



# **Contaminación, salud humana y ambiental en los ríos Zahuapan y Atoyac: Tlaxcala- Puebla**

**Úrsula Oswald Spring  
27 de octubre, 2017  
Tlaxcala**

# **Contenido**

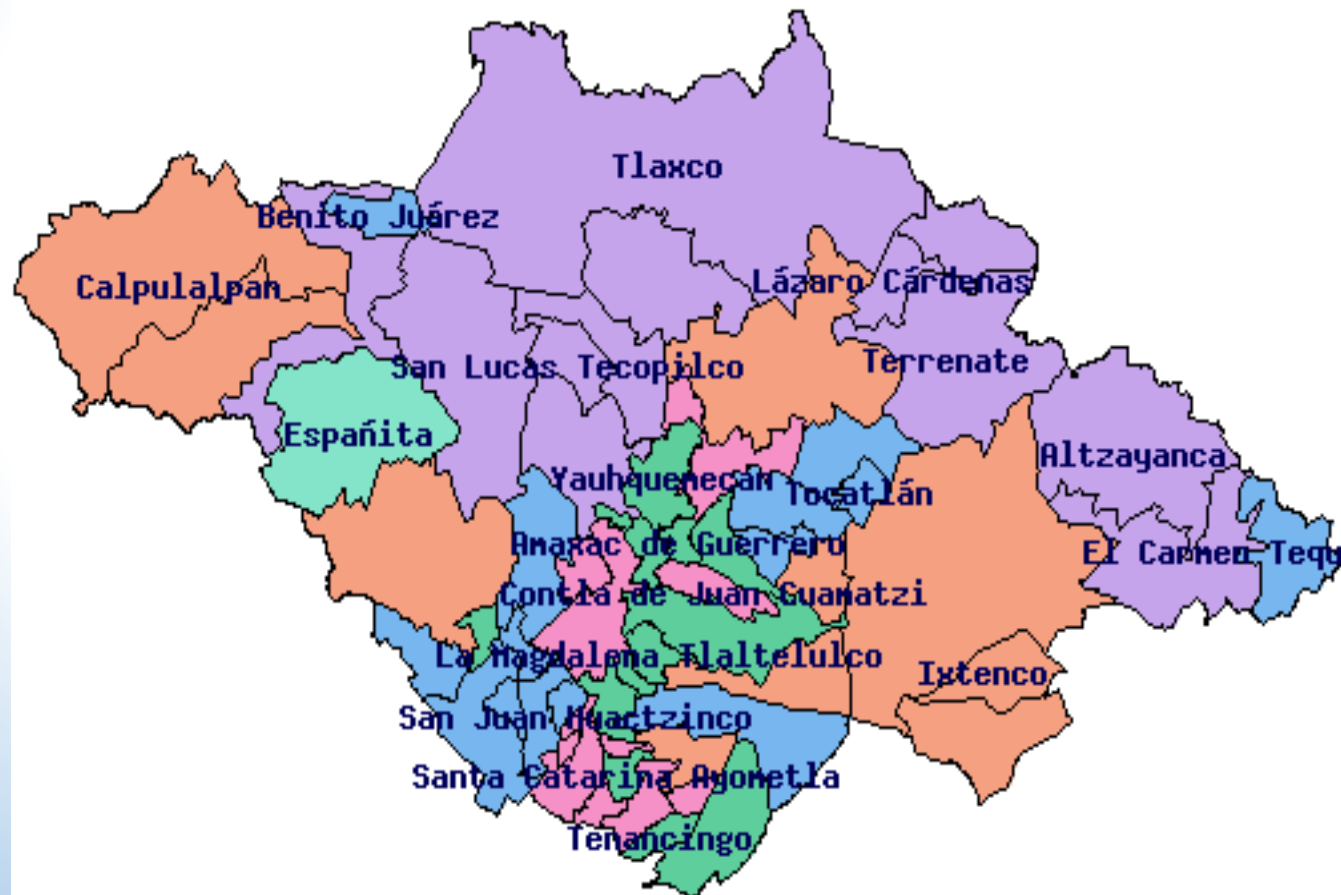
- 1. Pregunta de investigación**
- 2. Ubicación del río Zahuapan**
- 3. Principales ríos**
- 4. Interacciones socio-ambientales y políticas**
- 5. Contaminantes industriales y agropecuarios**
- 6. Contaminantes domésticos**
- 7. Contaminantes emergentes**
- 8. Remedición**



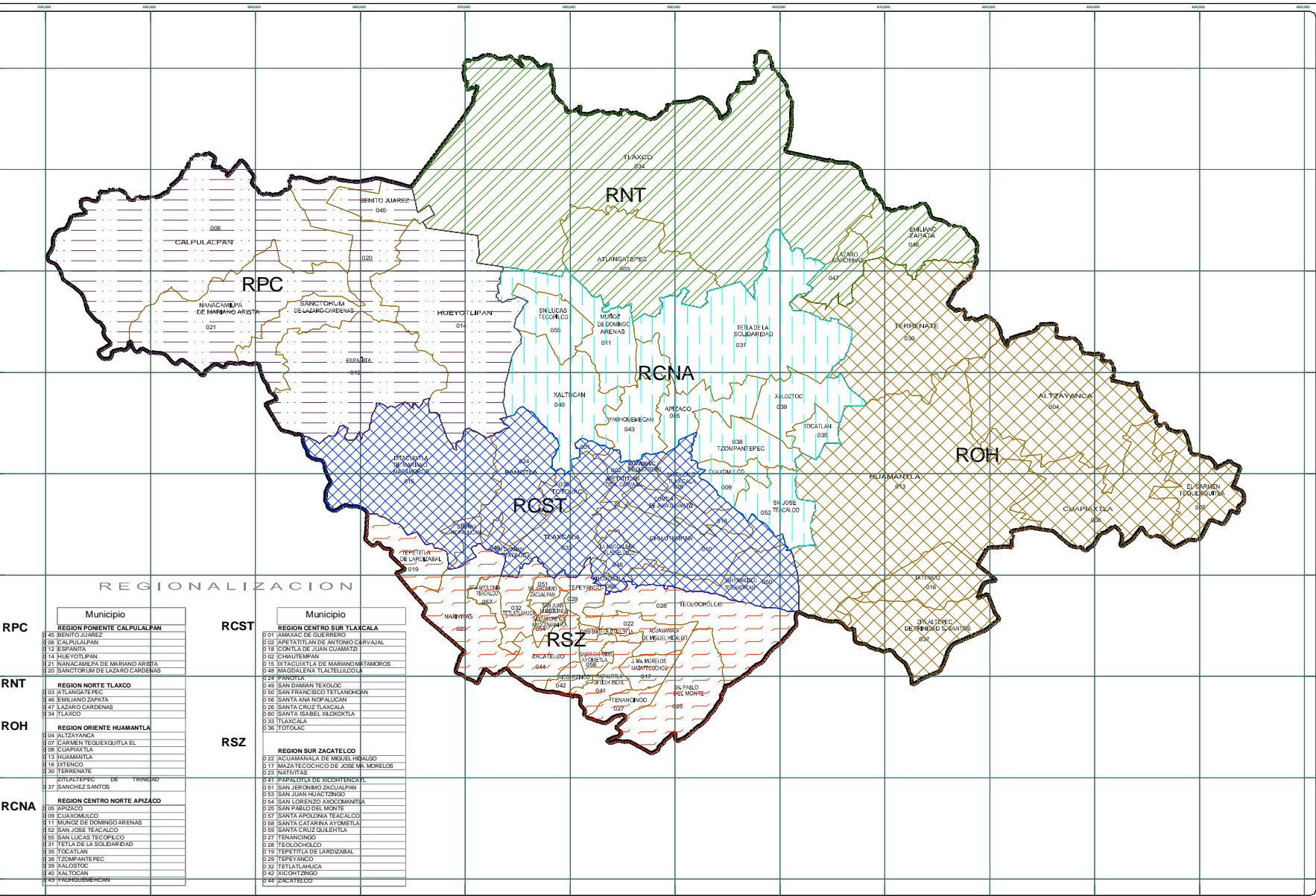
# Pregunta de investigación

- ¿Por qué la **contaminación doméstica e industrial** ha afectado la calidad del agua en el río Zahuapan y cuáles son los contaminantes que dañan a la **salud humana** y se acumulan en los lodos del lecho del río?
- ¿Cómo se pueden **remediar estos contaminantes y recuperar la salud** del río Zahuapan, del ecosistema y de las personas que viven en sus márgenes?

