

INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN LA CUENCA SUR, (XOCHIMILCO-TLAHUAC) RIESGOS PARA LA SALUD Y PERSPECTIVAS DE CONTROL.

Enrique Cifuentes¹, Luis Juárez¹,
Martha Espinosa², Adolfo Martínez Palomo², Edgar Rangel²,
Javier Enríquez³, Leticia Suárez¹, Guadalupe Bastida¹, Francisco Ramírez¹,
Víctor Lemus¹, Nathan Michael Abbott¹, Rene Santos¹

1. Instituto Nacional de Salud Pública,
2. Cinvestav,
3. University of Arizona.

1. Introducción.

La sobreexplotación del acuífero del Valle de México está ocasionando hundimientos (más de 6 metros entre 1891 y 1994) y agrietamiento de las arcillas del suelo, particularmente en la subcuenca Xochimilco-Chalco. Por largo tiempo se sobreestimó la capacidad de retención de los depósitos arcillosos; se les consideraba como barrera impermeable y protectora. Dichas formaciones pueden no estar brindando dicha protección; los conocedores del tema han llamado la atención sobre las posibilidades del flujo descendente (i.e. lixiviados) a través de las fisuras (Escrura et al, 1982); una vez que se ha contaminado el acuífero, es extraordinariamente difícil y costoso limpiarlo.

No existe información confiable sobre los peligros que esto implica, especialmente para la salud de los habitantes de la Cd. de México. Sin esa información, no debe sorprendernos, resulta sumamente difícil hacer recomendaciones para proteger a los usuarios del agua "potable".

Desde el punto de vista sanitario aparecen otros problemas. Los criterios que "certifican" la calidad del agua han cambiado notoriamente en lo que va del presente siglo. Las bacterias del grupo coliforme, fundamentalmente, han sido empleados tradicionalmente como "indicadores" de calidad microbiológica del agua y, desde una perspectiva simplista de "cero riesgo" la ausencia de estas bacterias equivaldría a "seguridad completa". Sin embargo, durante los últimos años se han registrado un importante número de brotes de enfermedades entéricas, transmitidas por agua que cumplía satisfactoriamente con aquellos criterios. Estos brotes han llamado poderosamente la atención sobre el significado real de los llamados "indicadores".

En el caso particular de los protozoarios y otros patógenos (resistentes a procedimientos habituales de desinfección) carecemos aún de métodos eficientes para detectarlos y conocer su viabilidad en situaciones de emergencia (Lancet, Octubre 15 1999).

En este documento presentamos los resultados más recientes del estudio, haciendo énfasis en el estudio de la sequía 1999 (enero - mayo), realizados con el fondo CONSERVA (objeto de este informe). Es importante subrayar, como lo

hicimos saber en informes anteriores, que para concluir el proyecto obtuvimos fondos adicionales (diferentes al CONSERVA), e incluir un nuevo estudio, en la época de lluvias (Junio Octubre, 1999). En oportunidades futuras presentaremos nuevos avances del proyecto global.

2. Objetivos.

2.1.- Evaluar la prevalencia de infecciones intestinales por Giardia intestinalis, Cryptosporidium parvum y enfermedades diarreicas en la población infantil,

2.2.- Caracterizar la calidad microbiológica del agua de pozos que surten a la población de Xochimilco,

2.3.- Evaluar la presencia de quistes de Giardia sp., y ooquistes de Cryptosporidium parvum en los pozos de la zona de Xochimilco,

2.4.- Integrar los resultados (ambientales y de población) en sistemas de información geográfica (SIG), y, posteriormente, llevar a cabo el análisis espacial del riesgo,

2.5. Generar modelos predictivos de infección por Giardia intestinalis y Cryptosporidium parvum y enfermedades diarreicas.

3. Zona de estudio.

Hemos acotado la cuenca sur como zona de estudio. El acuífero de esta cuenca aporta cerca del 50% del agua para el consumo de la población en la zona metropolitana (Figuras 1 y 2). El riesgo potencial que representan el hundimiento, las fracturas del suelo y el flujo descendente de contaminantes hacen de esta zona una de las regiones más trascendentes en el valle de México (ver antecedentes, Introducción).

Según fuentes consultadas, poco más del 20% de la población en la zona de estudio tiene características urbanas; cerca del 80% restante corresponde a la reserva ecológica de Xochimilco y la región chinampera (INEGI 1995). Estas últimas reservas poseen importantes connotaciones para la recarga de los mantos de agua subterránea, gracias a los escurrimientos de lluvia por las laderas del sur del valle (sierra de Santa Catarina) y a los efluentes de la plantas de tratamiento de agua residual (secundario avanzado), que fluyen por los canales e irrigan las chinampas y sus cultivos (p.ej., flores, ciertas hortalizas, forraje). Esos efluentes infiltran la tierra y llegan al acuífero, en un proceso adicional de "tratamiento" (SAT, por sus siglas en Inglés: soil aquifer treatment) que además compensa, en alguna medida, la extracción excesiva del agua.

Las presiones que ejerce el crecimiento urbano sobre este sistema generan conflictos y serios desafíos: las descargas de drenaje de asentamientos irregulares y sin servicios son vertidas en los canales, y estas descargas diluyen

el efecto esperado del tratamiento. Al infiltrarse a través del suelo (i.e. fracturas, fisuras), el agua superficial y profunda pueden mezclarse peligrosamente.

