, del agua del río con agua de los lomeríos adyacentes representados por el aprovechamiento 192.

#### ACUIFERO.

A 22 km al sur del Río San Lorenzo, a la altura de la estación de Ferrocarril - Obispo, se encuentra una zona que actualmente es regada con agua subterránea obtenida a través de pozos profundos.

Se seleccionaron 24 aprovechamientos distribuidos en esta zona de captación, a los cuales se les obtuvo muestra para análisis de los isótopos deuterio, oxígeno 18 y en algunos casos, tritio.

En la figura 5 se graficó deuterio contra oxígeno 18 para las 24 muestras analizadas, observándose que se presentan en un grupo compacto con una amplitud de 0.8 ‰  $\delta^{18}O$

La regresión lineal que caracteriza a este grupo es de  $\delta D = 5.07 \delta^{18}O - 9.19$  con un coeficiente de determinación de 0.73.

La pendiente de esta recta indica que el agua presenta indicios de evaporación, la cual podría estar ocasionada por retornos de riego.

La distribución respecto a  $\delta^{18}O$ , en un rango de amplitud de 0.8 indica posibles efectos de evaporación, lo cual podría explicarse como una parcial recarga del acuífero por retornos de riego.

En lo que respecta a contaminación por intrusión salina se sabe que el agua de mar se caracteriza por tener valores cercanos a cero ‰ de oxígeno 18 y alrededor de +5 ‰ de deuterio, o sea valores bastante más altos que los relativos a aguas subterráneas.



Los valores encontrados en las muestras de este grupo son bajos y se consideran normales para agua subterránea y no se observa que exista mezcla con agua de mar. Por otra parte los pozos con concentraciones ligeramente altas de sales, tienen contenidos isotópicos similares al resto de los pozos analizados por lo que se deduce que los efectos de la intrusión salina no son notables.

#### 5.- INTERPRETACION ISOTOPICA. TRITIO.

Con el objeto de determinar la edad relativa del agua de algunos aprovechamientos se obtuvieron 7 muestras, las cuales fueron analizadas por tritio, habiéndose obtenido que varían de  $0.6 \pm 0.6$  a  $18.9 \pm 1.0$  U.T.

Tomando en cuenta las variaciones de este elemento en la atmósfera en los últimos 50 años, así como su vida media, se determinó su edad relativa y se clasificó como agua antigua a la que tiene menos de 2 U.T. y agua moderna a la que contiene más de 2 U.T.

Los contenidos de tritio obtenidos, así como su clasificación se muestran a continuación:

MUESTRA No.	UNIDADES DE TRITIO	CLASIFICACION
138	$13.8 \pm 0.9$	Moderna.
279	$0.6 \pm 0.6$	Antigua.
287	$18.9 \pm 1.0$	Moderna.
304	$4.6 \pm 0.7$	Antigua con una porción de agua moderna.
333	$0.7 \pm 0.6$	Antigua.
336	$2.6 \pm 0.6$	Antigua con una porción de agua moderna.
347	$4.3 \pm 0.6$	Antigua con una porción de agua moderna.

La muestra 138 ubicada en la parte norte, perteneciente al grupo denominado lomeríos, contiene 13.8 U.T., indicando que corresponde a agua infil-

trada hace menos de 40 años.

Se hace notar que este valor corresponde a uno de los más altos encontrados y se ha clasificado como agua moderna.

El resto de las muestras corresponden al acuífero, observándose que en general predominan los valores bajos, a excepción del pozo 287 en el cual se detectaron 18.9 U.T., por lo que se considera que este último tiene una porción significativa de agua reciente. El resto de las muestras tienen valores entre 0.6 y 4.6 U.T.

Las muestras 333 y 279 que contienen 0.7 y 0.6 U.T, respectivamente corresponden a agua antigua, infiltrada hace más de 40 años, mientras que las muestras 336, 347 y 304 contienen entre 2.6 y 4.6 U.T, valores también bajos, los que sugieren que corresponde a agua antigua (menos de 2 U.T.) con una pequeña porción de agua moderna, cuya mezcla ocasionó un ligero incremento en su concentración. Por lo anterior, se considera que en general el agua del acuífero corresponde a almacenamientos antiguos en los cuales la renovación del agua del sistema es muy lenta.