# Ubicación en el centro del país



# Regionalización de Tlaxcala



GOBIERNO DEL ESTADO DE TLAXCALA  
1999-2000

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

MIG. ALFONSO ABRAMIAN SANCHEZ MARTÍNEZ  
GOBERNADOR DEL ESTADO DE TLAXCALA

SIMBOLOGÍA

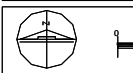
- REGIONES
- NORTE TLAXCO
  - ORIENTE HUAMANTLA
  - PONIENTE CALPULALPAN
  - CENTRO NORTE APIZACO
  - CENTRO SUR TLAXCALA
  - SUR ZACATELCO

TOTAL

SIMBOLOGÍA

- LIMITE REGIONAL
- LIMITE MUNICIPAL
- LIMITE INTERMUNICIPAL
- EXTENSO

PLANO: REGIONALIZACIÓN



CONAPO, SEDESOL

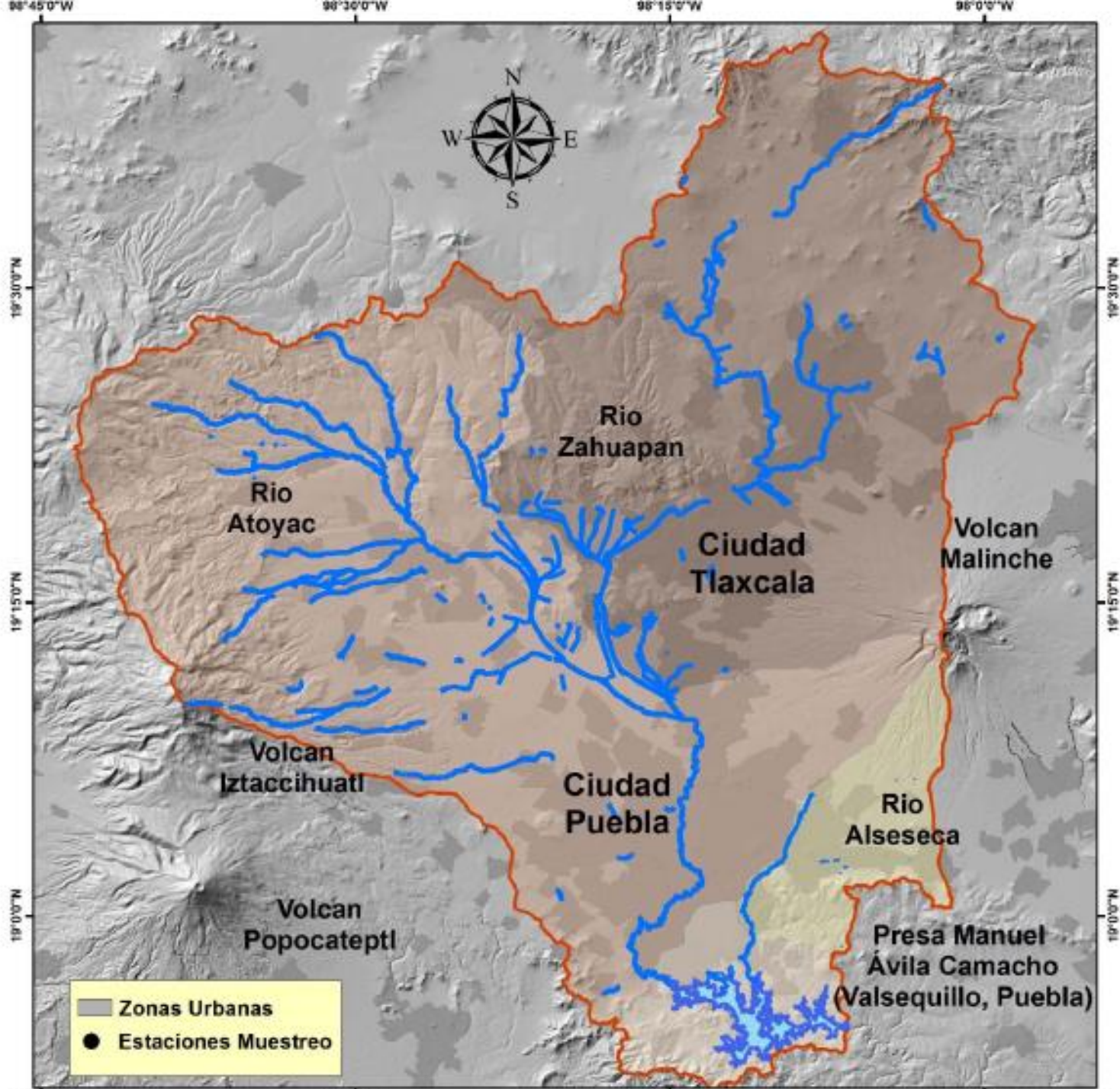


Municipio	Región
<b>RPC</b>	
REGION PONIENTE CALPULALPAN	
045 BENITO JUAREZ	RPC
006 CALPULALPAN	RPC
12 ESPANITA	RPC
14 HUEYTLALPAN	RPC
21 MANCAMELA DE MARIANO ARISTA	RPC
20 SANCTORUM DE LAZARO CARDENAS	RPC
<b>RNT</b>	
REGION NORTE TLAXCO	
03 ATLANGATEPEC	RNT
46 EMILIANO ZAPATA	RNT
47 LAZARO CARDENAS	RNT
34 TLAXIACO	RNT
<b>ROH</b>	
REGION ORIENTE HUAMANTLA	
04 ALTZAYANCA	ROH
07 CARMEN TEGUEXQUITLA EL	ROH
08 CUAPAXTLA	ROH
13 HUAMANTLA	ROH
16 INTENDIO	ROH
20 TERRENATE	ROH
27 XALTAPAN DE TRINIDAD	ROH
37 SANCHEZ SANTOS	ROH
<b>RCNA</b>	
REGION CENTRO NORTE APIZACO	
09 CUAXOMULCO	RCNA
11 MUNICIPIO DE DOMINGO ARENAS	RCNA
52 SAN JOSE TEACALCO	RCNA
55 SAN LUCAS TECOPILCO	RCNA
31 TETLA DE LA SOLIDARIDAD	RCNA
35 TOCATLAN	RCNA
39 ZOMPANTEPEC	RCNA
39 XALOSTOC	RCNA
40 XALTAPAN	RCNA
42 XICHOTZINGO	RCNA

Municipio	Región
<b>RCST</b>	
REGION CENTRO SUR TLAXCALA	
01 AMAXAC DE GUERRERO	RCST
02 APISYTLAN DE ANTONIO QUAYAL	RCST
18 CONTLA DE JUAN CUAMATZI	RCST
02 CHAMUESEMÁN	RCST
15 IXTACUILTLA DE MARIANO TAMAYOS	RCST
48 MAGDALENA TLATELULZOLLA	RCST
24 PANOTLA	RCST
49 SAN DAMIAN TEXCOCO	RCST
50 SAN FRANCISCO TETLANHONEN	RCST
56 SANTA ANA NOPALUCAN	RCST
26 SANTA CRUZ TLAXCALA	RCST
60 SANTA ISABEL XICOMOTLA	RCST
53 TLAXCALA	RCST
36 TOTOLAC	RCST
<b>RSZ</b>	
REGION SUR ZACATELCO	
022 ACUAMANALA DE MIGUEL HIDALGO	RSZ
017 MAZATECOCHCO DE JOSE MA. MORELOS	RSZ
023 NATIVITAS	RSZ
021 PAPALOTLA DE XICHOTZINGO	RSZ
01 SAN BENITO ZACUALPAN	RSZ
013 SAN JUAN HUACZINGO	RSZ
04 SAN LORENZO AYOACOMANITLA	RSZ
26 SAN PABLO DEL MONTE	RSZ
07 SANTA APOLONIA TEACALCO	RSZ
08 SANTA CATALINA AYOMETLA	RSZ
09 SANTA CRUZ QUILIZUA	RSZ
29 TLANCAYAN	RSZ
27 TLANCANGUO	RSZ
29 TOLCAYAN	RSZ
19 TEPETITLAN DE LARDIZABAL	RSZ
29 TEPETLANCO	RSZ
32 TETLATLANCHA	RSZ
42 XICHOTZINGO	RSZ
014 ZACATELCO	RSZ

