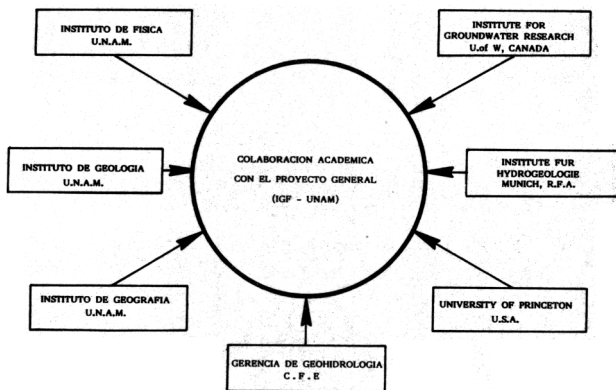


PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DE LA CUENCA DE MÉXICO

Ismael Herrera Revilla * • Jaime Durazo *

INTRODUCCIÓN

El programa de Investigación Hidrogeoquímica de la Cuenca de México es parte de un programa interdisciplinario más general que lleva a efecto el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, relacionado con la Modelación de la Respuesta del Sistema Acuífero de la Cuenca de México a Situaciones Sintéticas (Fig. 1).



1

Fig. 1. Proyecto General de Investigación del Instituto de Geofísica de la UNAM para la Cuenca de México.

En ese Programa Interdisciplinario General colaboran distintas instituciones tanto nacionales como extranjeras (Fig. 2); el patrocinio es parcialmente externo (Fig. 3). El Programa fue iniciado a finales de 1985.

En el contexto interdisciplinario, el enfoque hidrogeoquímico ha sido diseñado tanto para esclarecer los factores naturales e inducidos (inevitables y controlables) que gobiernan la calidad del agua captada por los

* Instituto de Geofísica, UNAM.

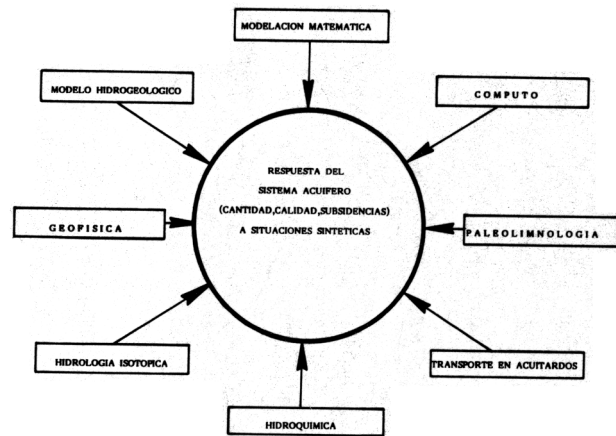


Fig. 2. Colaboración Académica Interinstitucional.

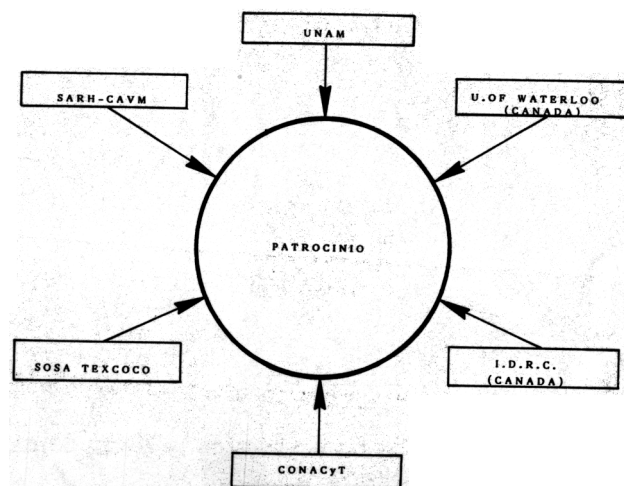


Fig. 3. Patrocinio del Proyecto General.

pozos, como para ayudar a establecer un marco más documentado del funcionamiento del sistema acuífero.