4. Métodos

El estudio se ha desarrollado en etapas secuenciales, enumeradas y descritas a continuación:

- 4.1.- Zonificación (geo – hidrológica) del valle de México y del área metropolitana (ZMCM, Figuras 1, 2 y 3),
- 4.2.- Georeferenciación de los principales pozos de extracción y asentamientos humanos ,
- 4.3.- Caracterización detallada de Xochimilco en planos cartográficos (trazo urbano y subsuelo (Figura 3 y 4),
- 4.4. Definición de sitios “centinela” ,
- 4.5.- Localización de exacta de los pozos y núcleos habitacionales periféricos (ver sitios “centinela”)
- 4.6.- Censo de viviendas en cada uno de estos núcleos y detección de niños menores de 8 años,
- 4.7.- Encuestas transversales repetidas (época de sequía y de lluvias, respectivamente). Las encuestas se llevaron a cabo a través de entrevistas domiciliarias y estudios parasitológicos de la población infantil,
- 4.8.- Caracterización de la calidad microbiológica del agua en pozos seleccionados,
- 4.9.- Captura de la información; procedimientos de control de calidad,
- 4.10.- Análisis descriptivo,
- 4.11.- Incorporación de los datos en los sistemas de información geográfica (SIG, anexos Figuras 4, 5, 6,7,8,9,10 y 11),
- 4.12.- Análisis final (p.ej., regresión logística), efectos estacionales (lluvias vs. sequía) y modelos finales (p.ej., predicción de riesgo).

Se generaron sistemas cartográficos básicos, ilustrativos de las zonas geo – hidrológicas, baterías de pozos de bombeo y núcleos de población en la ZMCM (información secundaria de DGCOH, INEGI, UNAM) y el uso de geoposicionadores (GPS) para la localización precisa de los pozos en el terreno (ver Figuras 1 y 2). Estas imágenes fueron superpuestas en planos, con los que definimos la relación espacial entre el agua subterránea y los pozos, y de estos con los núcleos de población (Figura 3). Estos procedimientos, junto con los resultados de tamizajes y estudios piloto previos (1997), posibilitaron la selección de sitios “centinela” * y excluir zonas no residenciales (p.ej., terrenos agrícolas, parques, lagunas).

* Un sitio “centinela” es un núcleo definido por 1 pozo / comunidad surtida.

En la elección final de estos sitios acotamos la región centro-sur de Xochimilco y los pozos localizados a lo largo de la zona transición y lomeríos (zona montañosa) del sistema hidrogeológico. Estos pozos surten de agua a grandes

comunidades periféricas, densamente pobladas. La población incluida en este estudio (p.ej., vecindades, conjuntos habitacionales, condominios) fue referenciada espacialmente, en diámetros de .5 km alrededor de cada uno de los pozos (Figura 11, trazado urbano, calles y localización precisa del pozo). La cartografía y datos de población de INEGI (1995) y ambos fueron manejados en Map – Info (versión 1997), en una computadora Pentium compatible con IBM.

4.1. Estudio de población.

Se llevaron a cabo dos estudios transversales en 1999, el primero en la época de sequía (enero - mayo) y el segundo en la temporada de lluvias (junio- octubre). La población objetivo (niños menores de 8 años) fue localizada mediante visitas a las viviendas escogidas (ver tamaño de muestra mas adelante). Cada hogar elegible (1 o más niños entre 0 y 8 años) fue numerado y censado, previa entrega de carta de consentimiento explicando al informante (e.g., la madre) el origen y propósitos del estudio. A cada familia se le asignó un numero de folio irrepetible, mientras que en aquellas viviendas con mas de una familia se asignaron números independientes; a cada niño se le añadió un identificador, adherible al folio de su familia. Los hogares sin niños fueron excluidos y la identificación de cada hogares fue verificada en el campo, durante la visita inicial y en el laboratorio de cómputo (resultados parasitológicos) y doblemente al capturar la información del censo y las encuestas.

Calculo Del Tamaño De La Muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra utilizamos la siguiente fórmula:

$$n = [p (1-p) \times (Z\alpha/d)^2] [DEFT/1-TNR]$$

Donde:

n = al tamaño de la muestra requerido

p = a la proporción de la infección

d = a la precisión

1- α = Nivel de confianza (NC)

DEFT = defecto del diseño de estudio

TNR = Tasa de no respuesta

a) En un primer escenario, sustituyendo la fórmula con los siguientes valores:

Una proporción de infección de *Cryptosporidium* del 5%

Una precisión del 5%

Un NC del 95% (valor de Z bajo la curva es 1.96)

Un DEFT de 4.0

Una TNR del 10%

Tenemos:

$$n = [5 (95) \times (1.96/5)^2] [4-0/1-0.10]$$

$$n = 73 (4.44) = 324.44$$

Para ajustar el tamaño de la muestra por la población total de niños de cada AGEB (pozo) tenemos la siguiente fórmula: $n_o = n/1+n/N$; donde N es el tamaño poblacional de niños

<u>Noria 1 = 324.44/1+324.44/141 = 98.28</u>	}	TOTAL: 679 (n)
Noria 2 = 324.44/1+324.44/141 = 98.28		
Noria 3 = 324.44/1+324.44/331 = 163.84		
<u>Noria 6 = 324.44/1+324.44/334 = 164.57</u>		
SL 19 = 324.44/1+324.44/292 = 153.68		

Un NC del 95%

b) En un segundo escenario, al sustituir la fórmula con los siguientes valores, tenemos:

Una p del 2% para Cryptosporidium

Una d del 5%

Un NC del 95%

Un DEFT de 5.0

Una TNR de 20%

Tenemos.

$$n = [2 (98) \times (1.96/5)^2] [5-0/1-0.20]$$

$$n = 30.11 (6.25) = 188.18$$

Para ajustar el tamaño de la muestra por la población total de niños de cada pozo, tenemos la siguiente fórmula: $n_o = n/1+n/N$; donde N es el tamaño poblacional de niños

Noria 1 = 188.18/1+188.18/141 = 80.60	}	TOTAL = 516 (n)
Noria 2 = 188.18/1+188.18/141 = 80.60		
Noria 3 = 188.18/1+188.18/331 = 120.00		
Noria 6 = 188.18/1+188.18/334 = 120.36		
SL 19 = 188.18/1+188.18/292 = 114.43		

La población incluida en este estudio estuvo comprendida por 995 niños en la encuesta de sequía y 990 en la época de lluvias.