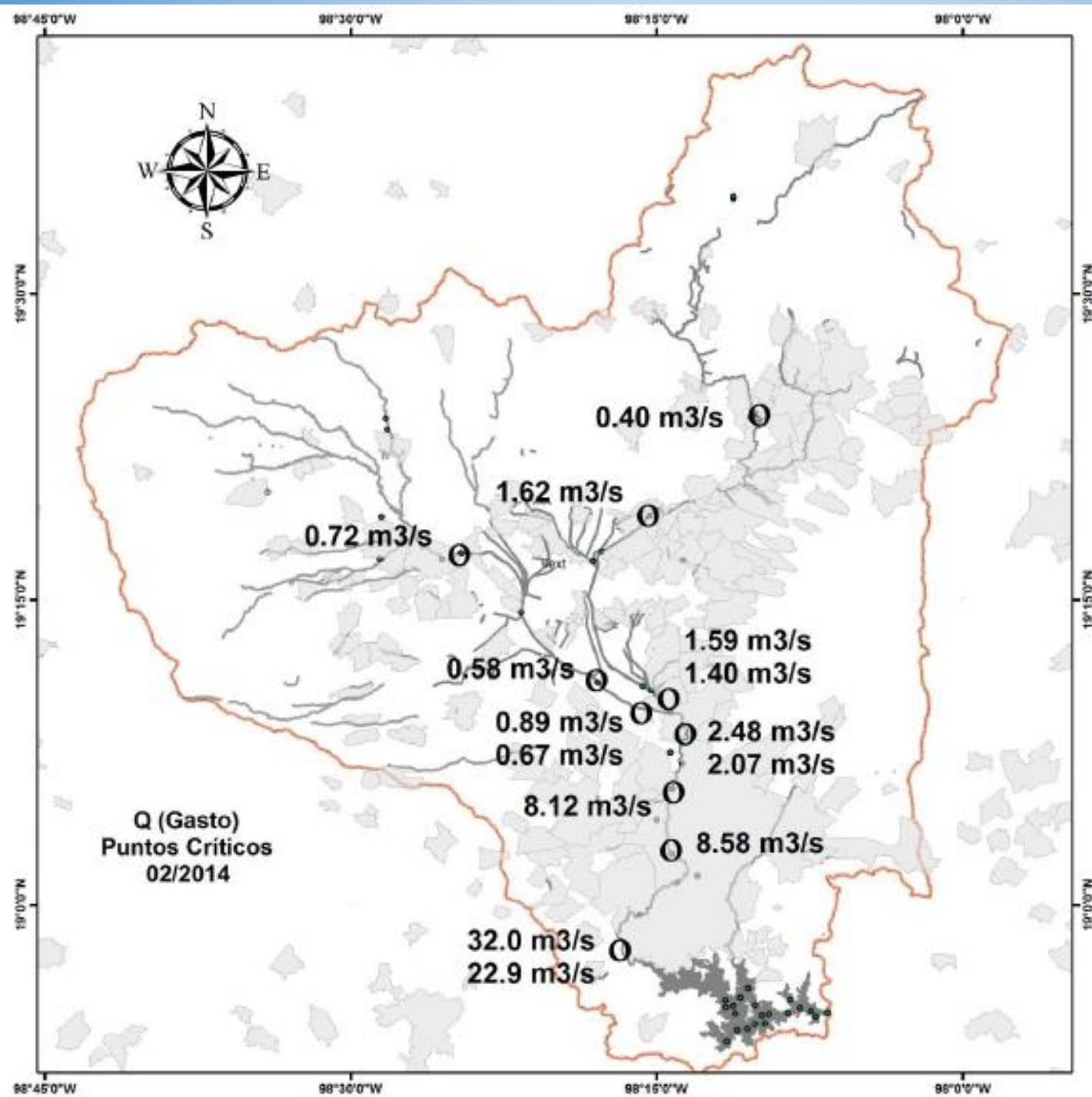


# Principales Ríos





# Flujos de agua



# Fisiografía

GOBIERNO DEL ESTADO DE TLAXCALA



1999-2005

PROGRAMA ESTATAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

VIC. ALFONSO ABRAMON SANCHEZ JANAY  
GOBERNADOR DEL ESTADO DE TLAXCALA

## SIMBOLOGIA

- SIERRA
- PLANICIE CON SUBSUELO ROCOSO
- VASO LACUSTRE CON SAUTIRE
- VALLE CON LADERAS EMPINADAS
- SIERRAS CON LADERAS MUY EMPINADAS
- LOMERIO SUAVE
- LOMERIO DE COLINAS REDONDEADAS CON LADERAS
- LOMERIO DE COLINAS REDONDEADAS CON LLANURAS
- LOMERIO DE COLINAS REDONDEADAS CON CANADAS
- GRAN ALTIPLANO CON BARRANCAS
- MESETA ESCALONADA CON LOMERIOS
- GRAN PLANICIE CON LOMERIOS