Esta síntesis, necesariamente parcial, incluye algunos resultados y las actividades de geólogos, hidrogeólogos, geofísicos, químicos y matemáticos que actualmente trabajan coordinadamente en diversos proyectos. Los detalles se dejan para consulta en los documentos que se han generado.

EL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOQUÍMICA

Se contemplan diversos proyectos interdisciplinarios dentro de una estrategia de investigación a tres escalas:

Escala de Cuenca

- A. Ocurrencia y distribución del nitrógeno en el agua subterránea (Terminada)
- B. Aproximación a los regímenes naturales piezométrico e hidrogeoquímico (se tiene una versión preliminar)
- C. El carácter hidroquímico actual (en proceso)
- D. Vulnerabilidad del acuífero a la contaminación (en proceso)
- E. Paleolimnología y cerradura físicográfica de la cuenca (en proceso)
- F. Hidrología isotópica general (iniciándose)

Escala Zonal

- A. Cerradura hidrogeológica en el sur (terminada)
- B. Investigación y análisis de estudios isotópicos en la cuenca de México (por terminar)
- C. Regímenes de manantiales y efecto isotópico de altitud (iniciándose)
- D. Hidrogeoquímica isotópica del acuitardo (por iniciarse)

Escala Local

- A. Regímenes de los manantiales en la Sierra de las Cruces (por finalizar)
- B. Modelación del flujo y transporte en las arcillas del Lago de Texcoco (en proceso)

C. Controles geológicos y calidad química y bacteriológica del agua subterránea en la vecindad del relleno de Santa Catarina (en proceso)

D. Mapeo de la estela contaminante en Cromatos de México (en proceso)

UNIDAD Y DIVERSIDAD DEL SISTEMA HIDROGEOQUÍMICO

Control Topográfico

Dada su naturaleza de cuenca endorréica, prácticamente en la cúspide del Altiplano Mexicano, es de esperarse que tal situación se refleje en su sistema de flujo subterráneo con recargos en los altos topográficos y descargas en las planicies lacustres, es decir un sistema gobernado a gran escala, tanto el aspecto de flujo como el hidroquímico, por la topografía (Fig. 4).

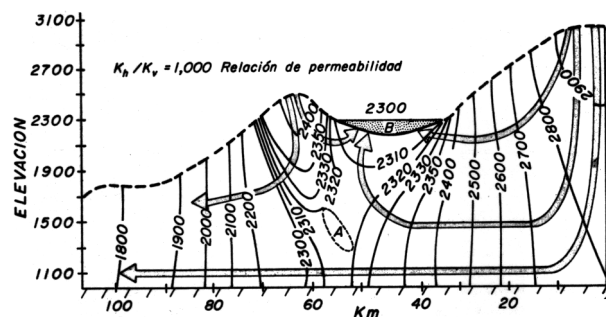


Fig. 4. Esquema ilustrado del flujo regional. Adaptado de: T.C. Winter U.S.G.S. Prof. Paper 1001 (1976). Simbología: --- Nivel freático; B Lago; A Zona de estancamiento; /// Frontera hidráulica; 2300 Líneas de igual piezometría; ⇒ líneas de flujo.

La situación de descarga casi generalizada en las planicies lacustres se documenta por evidencia histórica, lo mismo que una aproximación basada en criterios semicuantitativos organolépticos (Fig. 5). Un cambio cualitativo en la piezometría general de las planicies lacustres (de descarga y recarga) parece haberse dado en 1950. Un análisis de la piezometría somera reciente (Fig. 6), indica la aparición de una nueva zona de recarga situada en el pie de monte y parte de la planicie lacustre. Contrariamente, parece ser que el sistema hidroquímico tiene memoria, como es aparente en la figura 5.

