



# *Análisis espacio - temporal de las enfermedades relacionadas con el agua entre 2000 y 2005 en el estado de México*

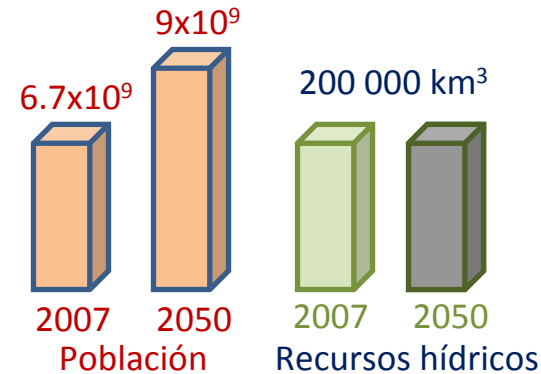
Dra. Ma. Carmen Jiménez Moleón

M. en C.A. Miguel Ángel Gómez Albores

Marzo - 2011

# Agua estrecha relación con la **salud humana**

- ❑ Incremento de la población y recursos hídricos
- ❑ Se estima que el 90% de todas las aguas residuales en los países en desarrollo se vierten sin tratar directamente a los ríos, lagos o los océanos.
- ❑ Casi 900 millones de personas no tienen acceso a agua potable segura, y se estima que 2.6 mil millones de personas carecen de acceso al saneamiento básico
- ❑ Cada año se presentan millones de defunciones por enfermedades diarreicas
- ❑ En México alrededor del 24 % de las defunciones en niños menores de 5 años son debidas a infecciones intestinales y respiratorias



Po  
bl  
ac  
i  
ó  
n

Ag  
ua

Sa  
lu  
d

# Antecedentes

---

- LeChevalier *et al.* (2003) analizaron en Estados Unidos 66 muestras de suelo y agua colectadas en un área inmediatamente adyacente a las tuberías de agua potable, de ocho sistemas de abastecimiento en seis Estados. Los resultados indicaron la presencia de contaminación fecal en prácticamente la mitad de las muestras de suelo y agua, incluso, el 56% de ellas dieron positivas para la determinación de la presencia de virus.
- McGarvey *et al.* (2008) correlacionaron positivamente la presencia de *E. coli* en el agua del grifo con la falta de una disposición adecuada de las aguas residuales. Al-Ghamdi *et al.* (2009) encontraron como la tercera causa probabilísticamente más importante en la ocurrencia de infecciones gastrointestinales, la cercanía de la casa a derrames de aguas residuales.

# Disponibilidad de información

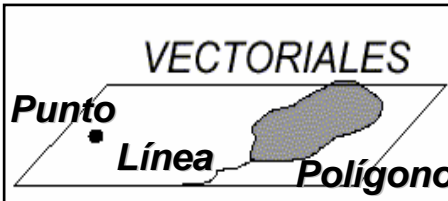
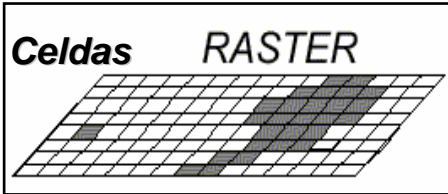
---

- **La diversidad de fuentes de información y la deficiencia de herramientas metodológicas apropiadas, hacen difícil elaborar un diagnóstico integral con datos ambientales, social y económicos.**
- **Es en este tipo de análisis, donde herramientas como los SIG's permiten integrar medidas e indicadores de diferentes fuentes y localizarlos en un espacio común para su análisis y representación.**

# Sistemas de Información Geográfica (SIG)

## Herramienta para ayuda a la toma de decisiones

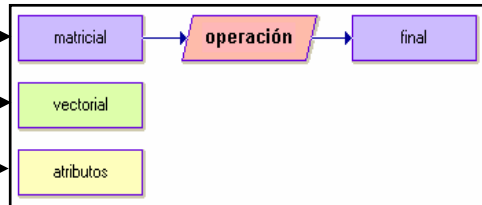
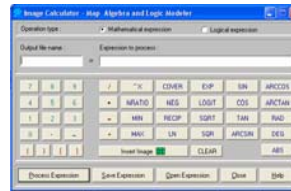
### Base de geodatos



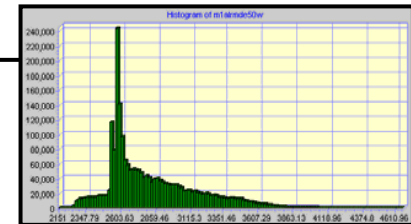
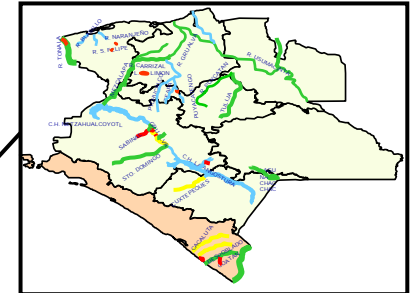
**ALFANUMÉRICOS**