Este punto se considera de gran importancia ya que el hecho de que el agua del acuífero sea antigua, posiblemente con alrededor de 40 años, indica que las recargas anuales por lluvia son mínimas y que el almacenamiento actual ha sido formado durante un lapso grande de tiempo, o sea que, como se mencionó en el párrafo anterior, la renovación del agua del acuífero es muy lenta. Esto puede ser debido a varios factores, como baja permeabilidad, bajo gradiente hidráulico y falta de recarga.

Si la teoría aquí mencionada es real, lo cual se recomienda investigar por otros métodos, indicaría que los volúmenes de agua subterránea existentes en esta zona "prácticamente" no son renovables, lo cual redundaría notable y drásticamente en el futuro de la región, ya que se estaría explotando casi exclusivamente el almacenamiento.

## 6.- RELACION ENTRE GRUPOS.

En la figura 2 se graficaron los valores de  $\delta D$  y  $\delta^{18}O$  de todas las muestras, observándose que las correspondientes al grupo de los lomeríos presentan tanto contenidos altos como bajos de isótopos estables pesados, ocasionado ello por efectos de altitud y evaporación. La determinación de tritio de la muestra No. 138 indica que se trata de agua moderna.

Las muestras del Río San Lorenzo presentan los valores de  $\delta D$  y  $\delta^{18}O$  más bajos, los cuales son también ligeramente diferentes al resto, con un exceso de deuterio menor. Las características de este grupo difieren por corresponder a agua proveniente de las partes altas de la sierra. Su contenido de tritio, aunque no se midió, debe de ser alto, ya que corresponde a escurrimientos superficiales del agua pluvial precipitada en la sierra, o sea agua reciente.

Respecto a estos dos grupos, se puede concluir que pertenecen a sistemas acuíferos independientes, lo cual es manifestado en su contenido isotópico.

Existe comunicación entre el agua superficial del Río San Lorenzo y el acuífero, en las proximidades del cauce.

El funcionamiento del acuífero actualmente explotado al sur de la Estación Obispo, no tiene relación actualmente con las aguas superficiales del río.

#### C O N C L U S I O N E S

- 1.- El agua de la zona denominada como lomeríos presenta contenidos muy variables de isótopos estables pesados, debido a que ha sido afectada por evaporación. Su contenido de tritio indicó que se trata de agua moderna.
- 2.- Las muestras del Río San Lorenzo presentan los valores de isótopos estables pesados más bajos, debido a que corresponde a agua proveniente de la parte alta de las sierras y que no ha sido afectada notablemente por procesos de evaporación.
- 3.- Existe comunicación entre el agua superficial del Río San Lorenzo y el acuífero, en las proximidades del cauce.
- 4.- La zona acuífera donde actualmente se concentra el bombeo, no tiene relación con las aguas superficiales del Río San Lorenzo.
- 5.- La influencia de la intrusión salina sobre el acuífero, aún no presenta efectos notables.
- 6.- De acuerdo a los resultados de los análisis de tritio, el agua del acuífero tiene alrededor de 40 años de haberse infiltrado, lo cual implica que el almacenamiento actual ha sido formado durante un lapso grande de tiempo y que la renovación del agua del acuífero por infiltración es muy lenta.
- 7.- Se recomienda ratificar lo mencionado en la conclusión anterior, ya que si ésta es correcta, indicaría que los volúmenes de agua subterránea existentes en esta zona, son "prácticamente" no renovables.

## R E F E R E N C I A S

DROST W., H. Moser, F. Neumaier, W. Rauert. 1974. Isotope Methods in Ground Water Hydrology. Commission of the European Communities, Booklet 61.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. 1976. Interpretation of Environmental Isotope and Hydrogeochemical data in Ground Water Hydrology. Viena, Austria.

LATORRE Diez Carlos. 1978. Aplicación de Técnicas de Isótopos Ambientales al estudio del agua subterránea. S.A.R.H.

LATORRE C., J.M. Lesser, L. Quijano, E. R. Payne. 1981. Isótopos Ambientales aplicados al Estudio de la Interconexión de los Acuíferos Calizos y de Rellenos en la Región Lagunera de Coahuila, Durango, México. Interamerican Symposium on Isotope Hydrology, Bogotá, Colombia.