La información de estos niños fue recolectada a través de entrevistas domiciliarias, utilizando cuestionarios pre- codificados y estudios parasitológicos (muestra de materia fecal) de cada niño.

Los cuestionarios (ver ejemplar anexo) permitieron obtener las características de cada familia (p.ej., relativas al agua disponibilidad y manejo; de saneamiento doméstico, disposición de excretas), información socioeconómica y otros factores de riesgo (refs1,2,3,4). Para cada niño se aplicaron cédulas individuales, con

preguntas estandarizadas relativas a eventos recientes de enfermedades diarreicas agudas EDA (1 y 2 semanas anteriores). Al final de la entrevista, se entregaron envases de plástico previamente etiquetados (nombre y número identificador de cada niño), para muestras fecales, mismas que fueron recolectadas al día siguiente, almacenadas en refrigeración y posteriormente transportadas al laboratorio del CISEI (INSP, Cuernavaca) para su procesamiento, lectura y registro de resultados.

Exámenes parasitológicos en heces

La técnica consistió en homogeneizar la muestra por completo y tomar 500 μ l aproximadamente, centrifugar por 5 minutos a 5,000 r.p.m. o hasta que se forme el botón, enseguida eliminar el sobrenadante y adicionar acetato de etilo en un volumen igual al del botón, homogeneizar y centrifugar a las mismas condiciones de arriba. A continuación eliminar el sobrenadante, adicionar PBS 1X con thimerosal 1:50,000 en un volumen igual al del botón y homogeneizar completamente. De esta suspensión, tomar 12 μ l y colocarlo en un pozo de la laminilla previamente tratada con poli-li-sina (dil. 1:10 con agua destilada). Adicionar el mismo volumen de los controles positivo (heces formalinizadas con *Cryptosporidium*/*Giardia*) y negativo (heces formalinizadas sin *Cryptosporidium*/*Giardia*). Una vez secas las laminillas fijarlas sobre la flama y adicionar 5 μ l del reactivo de detección a cada pozo. De inmediato agregar otro volumen igual a cada pozo de reactivo de contraste, incubar 30 minutos en cámara húmeda en ausencia de luz y después realizar cuatro lavados, tres con PBS 1X-Tween y uno con PBS 1X. Por último poner 2 gotas de medio de montaje a cada lámina, colocar un cubreobjetos y observar al microscopio de inmunofluorescencia (40X). Los quistes y ooquistes son clasificados de acuerdo al criterio de inmunofluorescencia verde manzana, tamaño, y forma.

4.2. Caracterización del agua subterránea

La selección de los pozos de agua se basó en el marco muestral de baterías de pozos en el Valle de México (Figura 8), generado en estudios previos (Instituto Nacional de Salud Pública, 1997). La elección final acotó la serie que atraviesa verticalmente la zona de transición y montañosa de la subcuenca Xchimilco Chalco.

Las muestras fueron recolectadas mensualmente, con objeto de evaluar la calidad microbiológica del agua que consume la población (diámetro de .5 km alrededor de cada pozo). La toma de muestras se efectuó siguiendo los lineamientos del manual de procedimientos para el laboratorio de la Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos (US EPA), information Colletion Rule Microbial Laboratory Manual, sección VII, ICR protozoan method for detecting cysts of *Giardia lamblia* and *Cryptosporidium* oocysts. Como bacterias indicadoras se utilizaron los coliformes fecales (x 100 mL), utilizando las técnicas cualitativas (presencia-ausencia) y cuantitativas de Colilert (APHA 1995).

Brevemente, los ooquistes y quistes de los enteropatógenos fueron concentrados en el campo a partir de un volumen de agua entre 400 – 1000 L, por medio de la retención en un filtro de malla de polipropileno trenzado. Los filtros fueron enviados de inmediato al laboratorio del INSP bajo refrigeración. En el laboratorio, las partículas retenidas fueron eluidas del filtro con una solución de elución y posteriormente concentradas por centrifugación. Los ooquistes se separaron parcialmente de otros materiales particulados mediante flotación de una solución de Percoll-sacarosa, con una gravedad específica de 1.1. De la interfase acuosa obtenida después de la centrifugación se obtuvieron 3 alícuotas. Mismas que fueron preservadas con formalina (3%). Una primera alícuota fue usada para el análisis por inmunofluorescencia, mientras que la segunda alícuota se conserva para posterior envío y análisis por otros métodos (biología molecular).

Inmunofluorescencia.

Con la primera alícuota, se formó una monocapa dispuesta sobre una membrana de acetato de celulosa, y teñida con anticuerpo monoclonal conjugado con FITC, que reconoce específicamente ooquistes de *Cryptosporidium* (estas se observaron como estructuras ovaladas de 5 a 8 μm de diámetro) *Giardia* (de 10 μm) y *Encephalitozoon* sp. (3 μm de diámetro), y que presenten fluorescencia brillante color “verde manzana”. Para confirmar la detección se buscará, bajo contraste diferencial de interferencia, la presencia de uno a cuatro esporozoitos en el interior del organismo. Los resultados verificados hasta ahora (Octubre Noviembre 1999) se reportan como ooquistes de *Cryptosporidium* por 100 litros de agua.