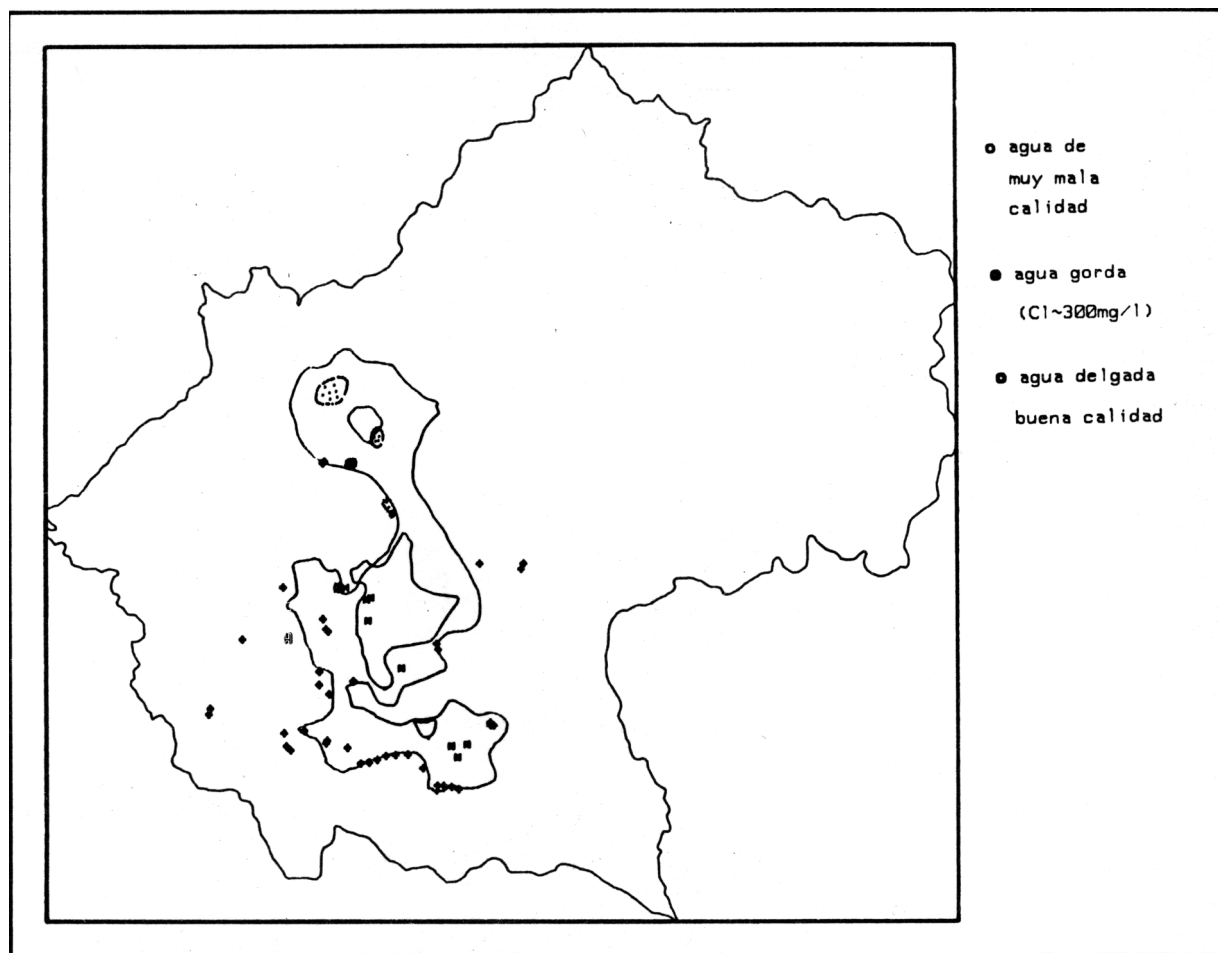


Fig. 5. Mapa histórico comparativo de la calidad del agua.