FUENTE: WERNER, G. LOS SUELOS DEL ESTADO DE TLAXCALA, 1988

## SIMBOLOGIA BASE

- LIMITE ESTATAL
- LIMITE REGIONAL
- LIMITE MUNICIPAL
- MUNICIPIOS

- RIO, ARROYO
- CUERPOS DE AGUA
- CURVAS DE NIVEL

PLANO: FISIOGRAFIA

QUIC DSN-

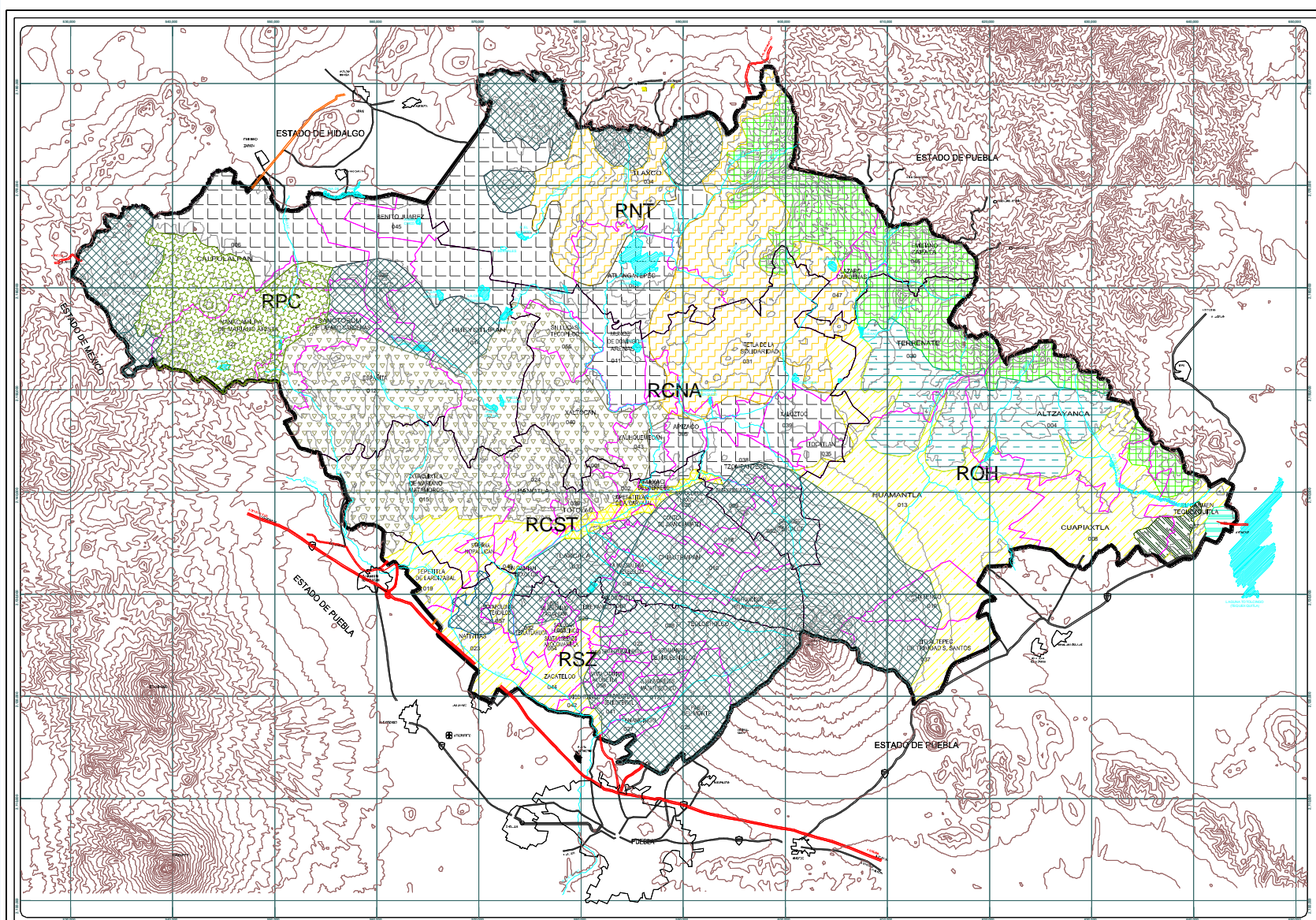


ESC. 1:100,000  
0 2500 5000 10000  
metros  
ESCALA GRAFICA

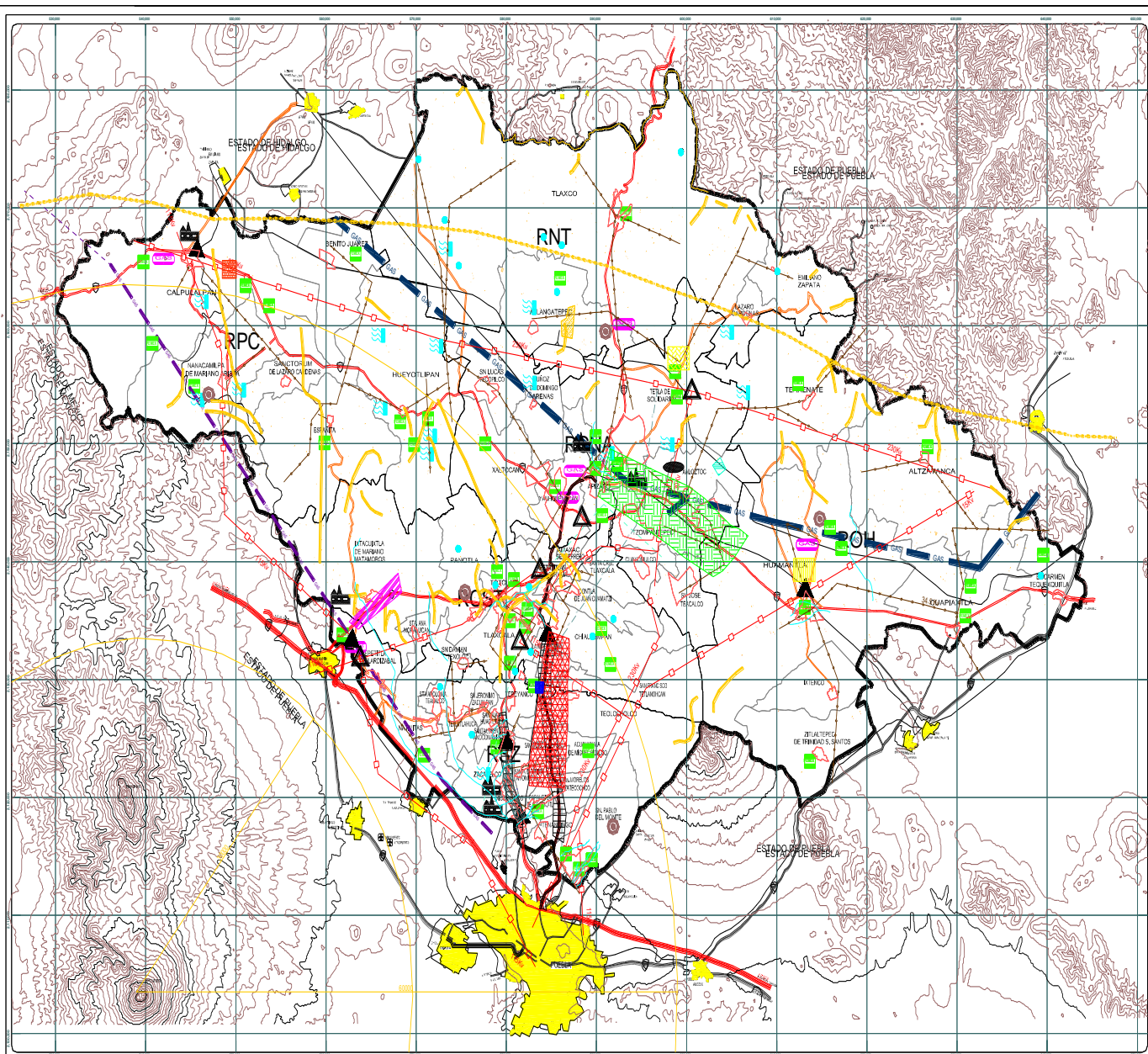
CONAPO, SEDESOL, INEGI, SEMARNAP



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS, DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA



# Riesgos y Vulnerabilidades



GOBIERNO DEL ESTADO DE TLAXCALA  
 1999-2005  
 Tlaxcala

PROGRAMA ESTATAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

MICHAELSON BERRIANI SANCHEZ  
 GOBERNADOR DEL ESTADO DE TLAXCALA

**SIMBOLOGIA**

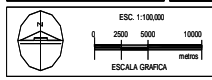
- LINEA DE ALTA TENSION
- LINEA ELECTRICA DE 345KV
- SUBESTACION ELECTRICA
- GASODUCTO 4"
- GASODUCTO 6"
- GASODUCTO 8"
- GASODUCTO 10"
- GASOLINERA
- GASERA
- INDUSTRIAS DE ALTO RIESGO
- RELENO SANITARIO
- PRESA
- FALLA O FRACTURA
- FALLA ZAPORAN-ACAMBAY-OCHOCHCAN
- CONFLICTOS VIALES Y DE FERROCARRIL
- AREA INDUSTRIAL TLANGATEPEC
- AREA INDUSTRIAL VELEZCO
- CUADRO INDUSTRIAL XICOTENCATLI
- CUADRO INDUSTRIAL XICOTENCATLI
- CORREDOR INDUSTRIAL ARAZCO - XALCOTEC - HUMANITAS
- CORREDOR INDUSTRIAL MALINCHÉ
- CORREDOR INDUSTRIAL PANZCOCLA-PANZOTLA
- PARQUE INDUSTRIAL CALPULAPAN
- PARQUE INDUSTRIAL XICOTENCA
- PARQUE INDUSTRIAL XICOTENCA

FUENTE: SECRETARIA DE DESARROLLO INDUSTRIAL (SDI)

**SIMBOLOGIA BASE**

- LIMITE ESTATAL
- LIMITE REGIONAL
- LIMITE MUNICIPAL
- MUNICIPIOS
- CARRETERAS PRINCIPALES
- CARRETERAS SECUNDARIAS
- FERROCARRIL