| M  | A  | B    | C  | D    | E   | F    | G  | H    | I   | J |
|----|----|------|----|------|-----|------|----|------|---|---|
| 1  | 99 | 2937 | 19 | 0915 | -99 | 4936 | 19 | 1542 | Amoloya del Amoloya del Lago de estabilización                |   |
| 2  |    |      |    |      |     |      |    |      | Santa Cruz A Santa Cruz A Lago de estabilización              |   |
| 3  | 99 | 3707 | 19 | 0901 | -99 | 6186 | 19 | 1503 | Calimaya de Calimaya de Lodos activados                       |   |
| 4  | 99 | 3109 | 19 | 0704 | -99 | 6189 | 19 | 1170 | Juncosongo San Pedro Toluca Pánuco Lago de estabilización     |   |
| 5  |    |      |    |      |     |      |    |      | Motapec U.H. La pilla Anasero                                 |   |
| 6  | 99 | 3355 | 19 | 1255 | -99 | 5953 | 19 | 2153 | Mexicatzingo Mexicatzingo Lago de estabilización              |   |
| 7  | 99 | 3200 | 19 | 1005 | -99 | 5484 | 19 | 1081 | San Antonio (San Antonio (San Antonio (Lago de estabilización |   |
| 8  | 99 | 3343 | 19 | 0902 | -99 | 5619 | 19 | 1470 | Santa Maria (Santa Maria (Santa Maria (Lago de estabilización |   |
| 9  | 99 | 3007 | 19 | 0902 | -99 | 5619 | 19 | 1389 | Texcitoyac Texcitoyac Lago de estabilización                  |   |
| 10 | 99 | 2651 | 19 | 1315 | -99 | 4900 | 19 | 2200 | Tangüenteco Capulhuac-JA Capulhuac-JA Lodos activados         |   |
| 11 | 99 | 29   | 19 | 181  | -99 | 4800 | 19 | 1333 | Tangüenteco San Lorenzo San Lorenzo Lago de estabilización    |   |
| 12 | 99 | 3430 | 19 | 225  | -99 | 5772 | 19 | 3008 | Toluca Toluca Lodos activados                                 |   |
| 13 | 99 | 3205 | 19 | 2038 | -99 | 5347 | 19 | 3439 | Toluca Toluca Lodos activados                                 |   |

### Análisis y modelación espacial



### Salidas

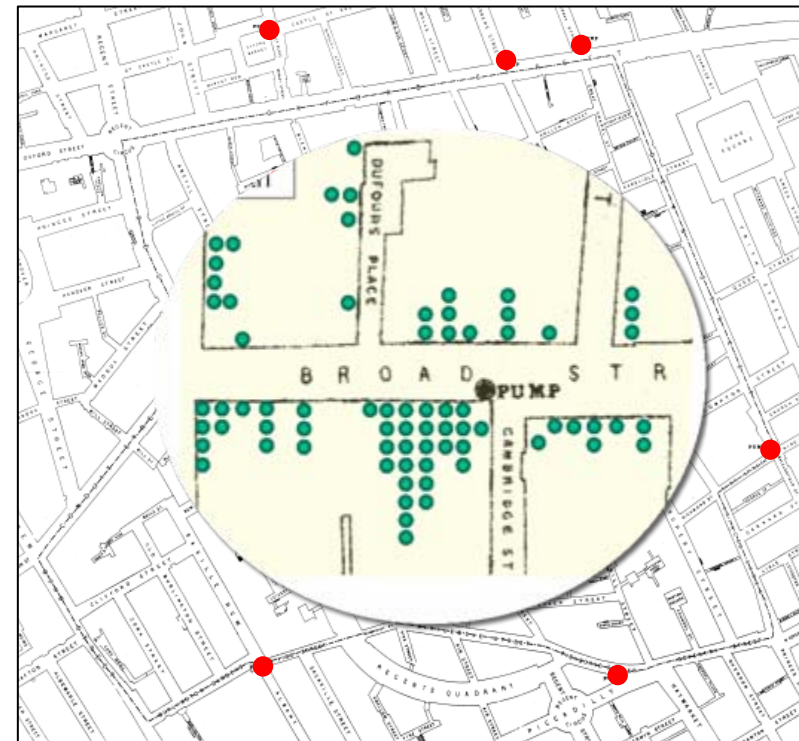


**Mapa Database Workshop**

| ID | PK | Nombre                 | Descripción | Capas | Area | Peri  | Perim | Perim | Perim |
|----|----|------------------------|-------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| 1  |    | Lago de estabilización | 26          | 6     | 2500 | 12    | 8073  | 8171  | 0     |
| 2  |    | Lodos activados        | 26          | 6     | 2500 | 12    | 6588  | 8171  | 385   |
| 3  |    | Lago de estabilización | 26          | 6     | 2500 | 12    | 1926  | 3643  | 5212  |
| 4  |    | Lago de estabilización | 26          | 6     | 2500 | 12    | 4903  | 11025 | 701   |
| 5  |    | Arroyo                 | 3           | 3     | 2794 | 20175 | 19820 |       |       |
| 6  |    | Lago de estabilización | 26          | 6     | 2500 | 12    | 6254  | 5655  | 0     |
| 7  |    | Lago de estabilización | 26          | 6     | 2500 | 12    | 10231 | 10002 | 0     |
| 8  |    | Lago de estabilización | 26          | 6     | 2500 | 12    | 7111  | 8259  | 0     |
| 9  |    | Lago de estabilización | 26          | 6     | 2500 | 12    | 3887  | 4121  | 0     |
| 10 |    | Lodos activados        | 26          | 6     | 2500 | 12    | 3593  | 6038  | 0     |
| 11 |    | Lago de estabilización | 26          | 6     | 2500 | 12    | 1797  | 6038  | 5691  |
| 12 |    | Lodos activados        | 26          | 6     | 2500 | 12    | 40283 | 37072 | 22644 |
| 13 |    | Lodos activados        | 26          | 6     | 2500 | 12    | 26341 | 10762 | 40236 |