Sistema Geoquímico del Agua Subterránea

No obstante las limitaciones inherentes a la limitada representatividad de las muestras del agua de los pozos (Fig. 7), la gran mayoría de las muestras de que se dispone a la fecha, las diversas tendencias hacen clara una sistemática:

a) La componente definitiva del agua subterránea bajo el acuitardo, es agua de montaña. Hay evidencia de recargas recientes (posteriores a 1950) en algunos pozos de la planicie lacustre donde se documenta piezometría de recarga vertical (Fig. 8).

b) Se detecta un cierto grado de evaporación en las aguas subterráneas profundas. Este fenómeno puede relacionarse a evaporación antes de la infiltración, apor-

te de agua intersticial de arcillas e infiltración vertical reciente (Fig. 9).

c) Las estructuras químicas de las aguas subterráneas siguen esencialmente dos patrones (diagramas de Stiff), asociados geográficamente a pozos en la zona de pie de monte y planicie lacustre (Fig. 10). Además, el agua de los pozos en planicie lacustre muestra estar en un estado de reducción.

d) Dos ambientes distintos en zonas de franca piezometría descendente indican recarga vertical: Cromatos de México y Arcillas de Texcoco. La primera, trazada por el Cr (+6) y la segunda por el tritio. La presencia de tritio a 12 metros en las arcillas de Texcoco y el perfil del cloro por estratos (Fig. 11) están relacionados con sistemas de fracturas.

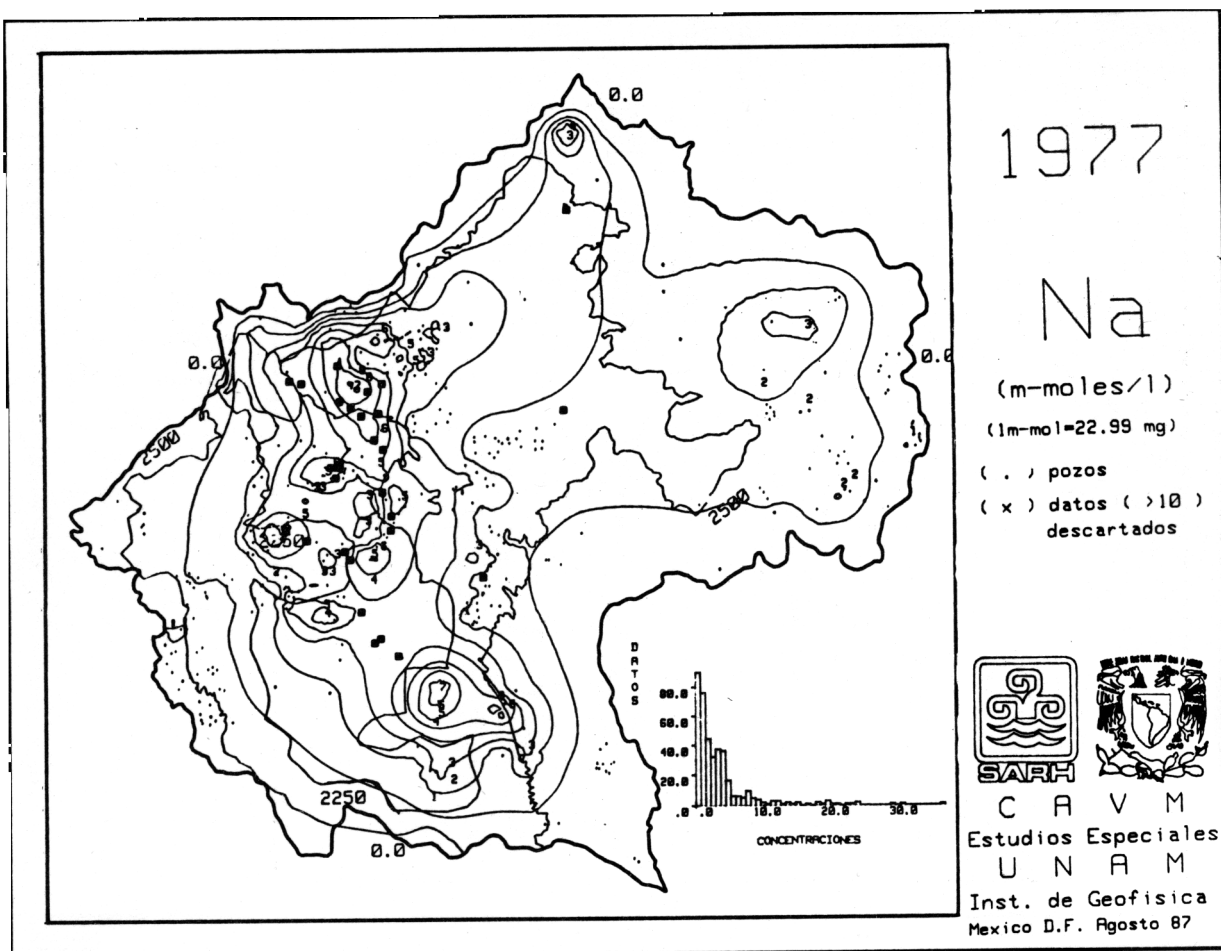


Fig. 5'. Distribución actual del sodio en la Cuenca.