PLAN: RIESGOS Y VULNERABILIDAD  
 DISEÑO: DSS-5E



CONAPO, SEDESOL, INEGI, SEMARNAP



# Vialidad y Transporte

Gobierno del Estado de Tlaxcala



1999-2005

PROGRAMA ESTATAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

MdC. ALFONSO ARRIBAS SANCHEZ AYVA  
GOBERNADOR DEL ESTADO DE TLAXCALA

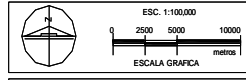
## SIMBOLOGIA

REGION	VEHICULOS DE MAYOR NUMERO DE REGISTRO			
	Camiones	Autobuses	Autos	Motocicletas
RNT	100	100	100	100
ROH	100	100	100	100
RPC	100	100	100	100
ROA	100	100	100	100
RCS	100	100	100	100
RSE	100	100	100	100

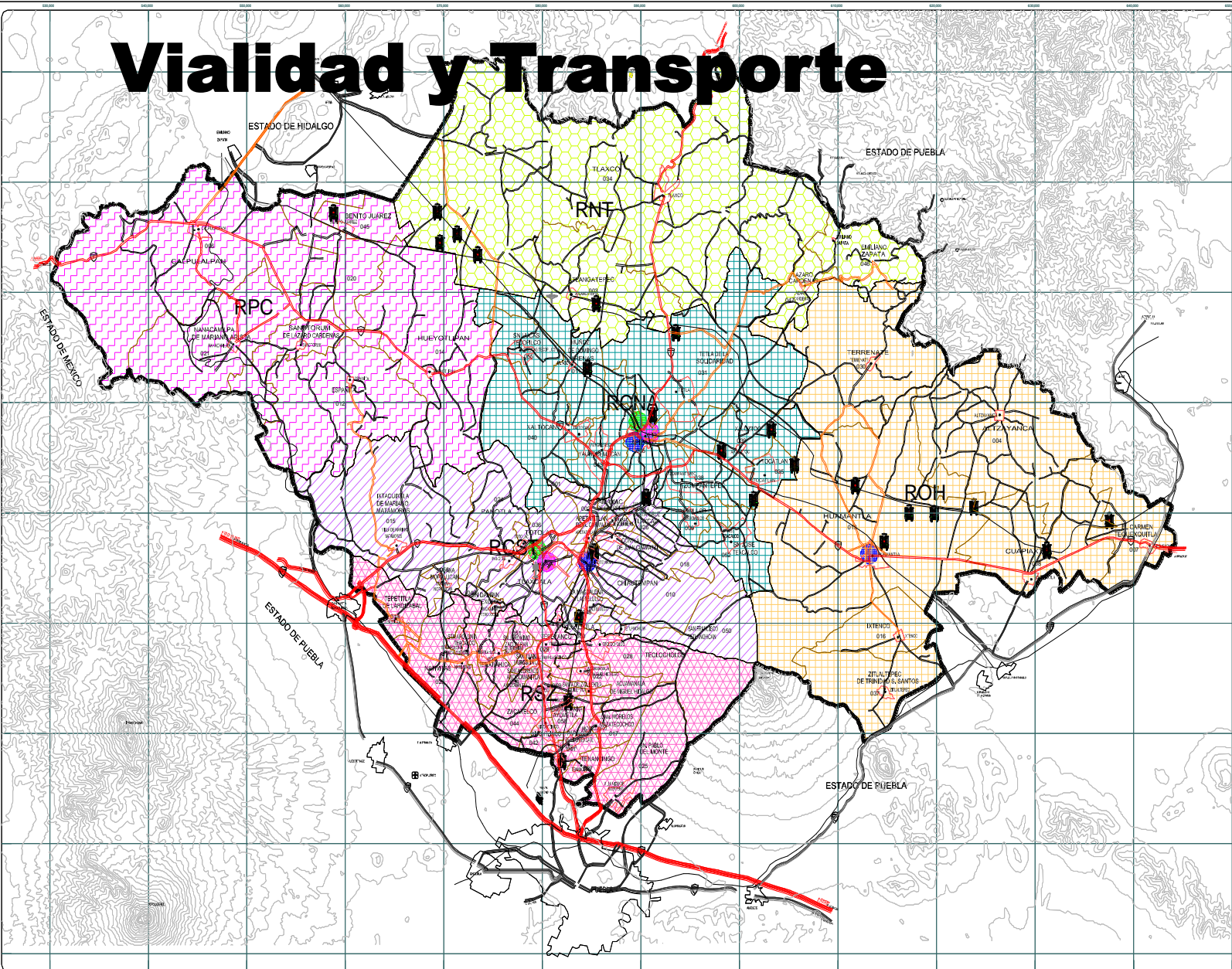
- DELEGACIONES CON MAYOR NUMERO DE VEHICULOS REGISTRADOS (TLAXCALA (15.8%) Y APIZACO (14.3%))
  - DELEGACIONES CON MAYOR NUMERO DE CAMIONES DE CARGA REGISTRADOS (HUAMANTLA 11%, APIZACO CON 13% Y HUAMANTLA CON EL 12%)
  - DELEGACIONES CON MAYOR NUMERO DE VEHICULOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS REGISTRADOS (TLAXCALA Y APIZACO SUMANDO UN TOTAL DEL 46%)
  - AEROPUERTO DE MEDANOALCANCE
  - HELIPUERTO
  - ESTACION FERROVIARIA
- REGIONES
- RNT NORTE TLAXCO
  - ROH ORIENTE HUAMANTLA
  - RPC PONIENTE CALPUHALPAN
  - ROA CENTRO NORTE APIZACO
  - RCS CENTRO SUR TLAXCALA
  - RSE SUR ZACATECO

- SIMBOLOGIA BASE**
- LIMITE ESTATAL
  - LIMITE REGIONAL
  - LIMITE MUNICIPAL
  - MUNICIPIOS
  - CABECERA MUNICIPAL
  - CARRETERAS PRINCIPALES
  - CARRETERAS SECUNDARIAS
  - FERROCARRIL