# Salud, variable en el espacio y tiempo

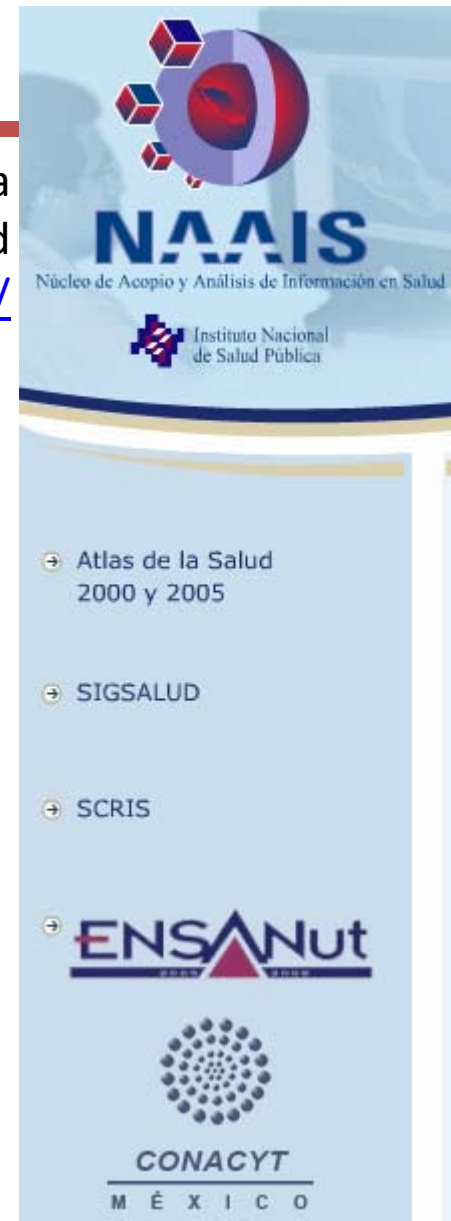
- ❑ Los últimos 160 años aproximadamente los profesionales de la salud se han dado cuenta que estas variables se pueden analizar utilizando mapas
- ❑ Desde 1840 se tienen registros de la utilización de mapas
- ❑ En 1854, en Londres Inglaterra, John Snow evaluó el comportamiento espacial de 616 casos de cólera, descubriendo que casi todas las muertes se habían producido dentro de una distancia corta de una de las bombas de agua
- ❑ A partir de ahí los mapas se han utilizado para identificar asociaciones entre la exposición y la enfermedad y determinar la relación causa y efecto.



# Sistemas de salud para análisis espacial

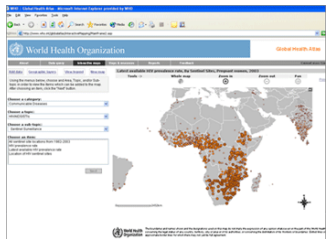
Instituto Nacional de Salud Pública  
Núcleo de Acopio y Análisis de Información en Salud

<http://sigsalud.insp.mx/naais/>



Organización Mundial de la Salud (OMS)  
HealthMapper, Global Health Atlas

[http://www.who.int/health\\_mapping/](http://www.who.int/health_mapping/)



Organización Panamericana de la Salud (OPS)  
SIG Epi

<http://ais.paho.org/sigepi/>

Centers for Disease Control and Prevention (CDC)  
Epi Info (Epi Map)

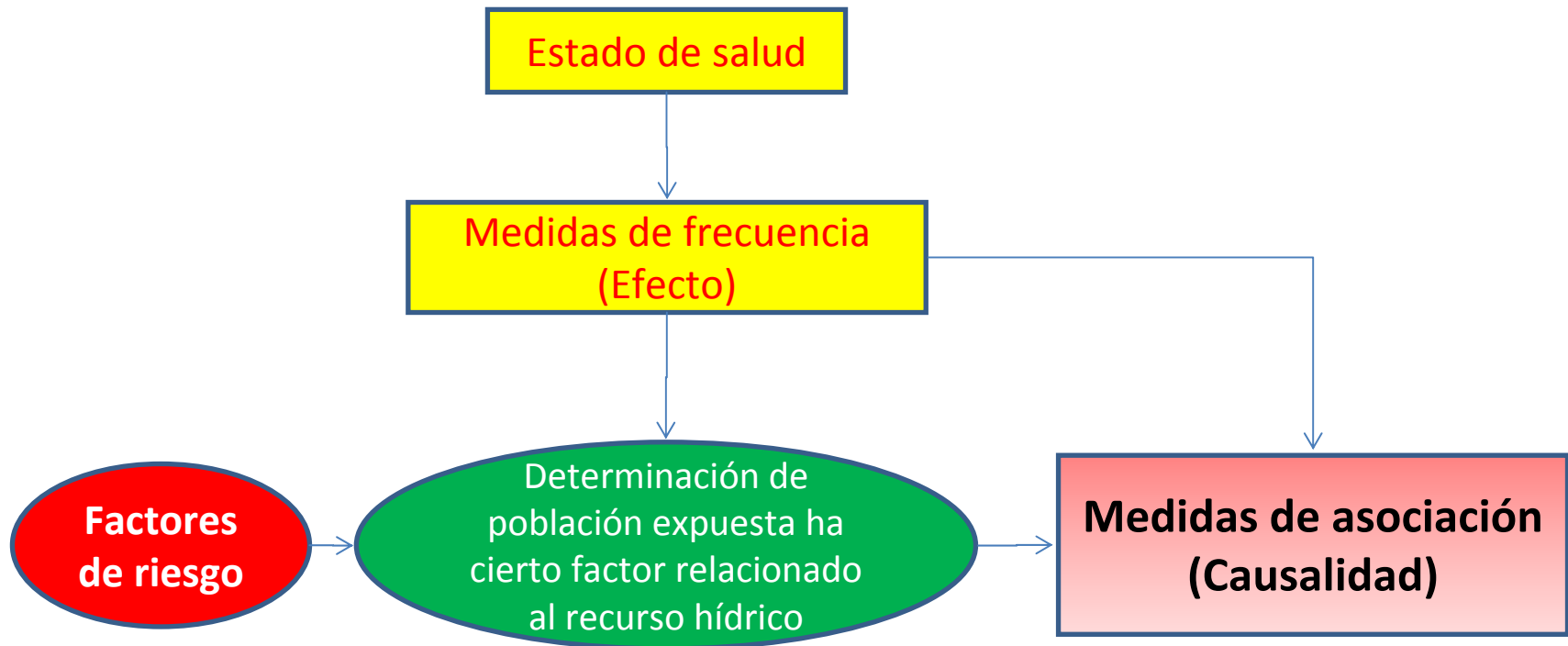
<http://www.cdc.gov/epiinfo/>



# Modelar la relación conceptual Causa - efecto

¿Cuál es la frecuencia de las enfermedades?