e) Las variaciones locales en las tendencias de calidad del agua y en sus concentraciones isotópicas parecen relacionarse con sistemas locales (incluidos en el sistema general de flujo) como lo son las sierras de Iztapalapa y La Villa.

f) Una cierta capacidad de atenuación del ambiente podría estar relacionada con los bajos contenidos de sulfatos y nitratos que frecuentemente muestran las aguas subterráneas.

Reducción de SO_4 a H_2S (gas)

Denitrificación que convierte NO_3 en N_2 (gas)

g) Los estratos arcillosos, aporte de agua a los pozos y posible zona de retención-transformación de recargas

verticales afectadas por la acción antropógena representan un factor sumamente importante para la calidad y la cantidad por lo que requerirá de un estudio detallado.

DOCUMENTOS GENERADOS A LA FECHA

DURAZO J., H.M.E. OROPEZA, G.A. ORTEGA (Mayo, 1986).
Investigación Bibliográfica sobre Tópicos Relacionados a las
Aguas Subterráneas de la Cuenca de México. Primera Versión.
Serie Investigación No. 8. IGF-UNAM.

CORTES A., R. ARIZABALO (Noviembre, 1986). Caracterización Isotópica del Agua Subterránea en el Valle de Cuernavaca, Mor. 9o. Congreso Nacional de Hidráulica. Queretaro, Qro.