PLANO: **VIALIDAD Y TRANSPORTE** O.M.C.: **DSS-5D**



CONAPO, SEDESOL, INEGI, SEMARNAP

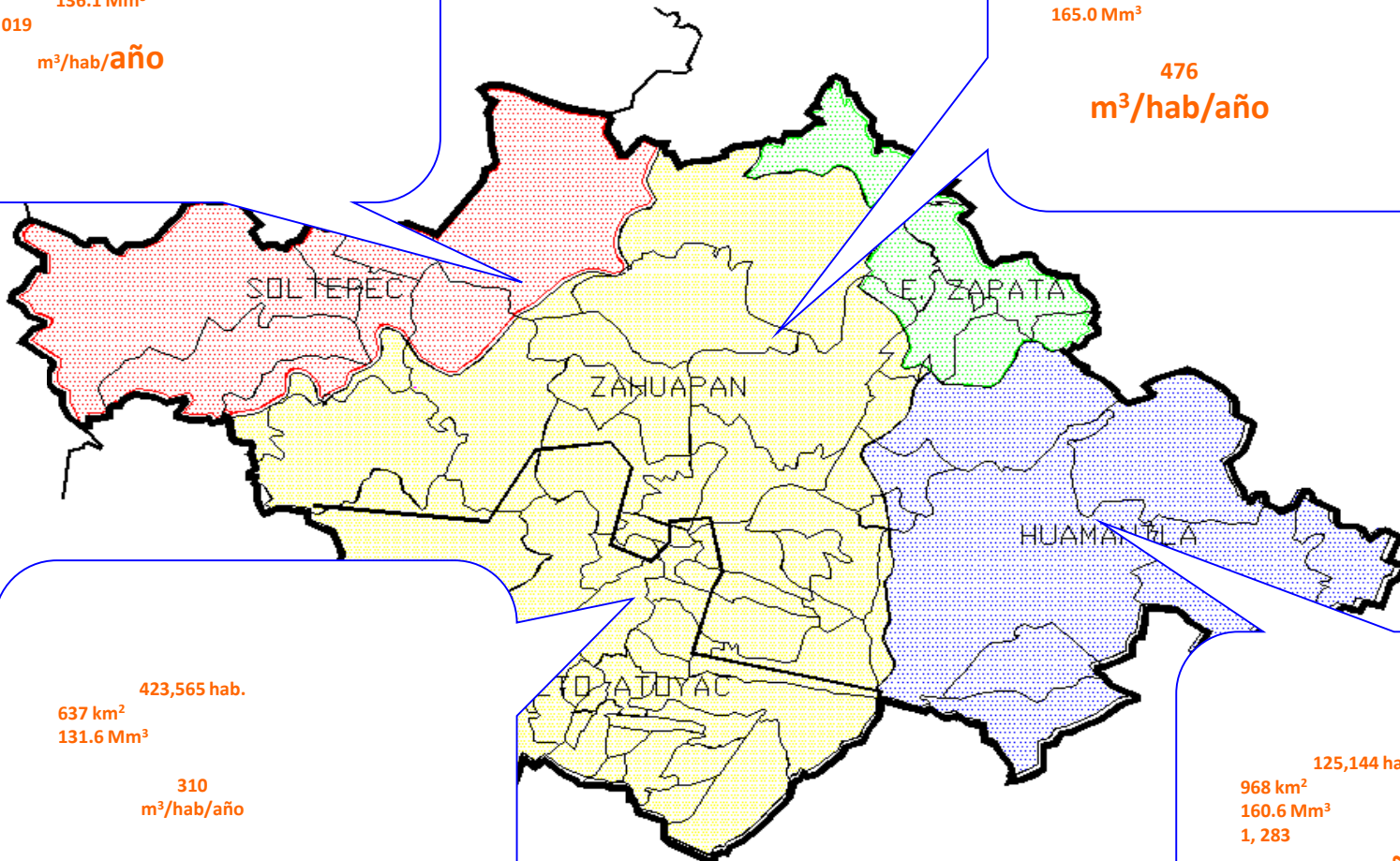


# Disponibilidad de agua en Tlaxcala por acuífero y habitante

## ACUIFEROS

65,385 hab.  
736 km<sup>2</sup>  
136.1 Mm<sup>3</sup>  
2,019  
m<sup>3</sup>/hab/año

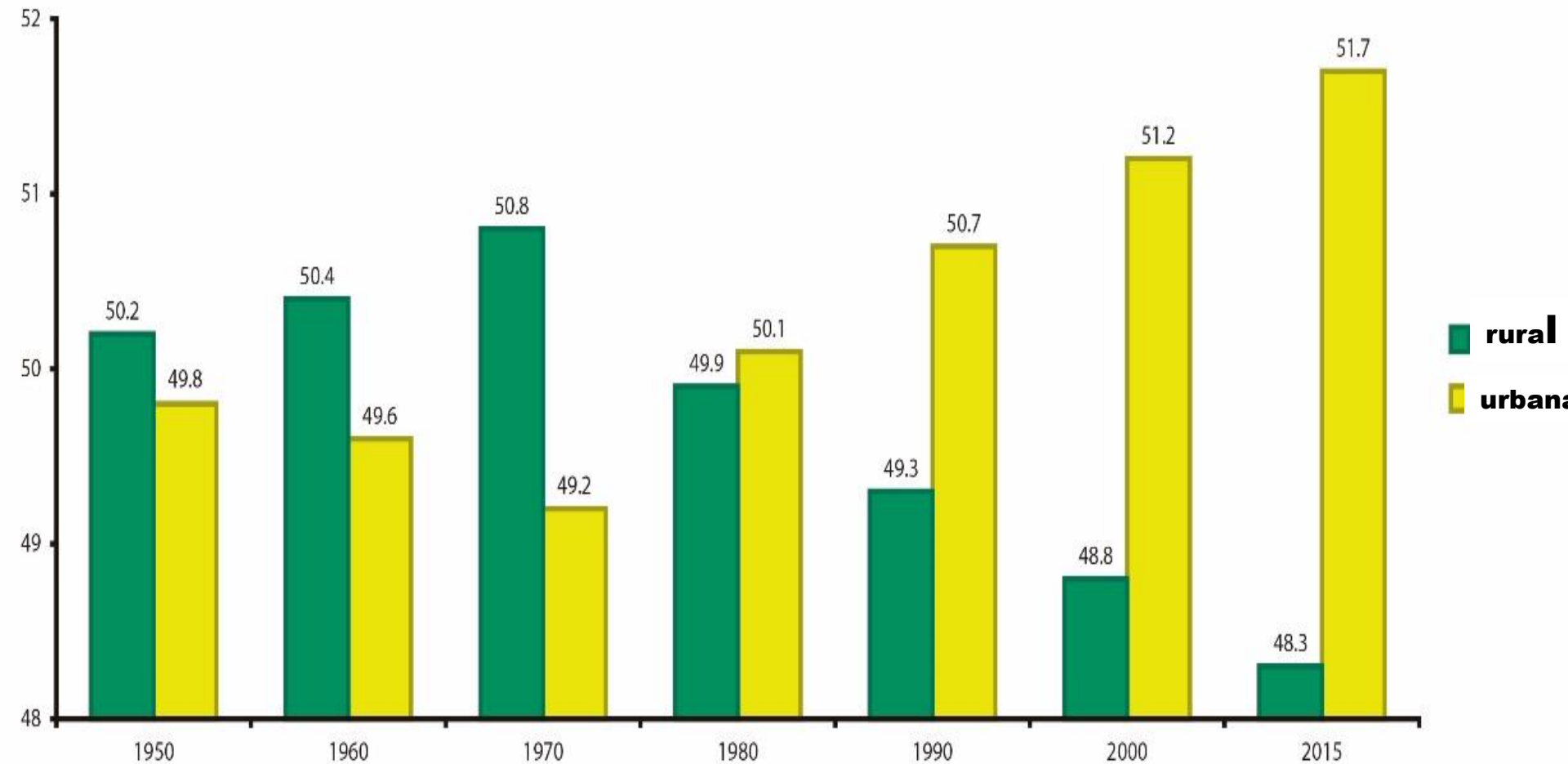
346,553 hab.  
1,573 Km<sup>2</sup>  
165.0 Mm<sup>3</sup>  
476  
m<sup>3</sup>/hab/año



423,565 hab.  
637 km<sup>2</sup>  
131.6 Mm<sup>3</sup>  
310  
m<sup>3</sup>/hab/año

125,144 hab.  
968 km<sup>2</sup>  
160.6 Mm<sup>3</sup>  
1,283  
m<sup>3</sup>/hab/año

# Población urbana y rural





# Zonas Industriales

PROGRAMA ESTATAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

MIC. ALFONSO ARRIAHU SANCHEZ AVILA  
 GOBERNADOR DEL ESTADO DE TLAXCALA

SIMBOLOGIA

CORREDORES Y CIUDADES INDUSTRIALES

- AREA INDUSTRIAL ATLANGATEPEC
- AREA INDUSTRIAL VELOZOD
- CIUDAD INDUSTRIAL XICOTENCATLI
- CIUDAD INDUSTRIAL XICOTENCATLI II
- CORREDOR INDUSTRIAL APIZACO - XALAZTOC - HUAMANTLA
- CORREDOR INDUSTRIAL MALINCHE
- CORREDOR INDUSTRIAL PANAZOCLA
- PARQUE INDUSTRIAL CALPULALPAN
- PARQUE INDUSTRIAL IXTACUXTLA
- PARQUE INDUSTRIAL XILOXTLA

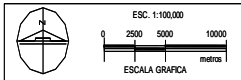
FUENTE: SECRETARIA DE DESARROLLO INDUSTRIAL (SEDI)