# LOCALIZACION DE PUNTOS MUESTREADOS

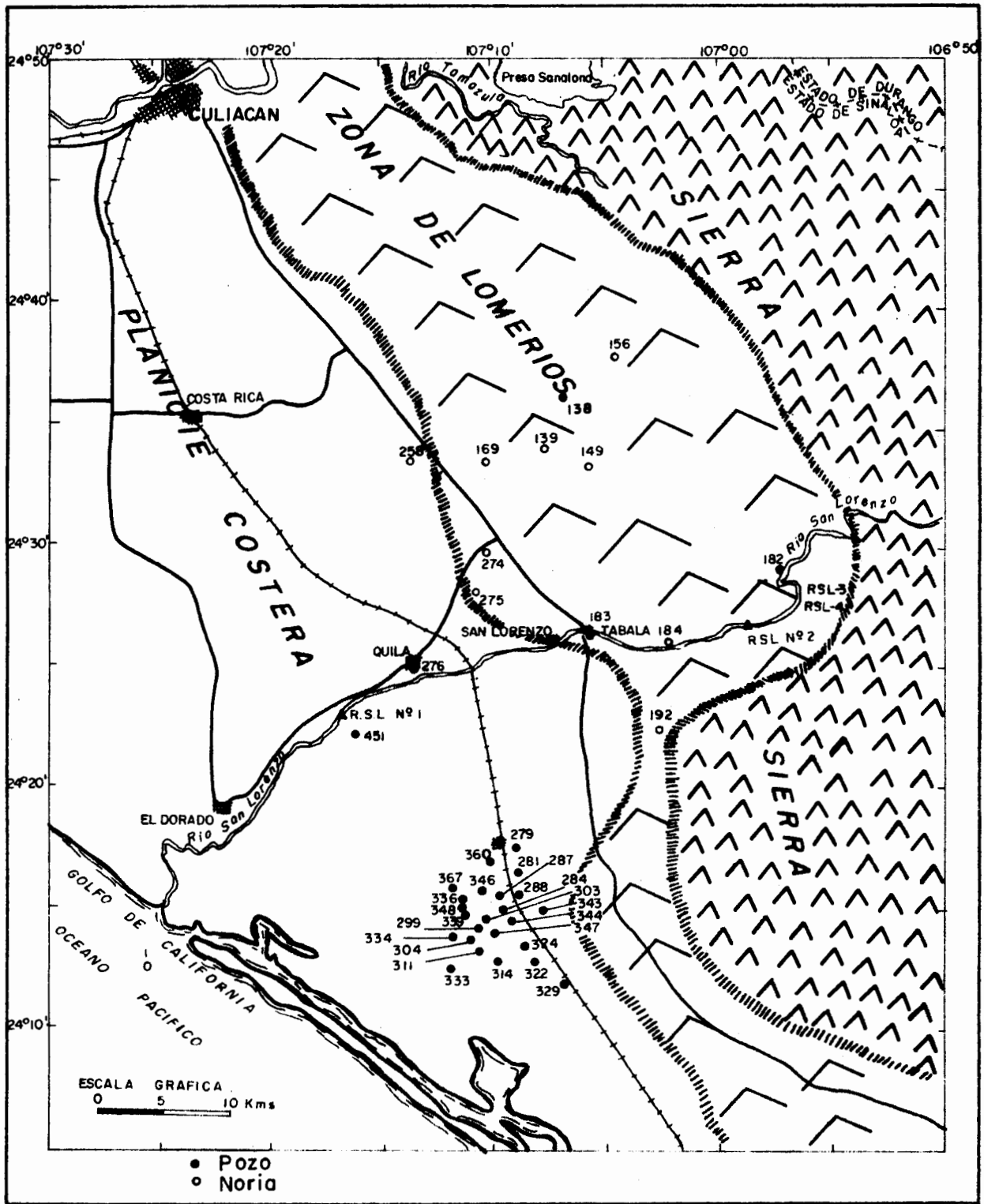


FIGURA N° 1.