Los métodos de detección y cuantificación de los ooquistes de *Cryptosporidium* spp y otros protozoarios de interés ambiental se están adaptando de los que se habían desarrollado para quistes de *Giardia lamblia*. Estos métodos se diseñaron originalmente para la investigación de brotes, en los que se sospechaba su origen hídrico. Posteriormente se aplicaron a los estudios de ocurrencia y distribución y para determinar la efectividad del tratamiento del agua potable. Dado que la *Giardia* y el *Cryptosporidium* se encuentran usualmente en bajas concentraciones, los métodos de detección implican procedimientos para la concentración de estos organismos en volúmenes grande de agua (400 – 1000 L). El método consistió en hacer pasar el agua a través de un filtro de 1 μm de porosidad nominal, de donde la muestra se eluyó, se concentró por centrifugación y lo organismos se separaron de cualquier otro material particulado por flotación en un gradiente de densidad (Jakubwski, 1996). Para la identificación de quistes, ooquistes y esporas, el método empleado fue el de inmunofluorescencia, directa e indirecta, usando anticuerpos monoclonales dirigidos contra epítopes de la pared de ooquistes y conjugado con isotiocianato de fluoresceína (FITC). La confirmación se efectuó al identificarse uno o más esporozoitos en el interior del ooquiste.: La visualización de esas estructuras se hizo usando la técnica de contraste diferencial de interferencia

Si bien el método más usado en el mundo para analizar el material purificado extraído de muestras de agua es el basado en la detección mediante anticuerpos monoclonales conjugados con FITC y microscopía de luz ultravioleta, esta técnica posee limitaciones que hacen necesaria la complementación con otros métodos y aún su situación por técnicas más adecuadas. Entre las limitaciones de la inmunofluorescencia se mencionan: La microscopía de fluorescencia no ofrece información sobre la viabilidad o infectividad de los ooquistes.

5. Plan de análisis

Procedimientos llevados a cabo durante el análisis de datos

- Limpieza de las bases de datos
- Programa de consistencia de la información
- Procesamiento de la información y creación de nuevas variables.

Una vez limpia la base de datos, procedimos con:

1) Análisis univariable de datos:

- 1.1. Análisis descriptivo de cada una de las variables
- 1.2. Comprobación de la distribución normal multivariante en cada una de las variables
- 1.3 Comprobación de los supuestos paramétricos en cada Variable

2) Análisis bivariable de datos:

- 2.1 Correlaciones de Pearson entre cada par de variables
- 2.2 Examen de la matriz de correlaciones.

3) Análisis multivariable de datos:

- 3.1 Cálculo de la matriz de correlaciones entre todas las variables
- 3.2 Acuerdos sobre las variables que van a ser tomadas en cuenta para efectuar el análisis factorial
- 3.3 Extracción de los factores necesarios para representar la información
- 3.4 Rotación de los factores
- 3.5 Interpretación de los factores y representación gráfica
- 3.6 Cálculo de las puntuaciones factoriales para cada individuo.

6. Resultados

Prevalencia de infección por *Giardia lamblia* en niños de Xochimilco; Encuesta de sequía, 1999

Pozo	Resultados positivos	Total de niños (n)	%
P- 1	1	103	0.97
P- 2	10	107	9.34
P-3	14	287	4.87
P- 06	14	239	5.85
P- 19	18	247	7.28

Prevalencia de infección por *Cryptosporidium parvum* en niños de Xochimilco
Encuesta de sequía, 1999

Pozo	Resultados positivos	Total de niños (n)	%
P- 1	0	103	0.00
P -2	4	107	3.73
P- 3	9	287	3.13
P- 06	6	239	2.51
P- 19	2	247	0.81

Prevalencia de enfermedad diarreica aguda (EDA) en niños (últimos 15 días)
Xochimilco. Encuesta de sequía, 1999

Pozo	EDA / 15d	Total de encuestas (n)	%
P 1	18	98	18.37
P 2	14	84	16.67
P 3	27	211	12.80
P 06	23	203	11.33
P 19	20	176	11.36

Prevalencia de enfermedad diarreica aguda (EDA) en niños en los últimos 8 días
Xochimilco. Encuesta de sequía, 1999