¿Los efectos en la salud se encuentran determinadas por factores ambientales o sociales?



# Medidas de frecuencia

El paso inicial de toda investigación epidemiológica es medir la frecuencia (relativa) de los eventos de salud con el fin de hacer comparaciones entre distintas poblaciones o en la misma población a través del tiempo.

Medidas de Mortalidad

Medidas de Morbilidad

- ✓ *Incidencia instantánea*: Se refiere a la rapidez necesaria para observar un cambio, que suelen referirse a cierta unidad de tiempo, "**periodo-persona**" (con frecuencia, años-persona).
- ✓ *Incidencia acumulada*: representa la probabilidad de que personas no enfermas desarrollen una enfermedad dada durante un periodo dado.

$I_c$  = Incidencia acumulada

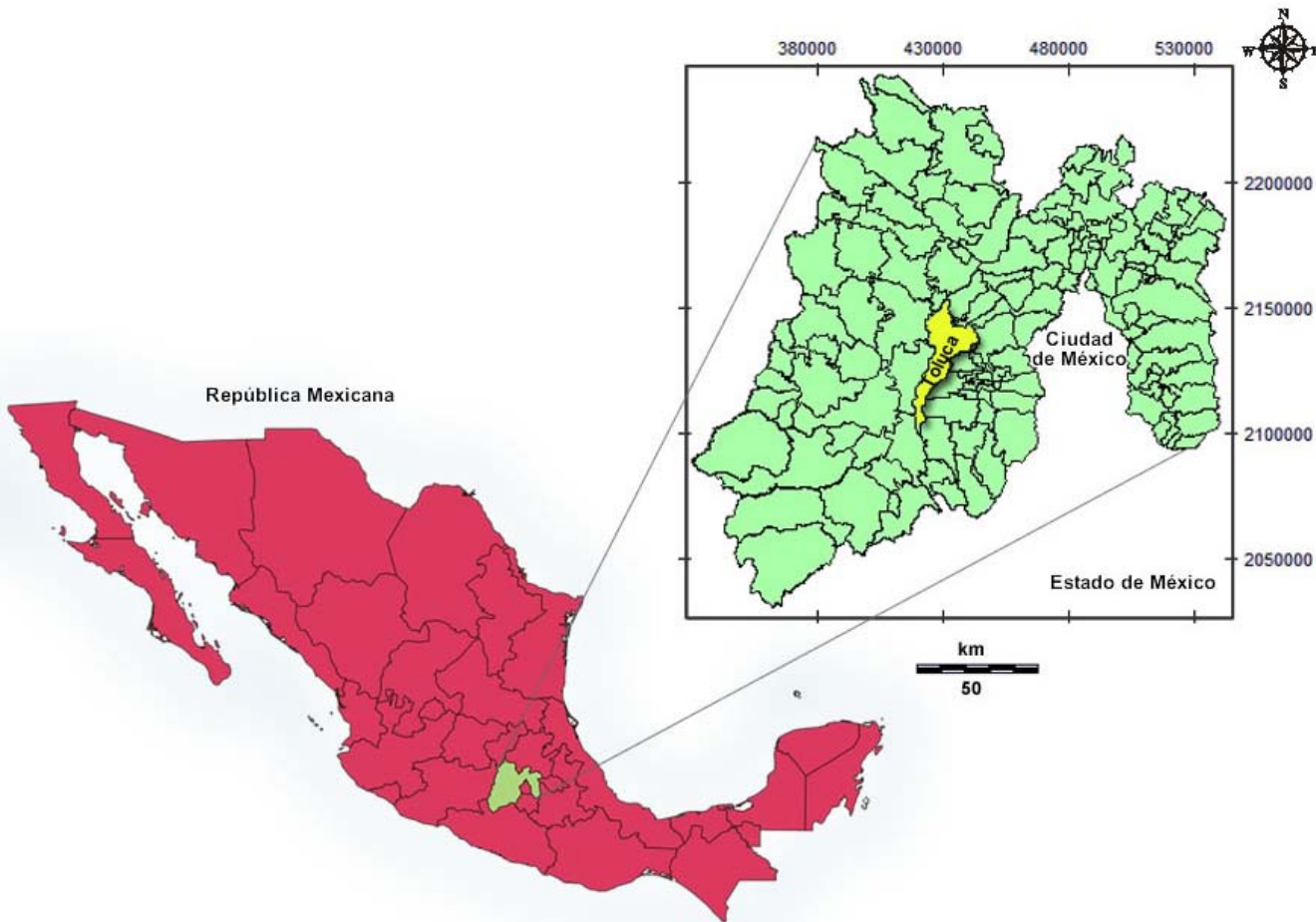
$I$  = el número de nuevos casos durante el periodo de observación

$N_0$  = Número de personas no enfermas al principio del periodo

$F$  = Factor de multiplicación (número de habitantes)

$$I_c = \frac{I}{N_0} * F$$

# Zona de estudio



**Área**  
21,000 km<sup>2</sup>

**Densidad de población**  
669 hab/km<sup>2</sup>

**Población (2005)**  
14 millones hab.

Principal proveedor de agua a la ciudad de México (66%)