TABLA DE RESULTADOS DE ANALISIS ISOTOPICOS

MUESTRA No.	$\delta D$ ‰ V. SMOW	$\delta^{18}O$ ‰ V. SMOW
138	-42.3	-6.55
139	-42.0	-6.40
149	-38.8	-5.50
156	-42.2	-6.30
169	-40.3	-5.50
182	-48.2	-7.15
183	-47.8	-6.95
184'	-41.1	-5.65
192	-32.1	-4.65
346	-42.4	-6.40
258	-33.0	-4.25
274	-34.2	-5.15
275	-33.6	-5.0
276	-45.8	-6.45
279	-40.4	-6.10
281	-41.8	-6.70
284	-42.6	-6.65
287	-43.5	-6.76
288	-42.4	-6.60
299	-41.8	-6.45
303	-43.3	-6.85
304	-42.6	-6.50
311	-42.1	-6.65
314	-41.7	-6.40
322	-41.3	-6.30
324	-41.0	-6.30
329	-40.2	-6.20
333	-37.1	-6.05
334	-42.5	-6.60
336	-42.4	-6.40
339	-43.1	-6.65
343	-41.2	-6.40
344	-42.4	-6.55
347	-44.1	-6.70
348	-42.4	-6.45
360	-42.9	-6.75
367	-41.7	-6.05
451	-46.9	-6.65
Río San Lorenzo Huerta RSL-1	-43.9	-6.30
Río San Lorenzo aguas arriba RSL-2	-48.0	-7.10
Comedero 2091	-44.9	-6.65
Río San Lorenzo 16.3 RSL-3	-49.7	-7.20
San Lorenzo Océano Pacífico	+ 0.8	0