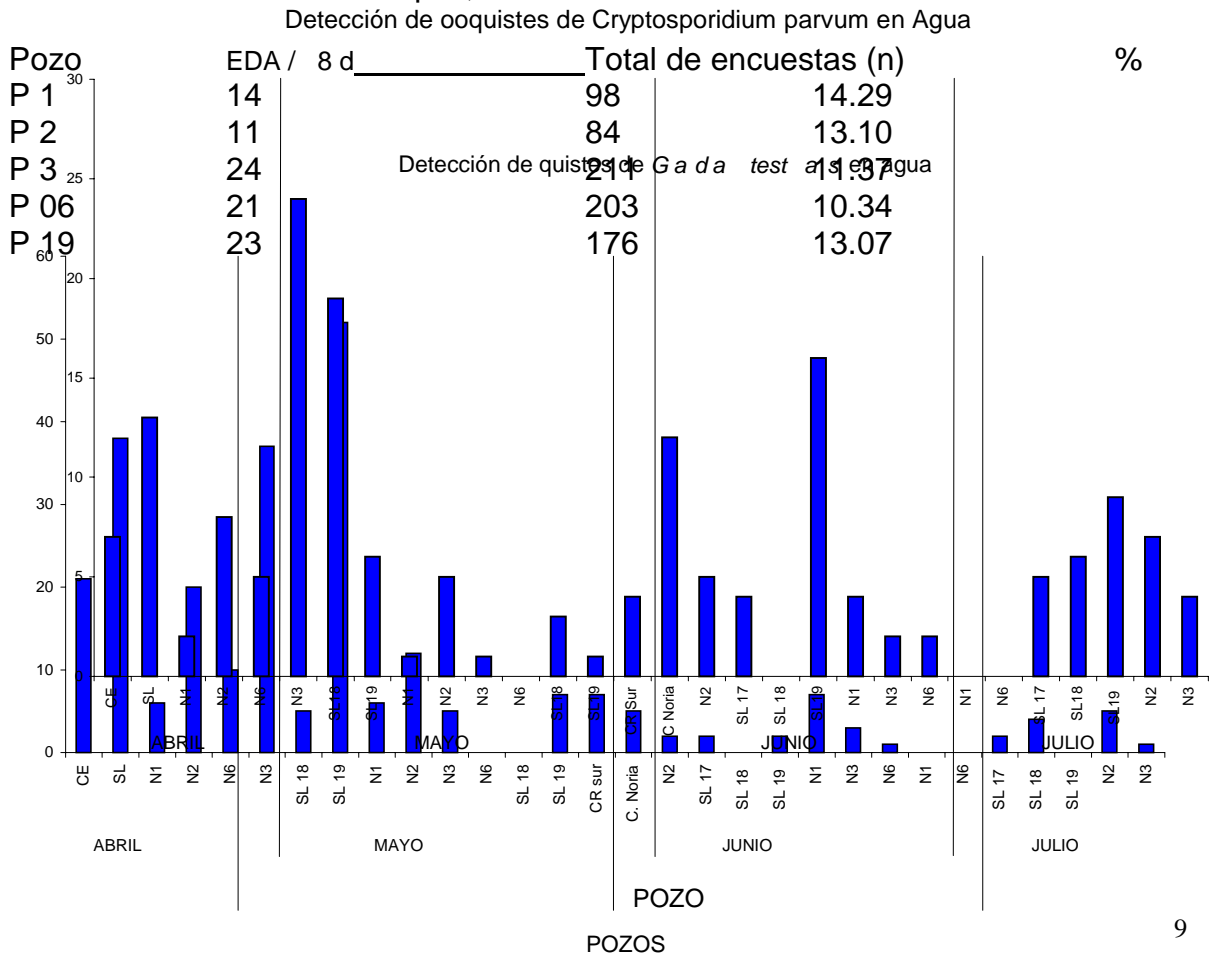


Figura 1. AREA DE ESTUDIO
 INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 DEL CENTRO SUR OCCIDENTAL

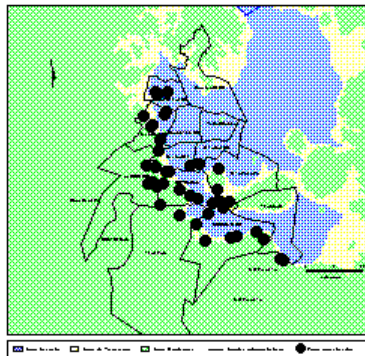


Figura 2. CUENCA SUR XOCHIMILCO - TLAHUAC
 DEL INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 DEL CENTRO SUR OCCIDENTAL

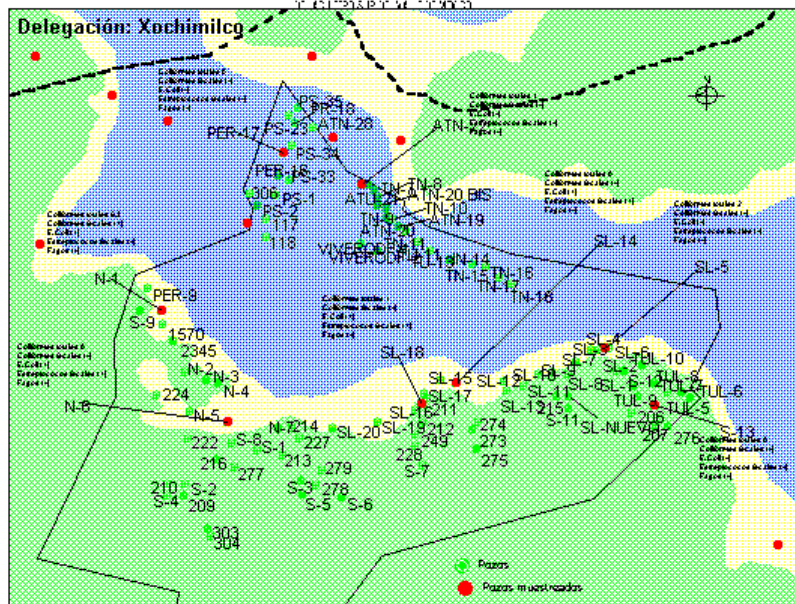


Figura 4. PROPORCIÓN DE NIÑOS CON DIARREA EN LAS DOS ÚLTIMAS SEMANAS
 VALMEX DE LOS SEÑALES PARA LA SALUD DE LOS NIÑOS EN
 EL ESTADO DE GUJARÁTO, MÉXICO