**Densidad** de 5746 habitantes / km<sup>2</sup> en un **área** de 1518 km<sup>2</sup>

# Objetivo

---

Medir el nivel de asociación de la incidencia acumulada (riesgo de enfermar) para enfermedades relacionadas con el agua e indicadores de uso del agua, entre los años 2000 y 2005

# Metodología

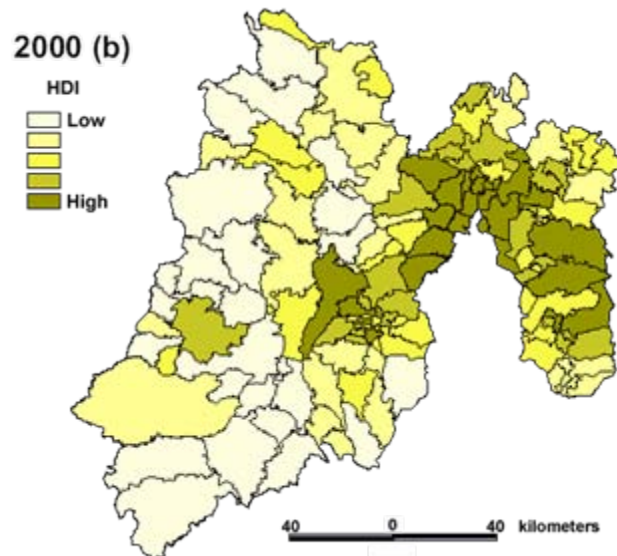
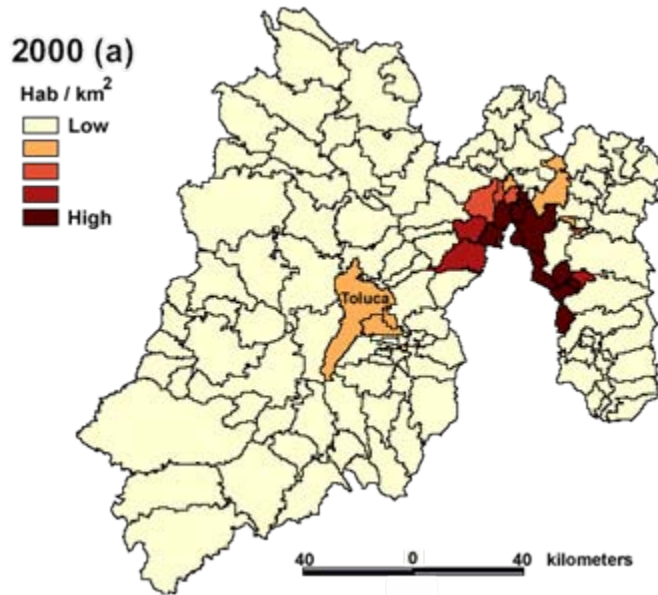
- 1) Analizar el comportamiento espacial de indicadores demográficos y de uso del agua
- 2) Estructurar la información en salud, para el grupo de enfermedades relacionadas con el agua, y de manera anual para el periodo 2000-2005
- 3) Calcular la incidencia acumulada total, y para el grupo edad de menores de 5 años
- 4) Medir el nivel de asociación entre incidencia acumulada y falta de servicios

*Nota.- Para tener una visión global de la problemática en todo el Estado, la división espacial que se considero fue la delimitación municipal*

# Metodología

- Como indicadores socioeconómicos y de uso del agua se utilizaron:
  - ✓ Densidad de población
  - ✓ IDH – Índice de Desarrollo Humano
  - ✓ Porcentaje de la población sin agua entubada
  - ✓ Porcentaje de la población sin saneamiento
- Para el grupo de enfermedades relacionadas con el agua, se seleccionaron las siguientes causas:
  - ✓ hepatitis A
  - ✓ helmintiasis (no especificada),
  - ✓ Amebiasis
  - ✓ Giardiasis
  - ✓ Salmonellas (tifoide, paratifoide y otras)
  - ✓ Shigellosis
  - ✓ Cólera
  - ✓ Infecciones intestinales no específicas