GRAFICA DE ISOTOPOS ESTABLES PESADOS

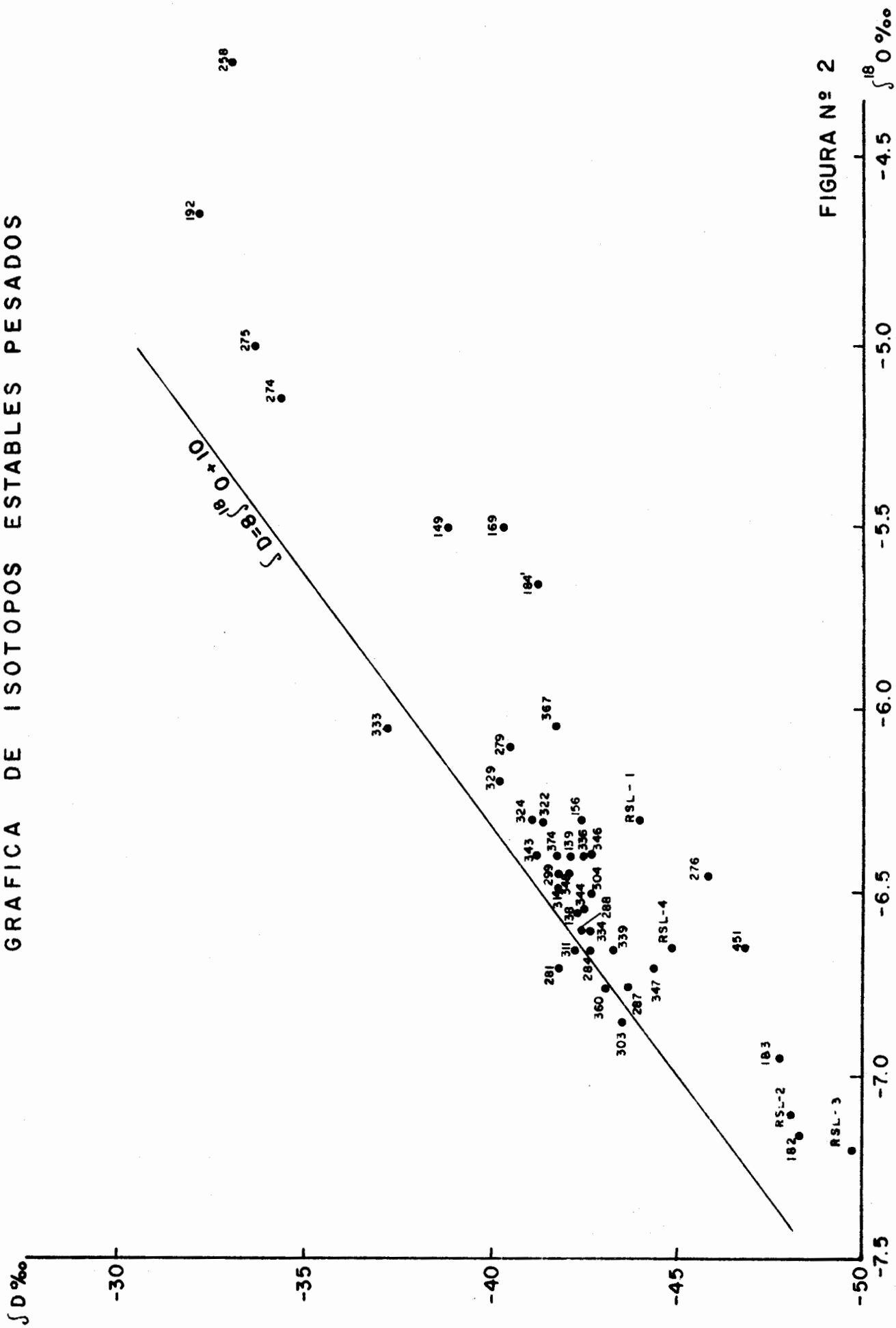


FIGURA N° 2

GRAFICA DE ISOTOPOS ESTABLES PESADOS  
 ZONA DE LOMERIOS RELACION  $\delta D - \delta^{18}O$