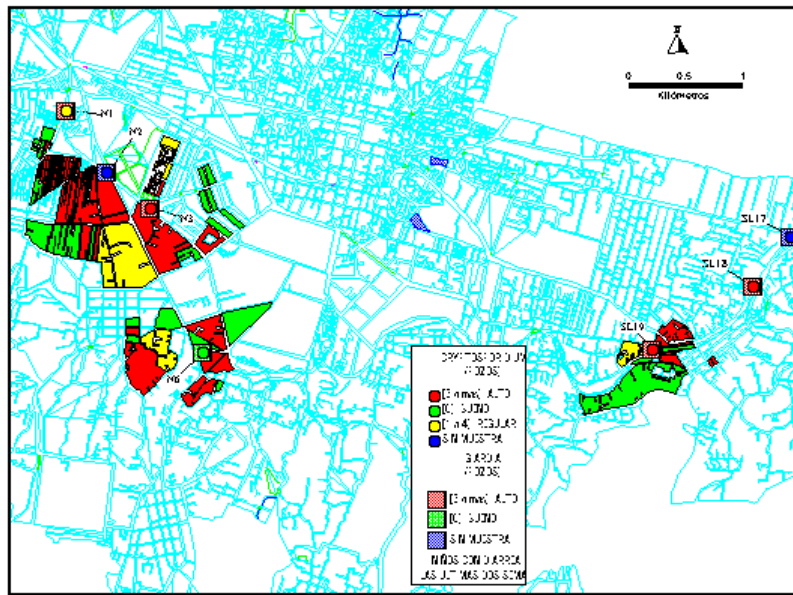


Figura 5. PROPORCIÓN DE NIÑOS CON DIARREA EN LA ÚLTIMA SEMANA
 VALMEX DE LOS SEÑALES PARA LA SALUD DE LOS NIÑOS EN
 EL ESTADO DE GUJARÁTO, MÉXICO

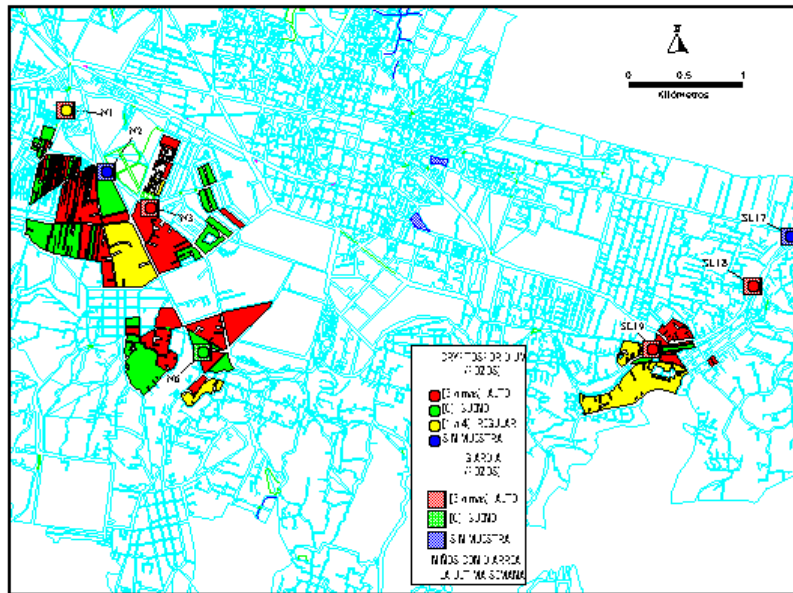


Figura 6. PROPORCIÓN DE NIÑOS INFECTADOS CON *CRYPTOSPORIDIUM* EN LOS POZOS N1, N2, NS, NB Y SL-19
 D.A. J.C. DE CERRITOS PARA LA SALUD Y LA CONFORTANCIA DE LOS CIUDADANOS SURCALIFORNIA, CALIFORNIA, MEXICO

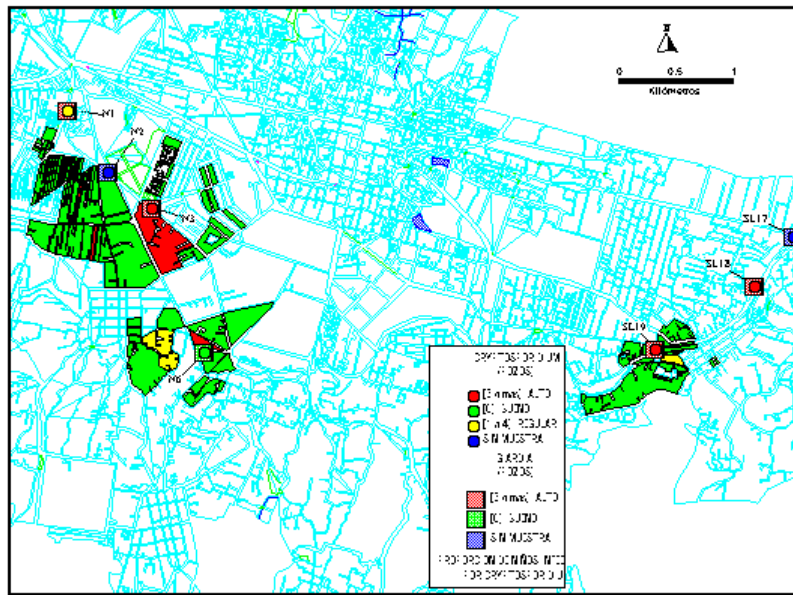


Figura 7. PROPORCIÓN DE NIÑOS INFECTADOS CON *GIARDIA* EN LOS POZOS N1, N2, NS, NB Y SL-19
 D.A. J.C. DE CERRITOS PARA LA SALUD Y LA CONFORTANCIA DE LOS CIUDADANOS SURCALIFORNIA, CALIFORNIA, MEXICO