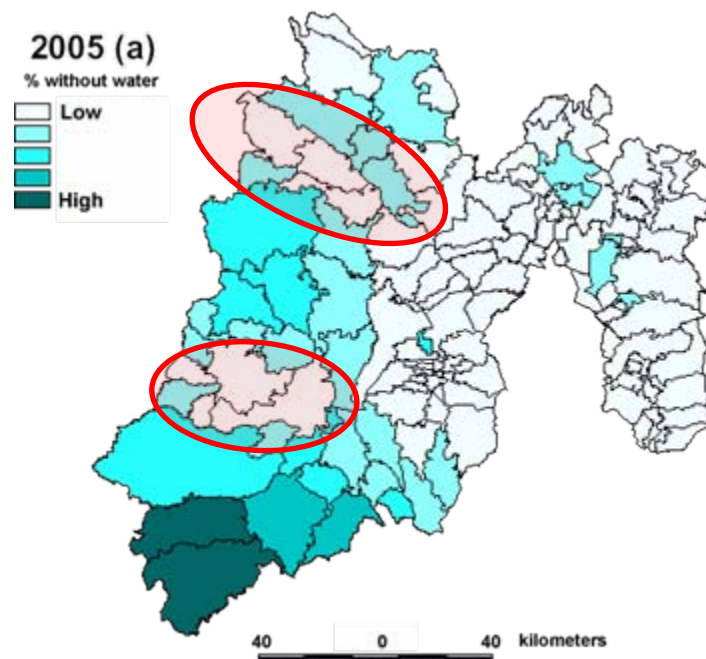
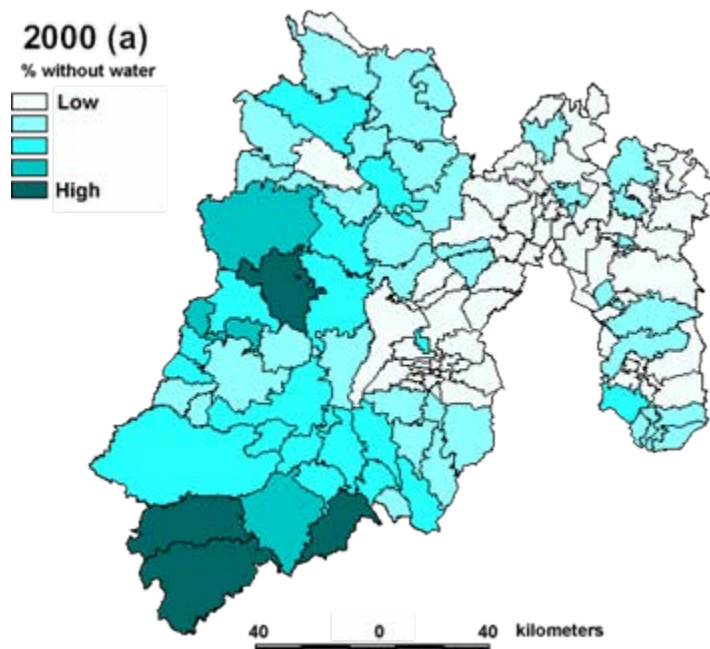
# Resultados



- El 19.38% de la población vivía en localidades con menos de 5 mil hab.
- 47.65% de las casas tienen algún nivel de hacinamiento, principal causa estadísticamente significativa encontrada para la ocurrencia de infecciones
- En el 2000, el Estado de México alcanzó un IDH de 0.789, que lo posicionó en el número 16 de toda la república mexicana

# Representación espacial de indicadores de uso del agua

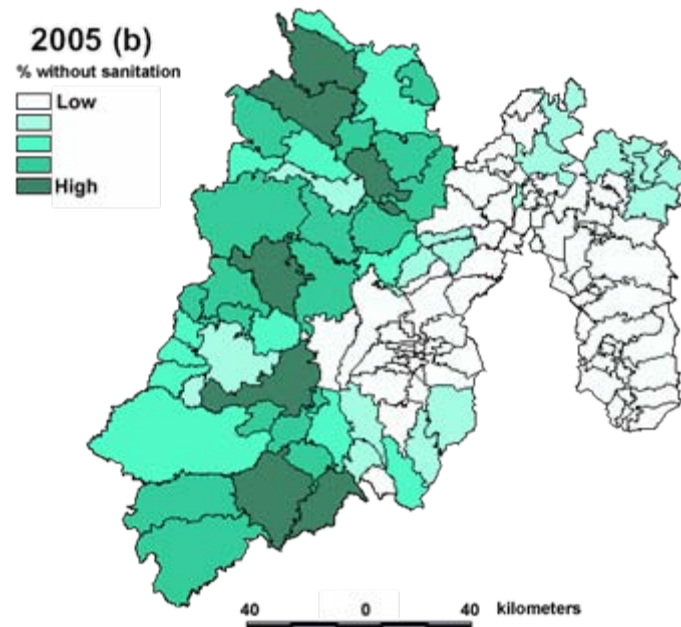
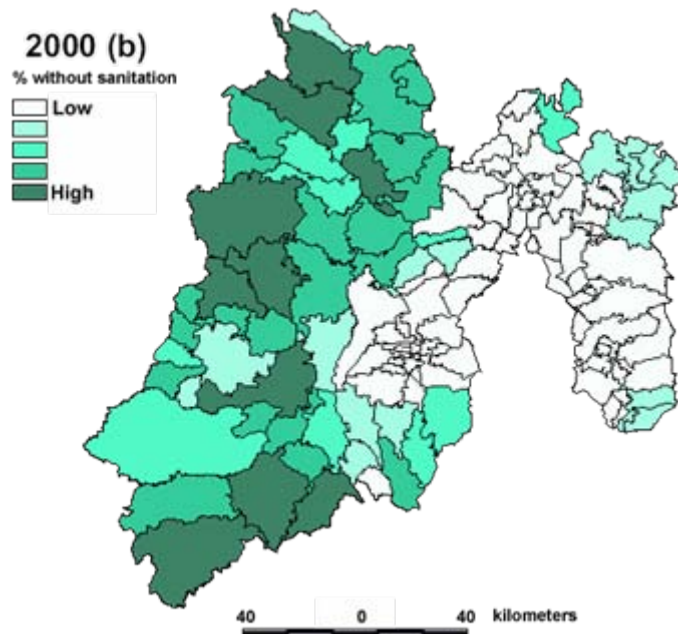
## % de la población sin agua entubada