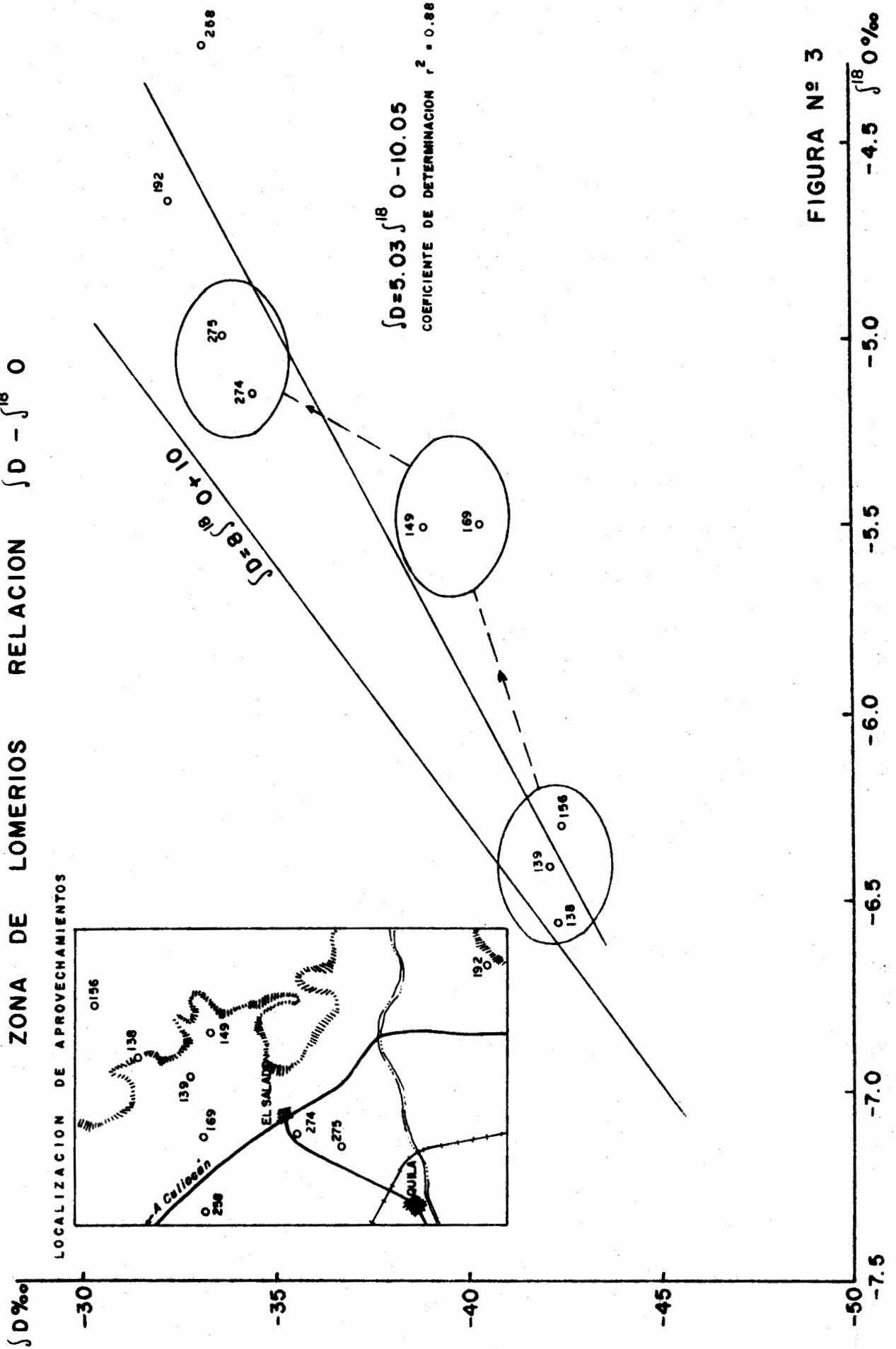


FIGURA N° 3



# GRAFICA DE ISOTOPOS ESTABLES PESADOS ZONA RIO SAN LORENZO RELACION $\delta D - \delta^{18} O$

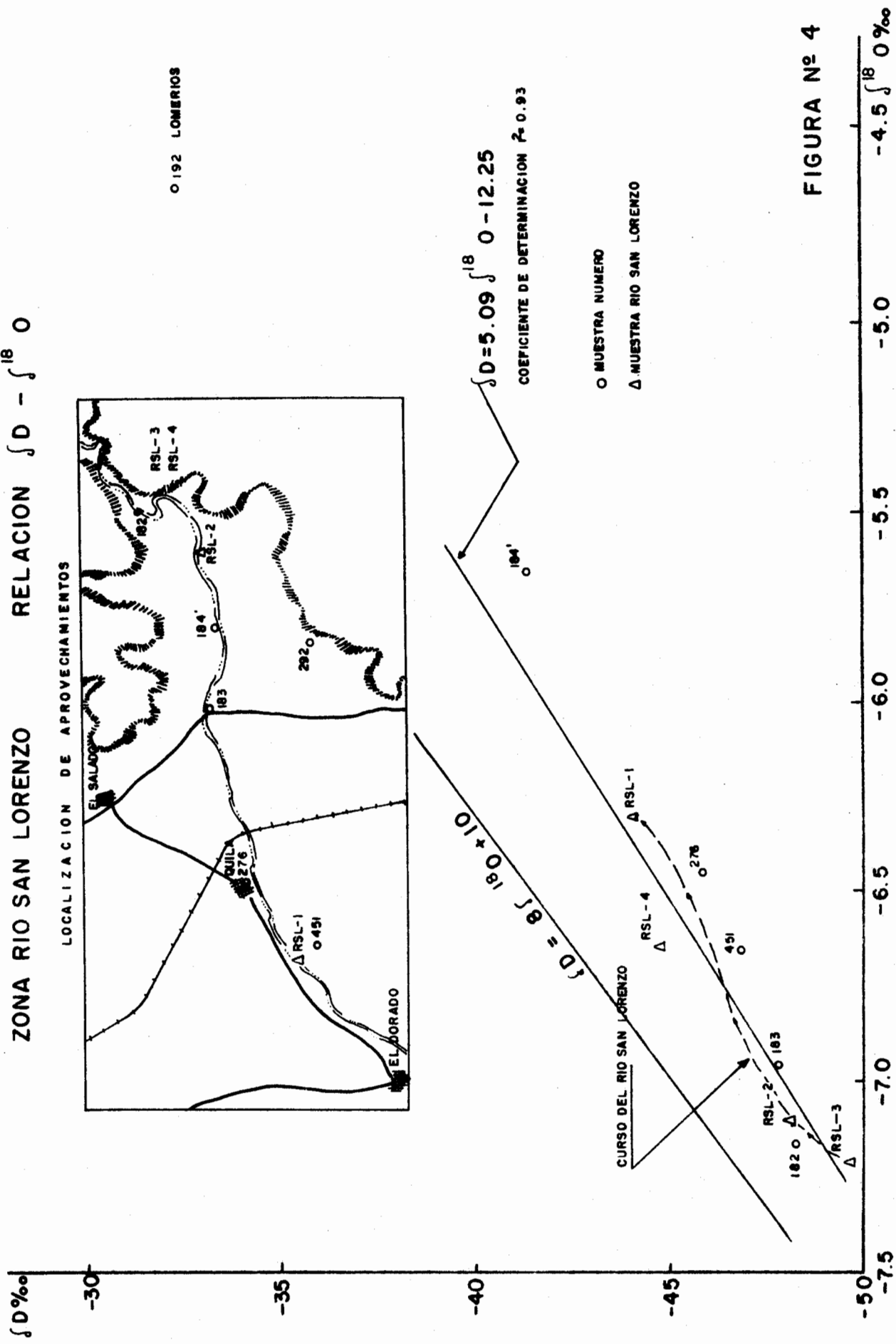