SIMBOLOGIA BASE

- LIMITE ESTATAL
- LIMITE MUNICIPAL
- CABECERA MUNICIPAL
- CARRETERAS PRINCIPALES
- CARRETERAS SECUNDARIAS

PLANO: UBICACION DE LAS ZONAS INDUSTRIALES

DISEÑO: DSE-1



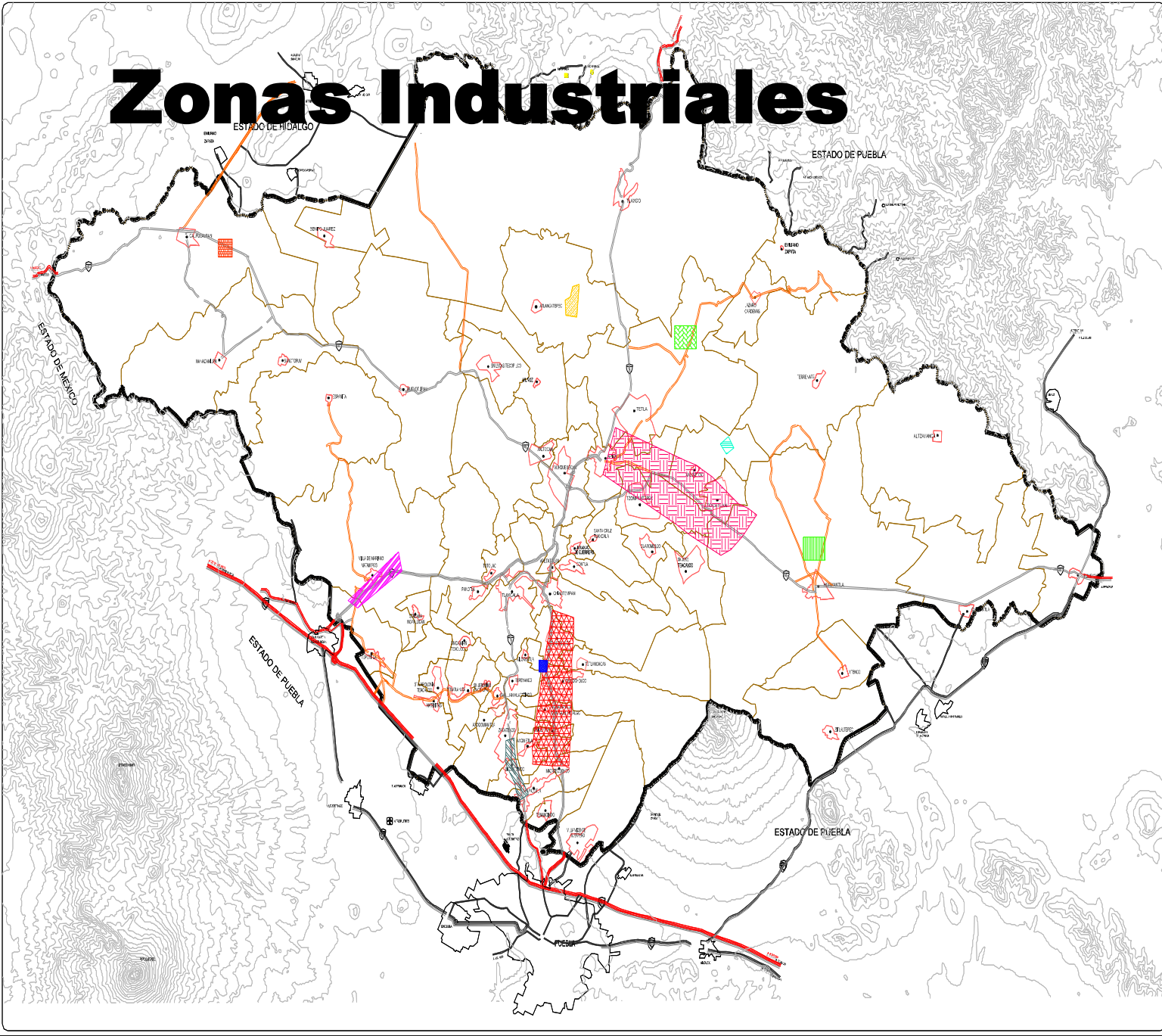
CONAPO, SEDESOL, INEGI, SEMARNAP



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Y DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA



INSTITUTO MEXICANO DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA



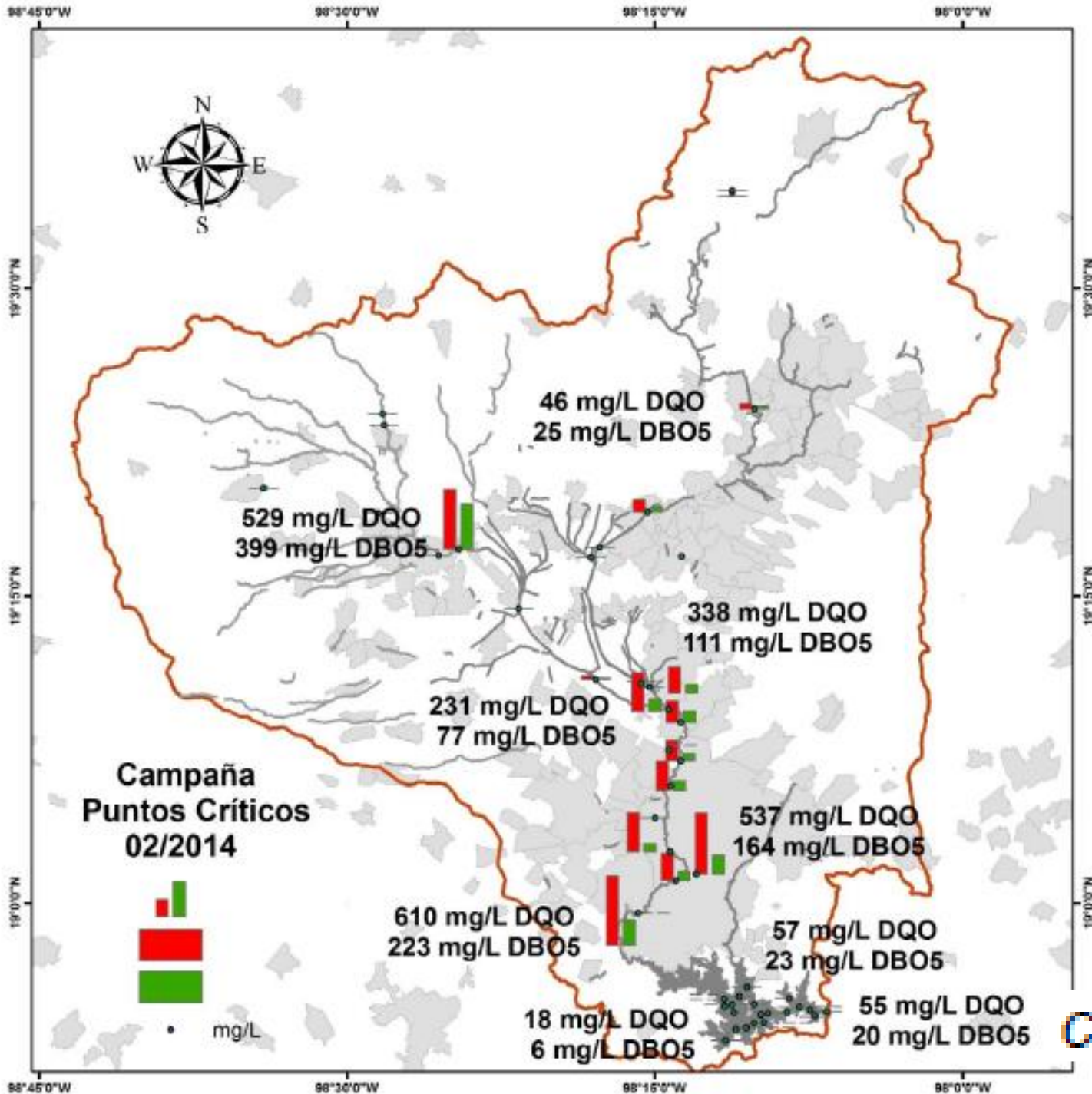




# Descargas en el Zahuapan

Tipo de descarga	Volumen de descarga (L/día)*
Público-urbano	40 613 497.0
Industrial	28 185 14.3
Pecuario	5 840.0
Servicios	92 805.7
Total	43 530 657.0