*cobertura por agua entubada en el estado ha aumentado significativamente*

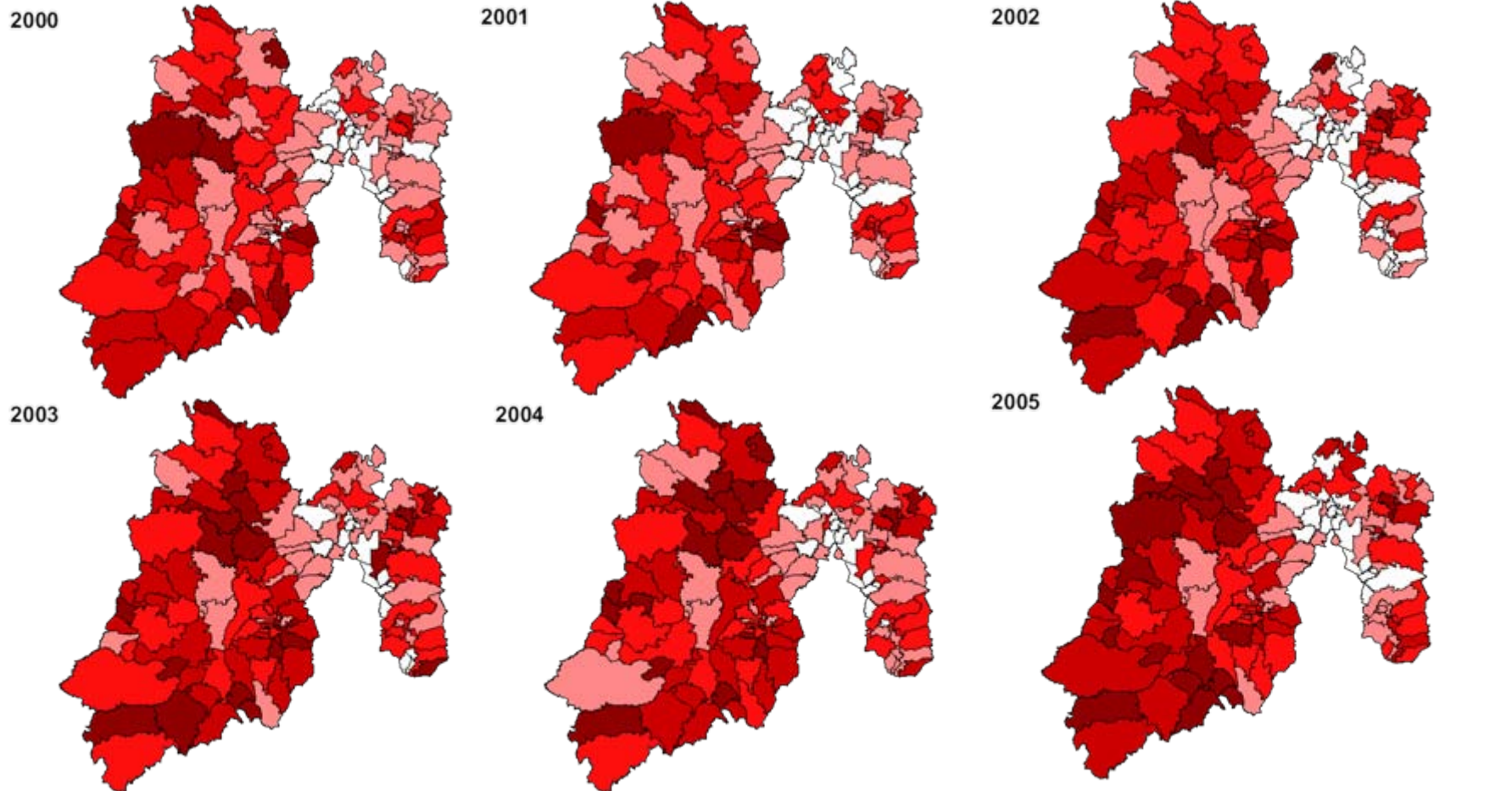
# Representación espacial de indicadores de uso del agua

## % de la población sin saneamiento



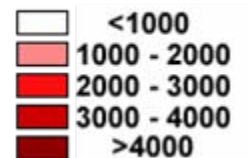
*Este indicador ha presentado muy poca mejoría durante el periodo 2000 - 2005*

# Incidencia acumulada en niños menores de 5 años



*La evolución espacio-temporal de la incidencia acumulada no presenta un patrón claro como el que se evidenció con los datos de agua y socioeconómicos; sin embargo, aún se puede ver que el área rural es la que se ve más afectada.*

Cases per 10 000 hab



# Consideraciones en la transmisión de enfermedades relacionadas con el agua

---

- Las infecciones intestinales no específicas o mal definidas, están principalmente relacionados con virus.
- La mayoría de los virus no se ven afectados por los métodos de tratamiento convencional de aguas residuales.
- La transmisión de infecciones por protozoos (con un alto porcentaje de casos en el Estado de México) se produce por ingestión de agua contaminada con el quiste, una estructura de protección, que es muy resistente a la cloración, siendo la filtración, la única contramedida efectiva.

## Nivel de Asociación ( coeficiente de determinación $r^2$ )

|                      | Morbilidad (casos por 10,000 habitantes) |        |                |        |
|----------------------|--|--------|----------------|--------|
|                      | Población total                          |        | Niños < 5 años |        |
|                      | 2000                                     | 2005   | 2000           | 2005   |
| % sin agua entubada  | 0.5450                                   | 0.3870 | 0.5813         | 0.4305 |
| % sin alcantarillado | 0.3968                                   | 0.4130 | 0.5250         | 0.4870 |

- El sector de la población correspondiente a los niños de menos de 5 años de edad es más vulnerable a las deficiencias de cobertura de servicios.
- La cobertura de alcantarillado entre estos dos años no mejoro sustancialmente, por lo que el coeficiente de determinación prácticamente permanece constante en ambos casos
- La falta de cobertura de la red de alcantarillado, en el 2005, es más importante para la ocurrencia de enfermedades de posible origen hídrico que la falta de agua entubada domiciliaria.