FIGURA N° 4

GRAFICA DE ISOTOPOS ESTABLES PESADOS  
 ZONA ACUIFERO RELACION  $\int D - \int^{18} O$

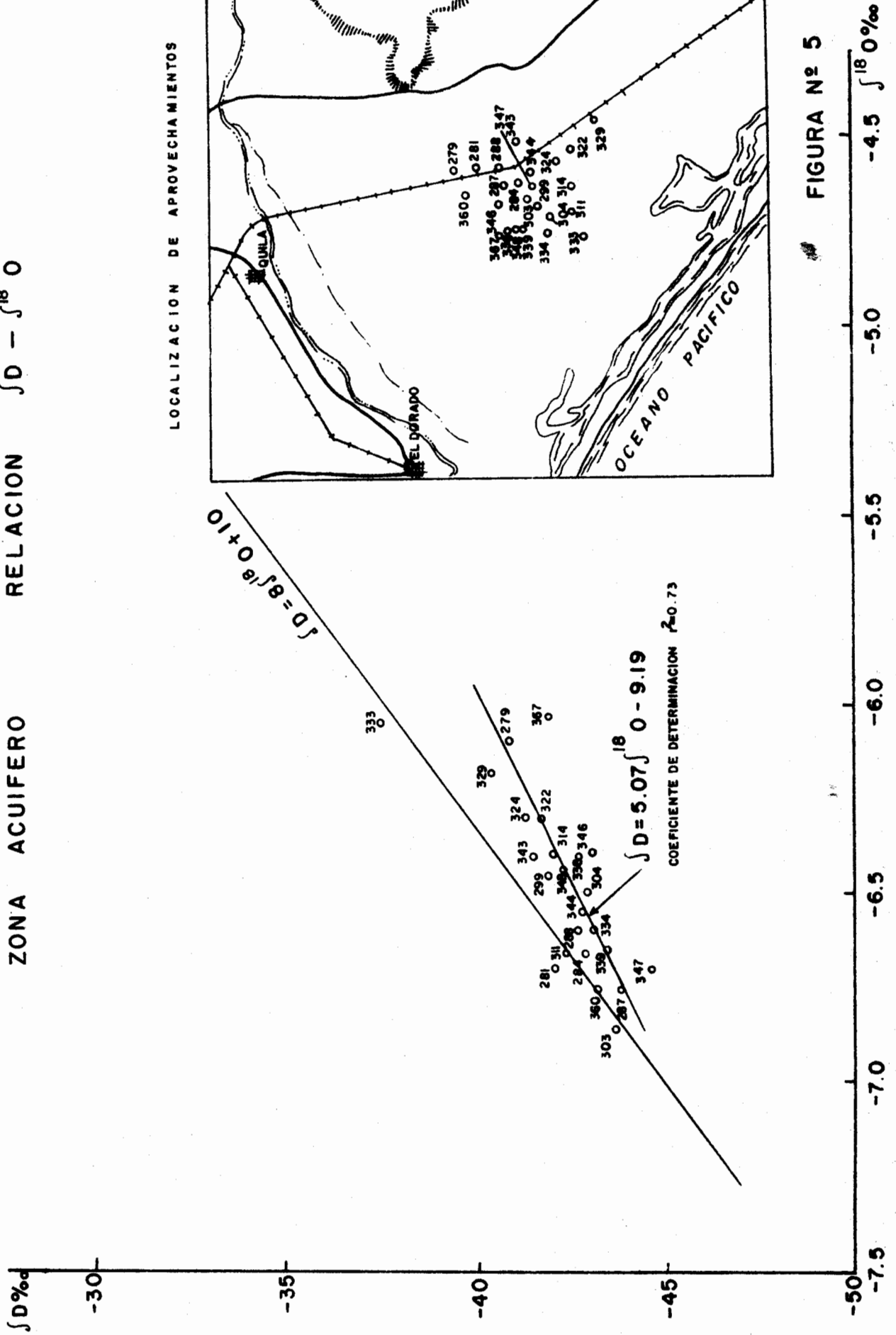


FIGURA N° 5