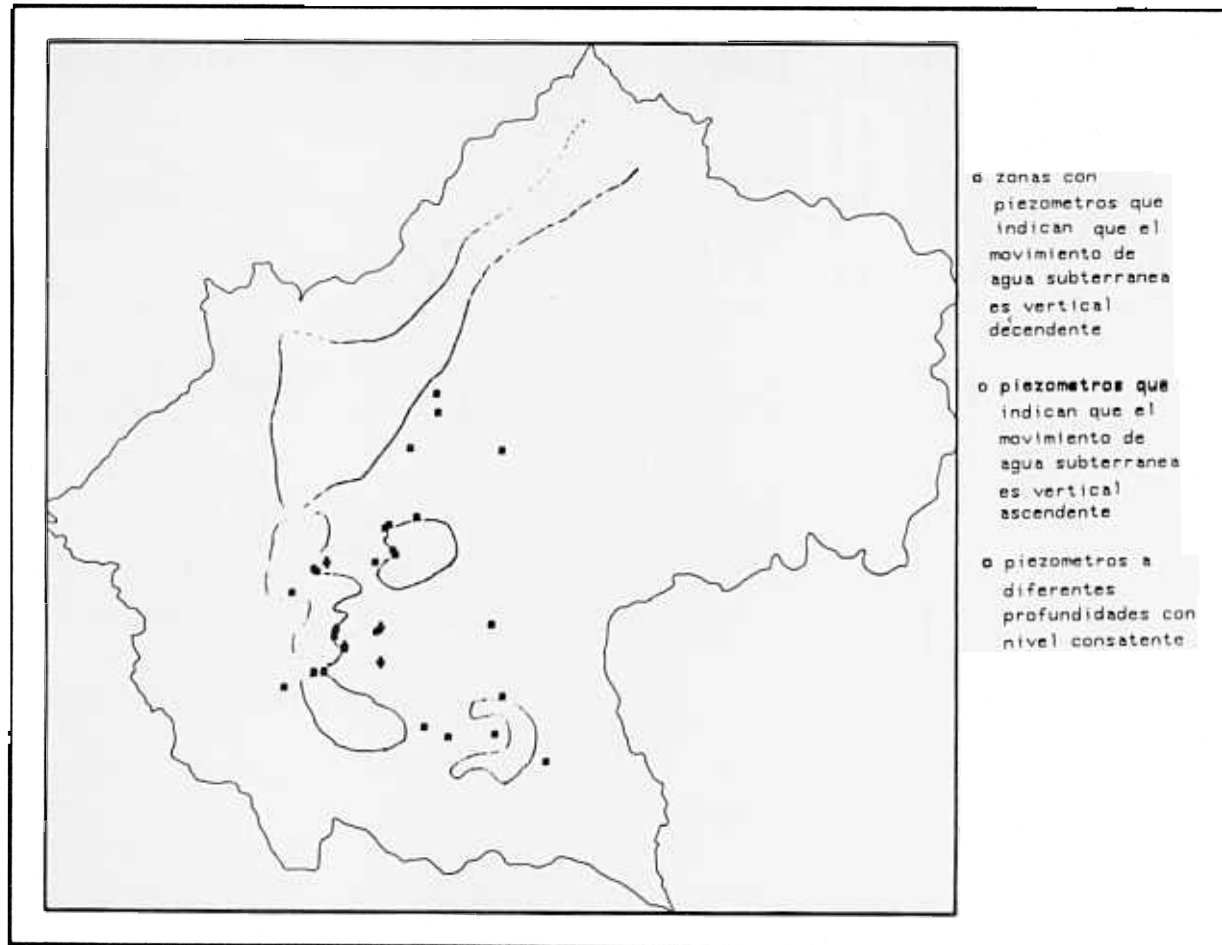


Fig. 6. Gradientes piezométricos superficiales actuales.

RUDOLPH D.L., J. DURAZO, G. THOMSON, M.C. RYAN, R. HIDALGO (Diciembre, 1986). Hincado de Piezómetros Someros en Sedimentos Arcillosos. La Experiencia en el Lago de Texcoco, Edo. de México. Informe. Protocolo de Colaboración CFE-IGF, UNAM. México, D.F.

RODRÍGUEZ C.R. (Febrero, 1987). Consideraciones Preliminares Basadas en Resultados Geoeléctricos, sobre la Interfase Agua Mineralizada Agua Dulce en el Área de Santa Catarina Yecahuitzotl, D.F., Geofísica Internacional 26, 573-581. México D.F.

THOMSON G. (Marzo, 1987). La Estratigrafía e Hidrogeología del Valle de México. Reporte al Programa Aquifer Development, U. of Waterloo, IGF-UNAM, IDRC. México D.F.

RYAN, M.C. (Mayo, 1987). Sobre la Ocurrencia y Distribución de los Compuestos Inorgánicos de Nitrógeno en el Agua Subterránea de la Cuenca de México. Reporte a CAVM. IGF-UNAM, U. of Waterloo. México D.F.

CORTES A., R. ARIZABALO, E. VAZQUEZ, R. JAIMES, P. FRITZ, P. MORALES (Agosto, 1987). Análisis de Flujo de Aguas Subterráneas del Valle de México Mediante Trazadores Isotópicos. Reporte CAVM.

DURAZO J., R.N. FARVOLDEN, G.G. HERNÁNDEZ, N.J.D. MARTÍNEZ, V.D. MONDRAGON, H.M.E. OROPEZA, G.A. ORTEGA, M.C. RYAN, D.E. VINCENT, M.J.J. ZARAGOZA. (Agosto, 1987). Estudios para evitar la Contaminación del Acuífero del Valle de México. Informe de Avance a la CAVM. Proyecto CAVM 95-406. IGF-UNAM. México D.F.

HERRERA, I., L.D. RODOLPH, R. MEDINA-BAÑUELOS (Agosto, 1987) Simulación Numérica de los Yacimientos Salinos de Sosa Texcoco. Contrato con Sosa Texcoco S.A. IGF-UNAM. México, D.F.

ARIZABALO R.D., A. CORTES, P. FRITZ, R. RODRÍGUEZ (Septiembre, 1987). Comportamiento del Sistema Acuífero del Área de Santa Catarina, Ciudad de México.