# Conclusiones

---

- Los patrones espaciales y temporales de las enfermedades hidrotransmisibles son difíciles de extraer de la información disponible, debido a algunas inexactitudes e imprecisiones en los diagnósticos y a las resoluciones espacial (por municipios) y temporal (suma anual durante un periodo de sólo 6 años) consideradas. Sin embargo, las capacidades analíticas del SIG permiten integrar y mejorar los métodos usados habitualmente en ciencias ambientales y epidemiología, mostrando que la incidencia de enfermedades de posible origen hídrico en el Estado de México no parece decrecer durante el periodo bajo estudio

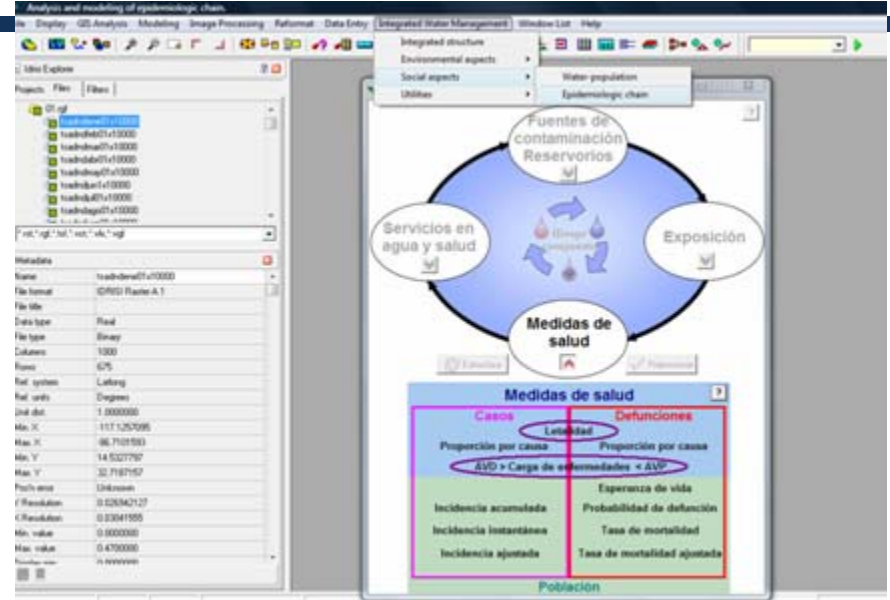
# Conclusiones

---

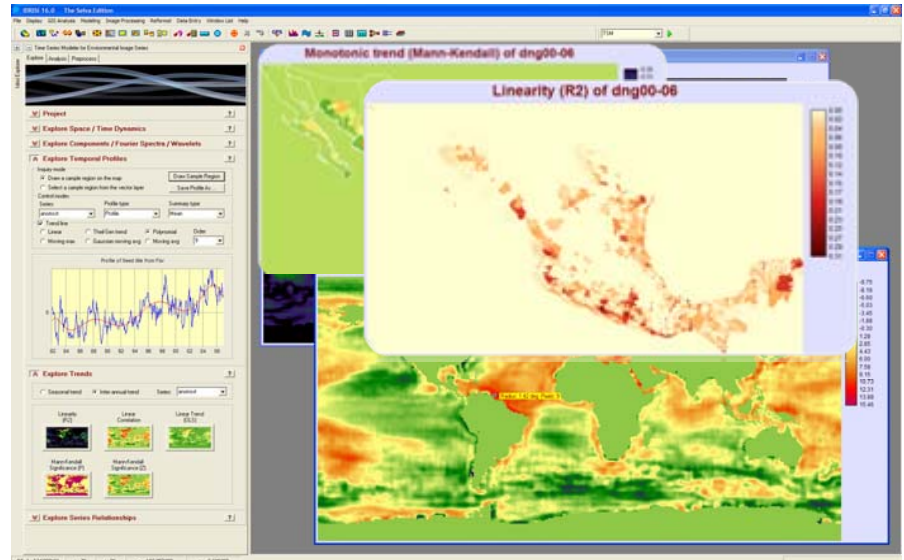
- Las infecciones intestinales, la amebiasis y la helmintiasis representan más del 95% de los casos de morbilidad de posible origen hídrico durante cada uno de los años bajo estudio. Por lo que, muchos de los microorganismos responsables de las enfermedades pueden pasar por los procesos de tratamiento (desinfección) sin verse afectados, otorgándole a menudo una calidad poco satisfactoria al agua de bebida.
- La mejora significativa en la cobertura de agua entubada domiciliaria durante el periodo de estudio hizo que la correlación entre ésta y la morbilidad de posible origen hídrico bajara de .545 a 0.387, para la población total, y de 0.5813 a 0.4305, en los infantes de menos de 5 años. Mientras que el poco avance en la cobertura del alcantarillado sanitario hizo que la correlación entre ésta y la ocurrencia de enfermedades hidrotansmisibles se mantuviera aproximadamente constante durante el periodo bajo estudio en ambos sectores de la población.

# Proyectos actuales

Desarrollos geomáticos para la modelación espacial de enfermedades a través de medidas de frecuencia y asociación.



Análisis de series de tiempo de enfermedades relacionadas al agua y su asociación con determinantes ambientales



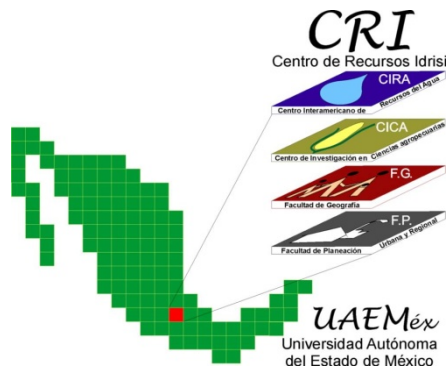
# SITIO DE REFERENCIA

## Centro Interamericano de Recursos del Agua



<http://cira.uaemex.mx>

## Centro de Recursos Idrisi



<http://idrissi.uaemex.mx>