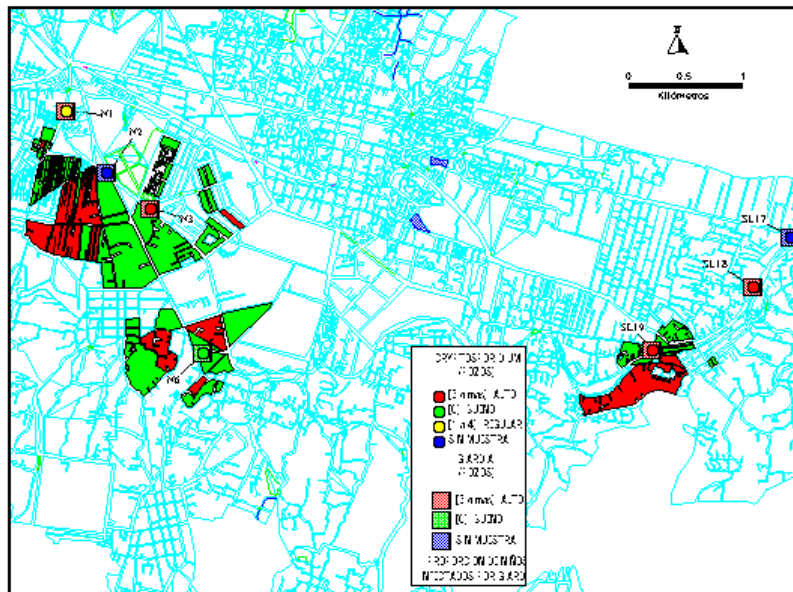


Figura 8. SUMINISTRO DE AGUA POTABLE DURANTE LA SEMANA
 VALLE DE LOS RIOS PARA LA SALIDA CONTINUA DE
 EL AGUERO SUR DEL VALLE DE LOS RIOS

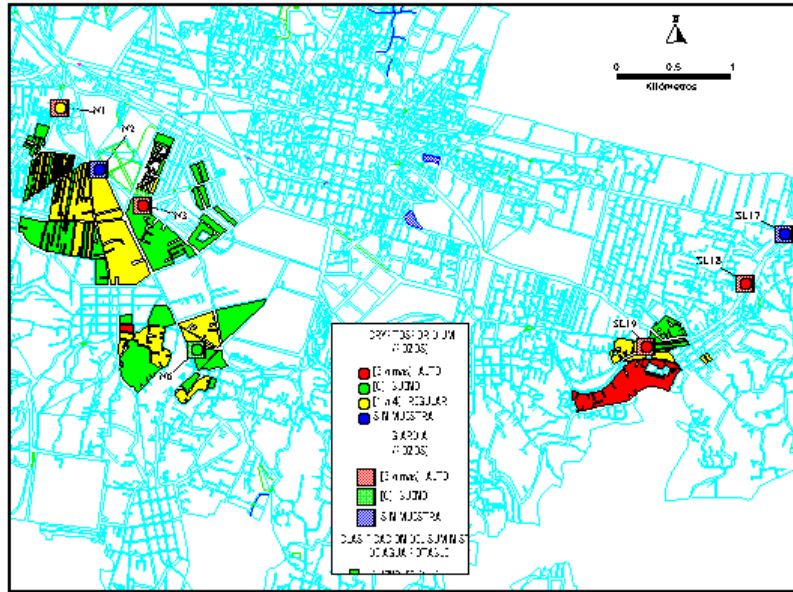


Figura 8. SUMINISTRO DE AGUA POTABLE DURANTE LA SEMANA
 VALLE DE LOS RIOS PARA LA SALIDA CONTINUA DE
 EL AGUERO SUR DEL VALLE DE LOS RIOS

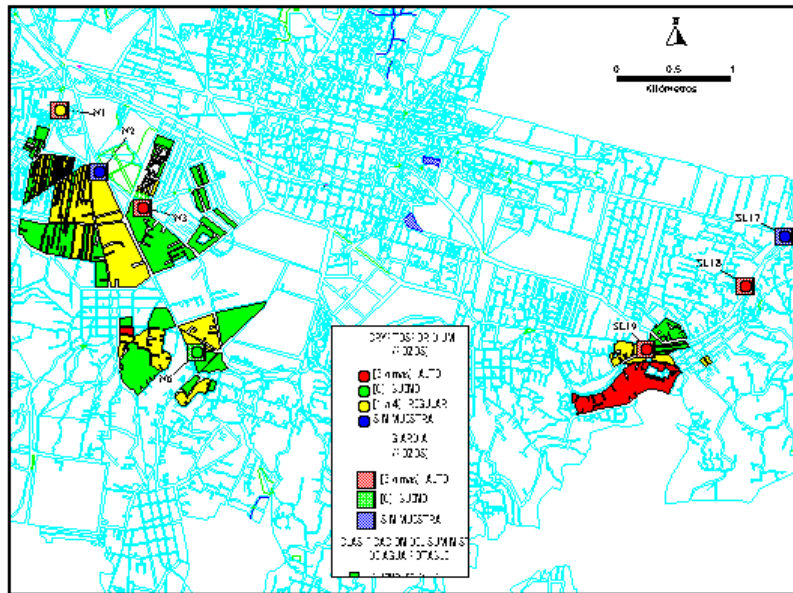
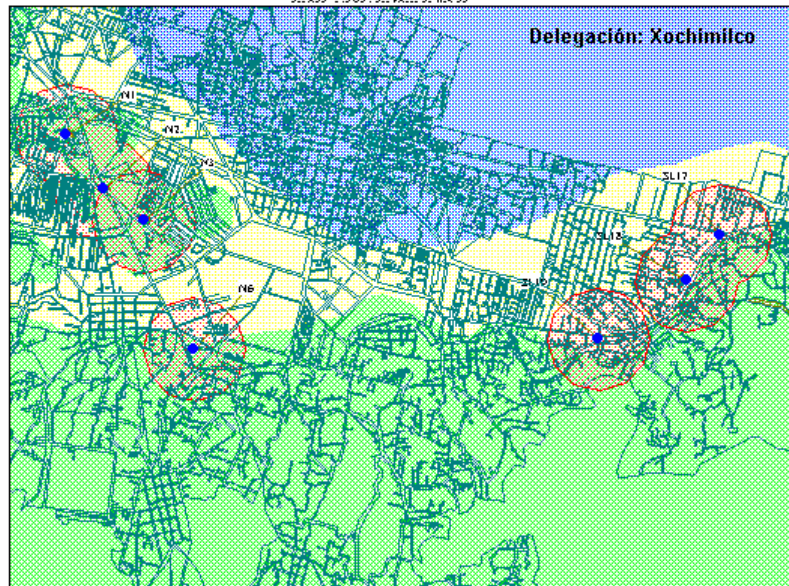