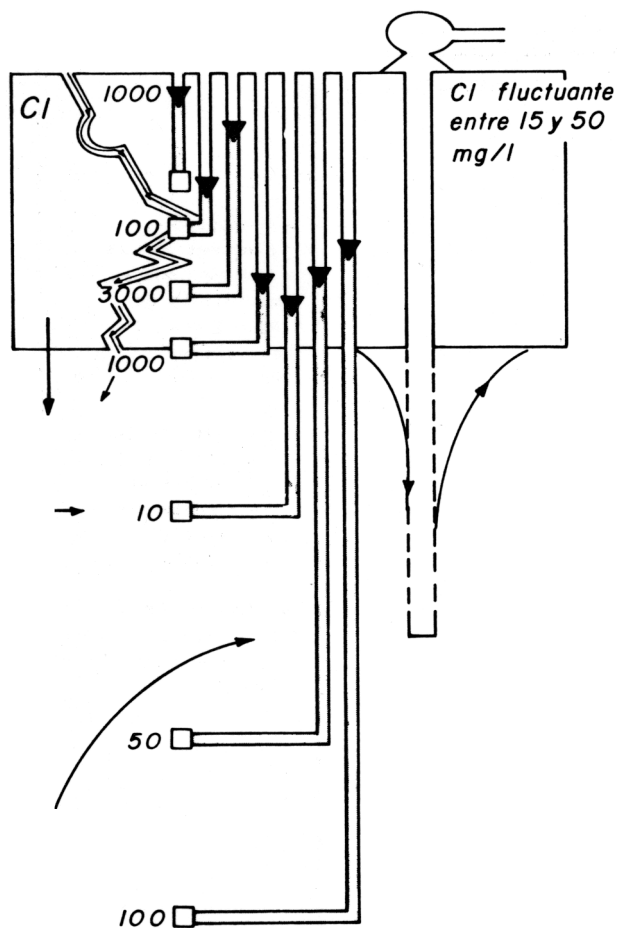


Fig. 7. Representatividad limitada de nuestros pozos.

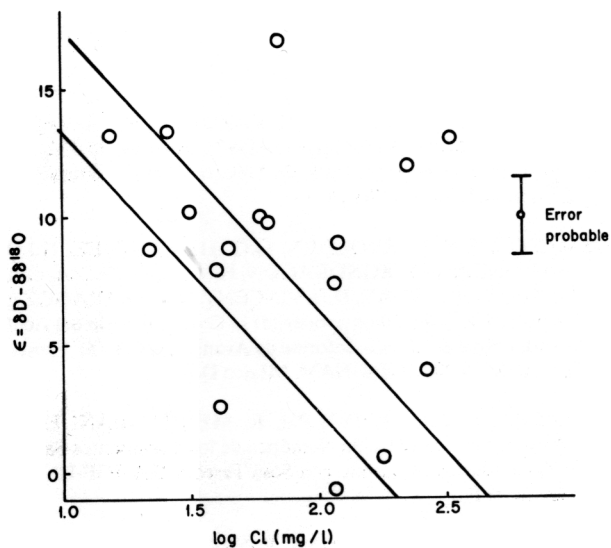


Fig. 9. Correlación exceso de deuterio - concentraciones de cloro.