Figura 11. REGION DE MUESTREO POR POZO
VALLE DE LOS SESOS PARA LA SALUD Y AMBIENTE EN
EL ESTADO DE MEXICO



Actividades actuales (Junio - Noviembre 1999).

Se está realizando el análisis de los resultados obtenidos en ambas encuestas (total 2000 niños, por tres infecciones intestinales, mas episodios de enfermedad diarreaica), que equivale a 8 000 registros que deben procesarse con mas de 50 respuestas del cuestionario. Los meses que vienen (Diciembre 1999 - Febrero 2000) prepararemos informes técnicos sobre los avances de la investigación. Lo información y sucesivos avances serán sometidos a las principales agencias que financian este proyecto, y brindando material para tesis de maestría (p.ej., estudiantes INSP), comunicaciones y congresos de salud ambiental nacionales e internacionales; los informes finales se elaborarán como manuscritos para someterse a publicación.

10.- Bibliografía

Aguilar A. G. Ezcurra, E., García, T., Mazari M., Pasanty, Y., 1995.

The Basin of Mexico. In: Regions at Risk. Comparison of threatened environments. Kasperson, J. X., Kasperson, R. E., Turne, B. L. Eds. United University Press. Tokyo, Japan:304-366.

Cabrera, A. G., 1990. En: Problemas de la Cuenca de México. Kumate, J. y Mazari, M. eds. El Colegio Nacional: 31-60

Clarke, R., 1993. Water. The International Crisis. MIT. Press. Cambrigde E, U.,:193.

Consejo Asesor en Epidemiología, 1990. Información Prioritaria en Salud. Secretaría de Salud: 121.

Consejo Nacional de Investigación, 1995. El agua y la Ciudad de México. AIC, A. C., ANI, A.C., NAS. México: 353.

Diario Oficial de la Federación, 1988. 18 de Enero. México.

EPA, 1992. Guidelines for water reuse.

Erlic, H, A., 1989. PCR Techonology. M. Stockton Press: 246.

Ezcurra, E., y Saruhkan, J.,m 1990. En: Problemas de la Cuenca de México: Kumate, J. y Mazari, M., eds. El Colegio Nacional: 215-246.

Ezcurra E. y Mazari, M., 1996. Are Megacities Viable A Cuantionary Tale from Mexico City. Environment 38 (1): 6-15, 26-35.

Gerencia de Aguas del Valle de México, 1995. Reporte Interno. No. Publicado.

Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informactica, 1990. XI Censo General de Población y Vivienda. México.

Kasperson, R. E., Kasperson, J. X., Turner B. L., Dow, K., Meyer, W. B., 1995. critical environmental regions: Concepts, distitnctions and issues. In: Regions at Risk Comparison of threatened environments. Kasperson, J. X., Kasperson, R. E. y Turne, B. L. Eds. United University press. Tokyo, Japan: 1-41.

Keswick, B. H. Wang. D. S. y Gerba C., 1982. Ground-water 20 (2): 142-149.

Mackay, D. N. y Smith, L. A., 1993. En. Regional Ground-water Quality. W. M. Alley: 323-802.

Mazari, H. M. y Mackay, D. M. 1993. Environmental Science and Techonology 27 (5): 794-802.

National Research Council, 1995. El suminintro de Agua en la Ciudad de México. AIC, A.C., ANI, A. C., National Academy Press. Washington, D. C.: 104pp.

Platt, A. C., 1996. Infecting Ourselves: How Environemental and Social Disruptions Trigger Disease. Wordwatch paper 129. Washington, D. C.: 79.

Sowdon, J. A. y Cliver, D. O., 1989. Critical Reviews in Environmental Control 19 (39): 231-249.

Turner, B. L., Kasperson, J. X., Kasperson, R. E. , Dow, K. y Meyer, W. B., 1995. Comparison and conclusions. In: Regions at Risk, Comparison of threatened environments. Kasperson, J. X., Kasperson, R. E. y Turner, B. L. Eds. United University Press. Tokyo, Japan: 519-586.

Way, J. S., Josephson, K. L., Pillai, S. D., Abbaszadegan, M., Gerba, C. P. y Pepper, Y. L., 1993 Applied and Environmental Microbiology 59) (5): 1473-1479.

Yahya, M. T., Galsomies, L., Gerba, C. P. y Bales, R. C. 1993. water Science and Technology 27 (3-4): 409-412.