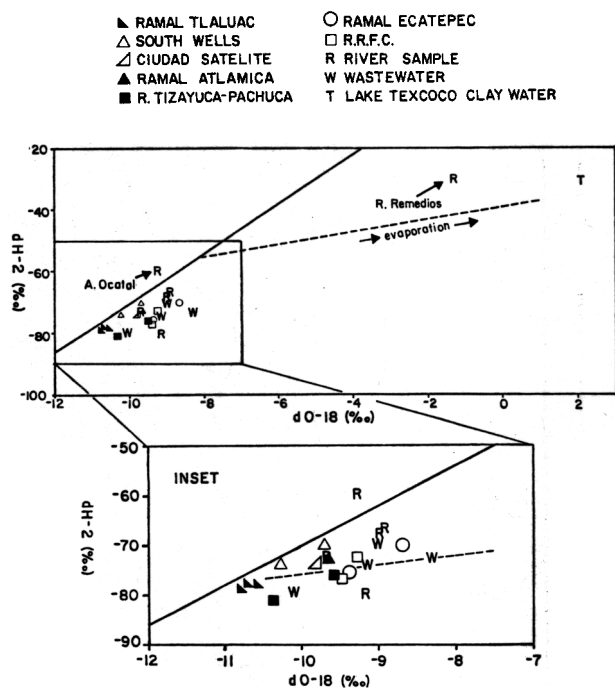


Fig. 8. Diferencia isotópica en aguas subterráneas.

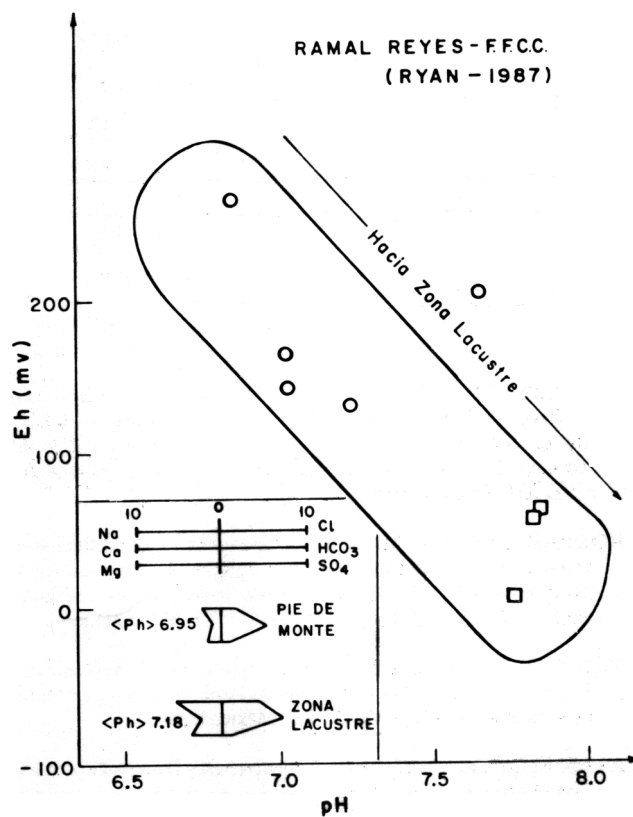


Fig. 10. Relación pH-Eh en un ramal de pozos en dirección Pie de Monte. Zona lacustre de Stiff típicos.

	Cl (mg/e)	$\delta^{18}\text{O}$ (%)	δD (%)	Tritio (TU)
3m	23,390			
6m	31,225			
9m	31,835			
12m	33,550			
25m	36,980	+2.13	-30.7	14

Fig. 11. Perfiles hidrogeoquímicos en multipiezómetro de Sosa Texcoco, S.A. (Rudolph, 1986).

CORTES A., R. FARVOLDEN, R. JAIMES (Septiembre, 1987). Investigaciones Isotópicas Aplicando Isótopos Ambientales en la Sierra de las Cruces, México. Seminario sobre Aplicaciones de Técnicas Isotópicas en Hidrología en América Latina. México D.F. SARH-ININ-OIEA.

MORALES P., A. CORTES, R. JAIMES, R.D. ARIZABALO, E. VAZQUEZ (Septiembre, 1987). Isótopos Ambientales y Estudio Físico-químico del agua Subterránea de la Llanura de Cuernavaca, Mor. México. Seminario sobre la Aplicación de Técnicas Isotópicas en Hidrología en América Latina. México D.F. SARH-ININ-OIEA

RYAN M.C. (Septiembre, 1987). An Investigation of Nitrogen Compounds in the Groundwater in the Valley of México. MSc Thesis. University of Waterloo, Waterloo, Canada.

VAZQUEZ E., P. FRITZ. A. CORTES (Septiembre, 1987). Isótopos Ambientales en las Aguas Subterráneas de las Llanuras de Cuautla- Yautepec, Morelos, México.