# Calidad del agua

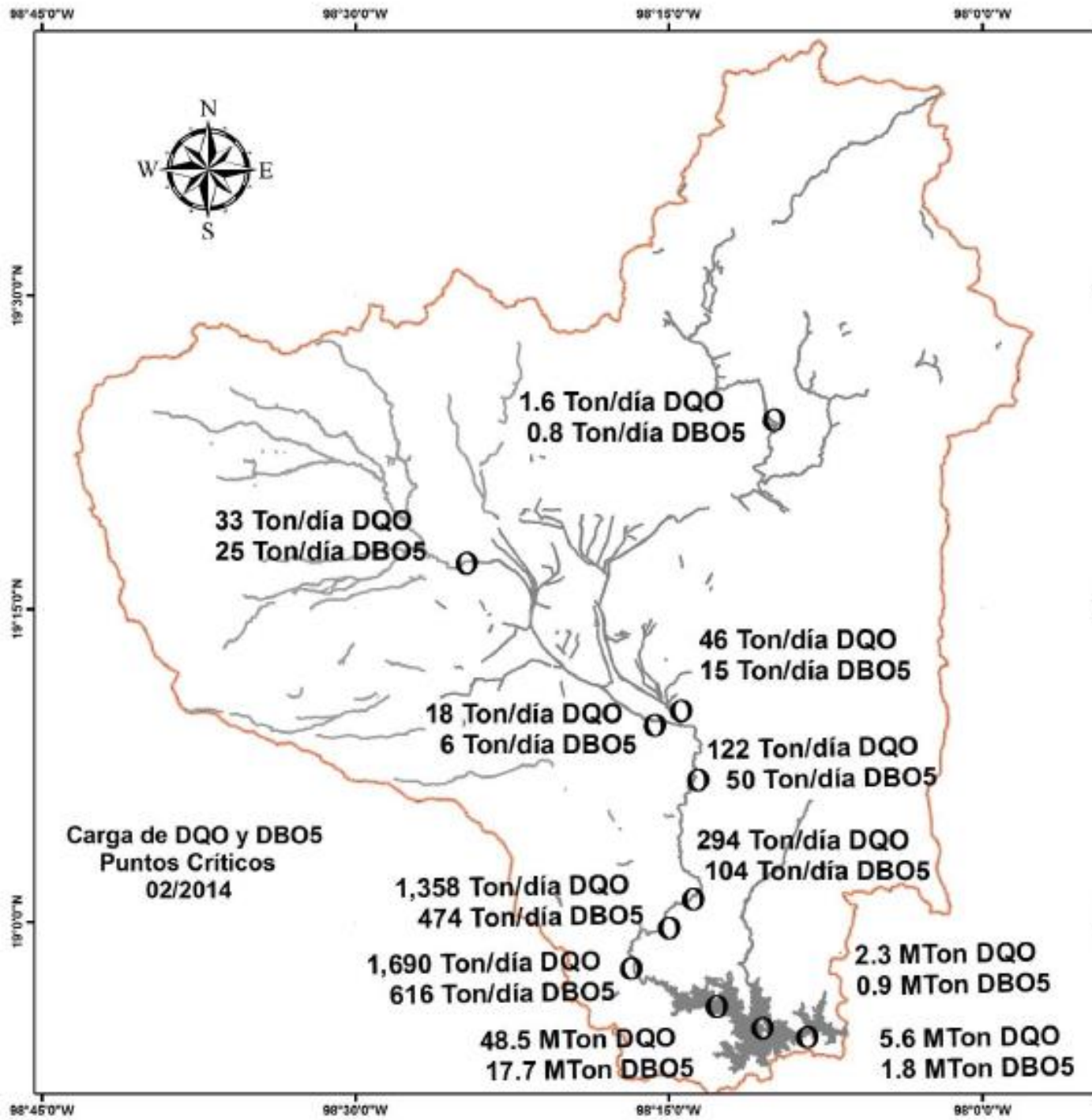


# Carga de contaminación del agua

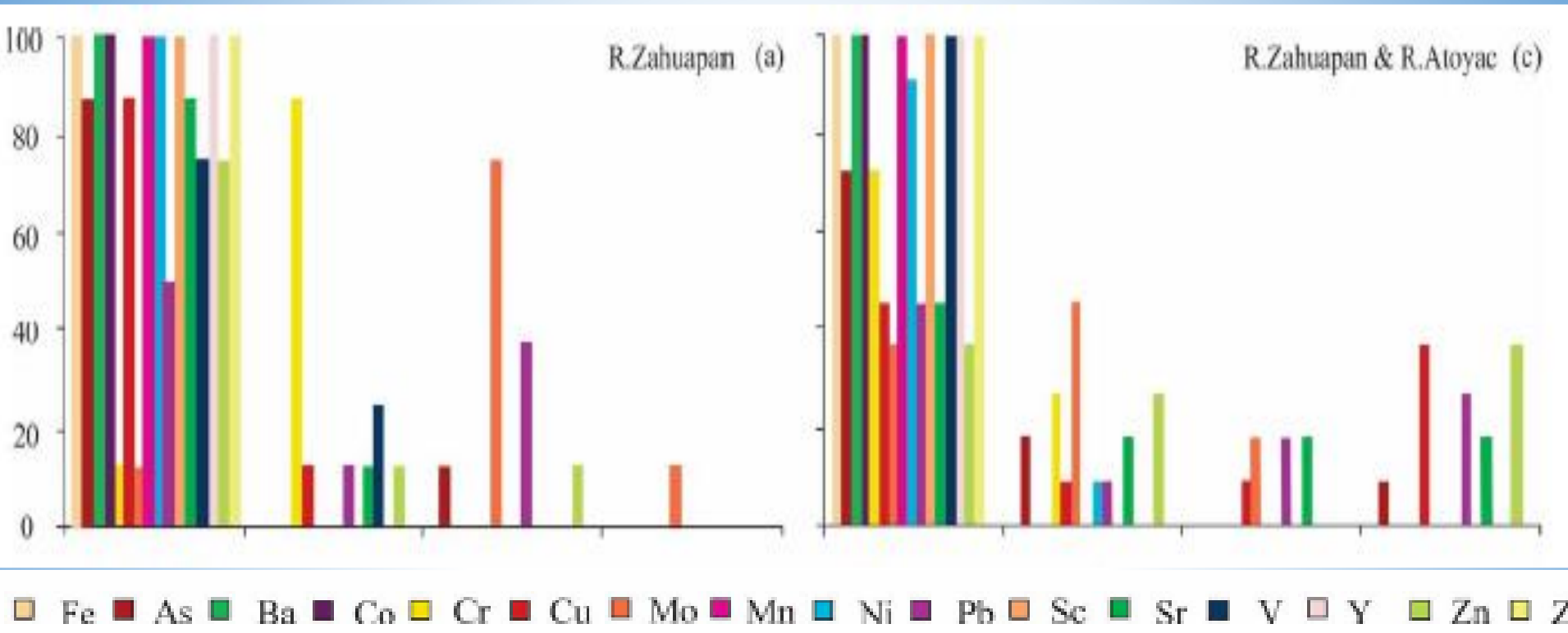
Seccion Velocidad.		DQO kg	DBO (kg/dia)	SST (kg/dia)	SDT (kg/dia)
Clave	Punto de aforo				
CZ-17	Zahuapan co	46433.088	15248.736	5495.04	73633.536
CA-23	Atoyac confl	17762.976	5920.992	2306.88	45676.224
CA-10	Xotla	1673.6544	811.4688	811.4688	44022.1824
CAZ-20	Atoyac aguas	40711.68	21212.928	6856.704	119135.232
CZ-66	Zahuapan Pl	15396.48	6438.528	4758.912	74742.912
CAZ-33	Cúmulo de V	69755.04	22865.76	12735.36	287124.48
CAZ-39	Echeverría.	1692057.6	616550.4	552960	1902182.4
CZ67	Zahuapan-Xa	1604.46528	871.992	488.31552	13184.519
CAZ-27HA	Barranca Hor	8239.18522	2976.96384	525.34656	6409.22803
CSFAZ-79-1	Descarga sn	8811.68026	2691.09043	3084.90854	15161.9973
CSFAZ79-2	Descarga sn	843.519744	281.173248	414.360576	14502.6202



# Contaminación por día en el agua



# Metales tóxicos en los sedimentos



**Metales pesados:** hierro, arsénico, bario (respiratorio), cromo, cobre, plomo producen graves disfunciones orgánicas, son altamente tóxicos y pueden acumularse en el cuerpo; algunos son mutagénicos

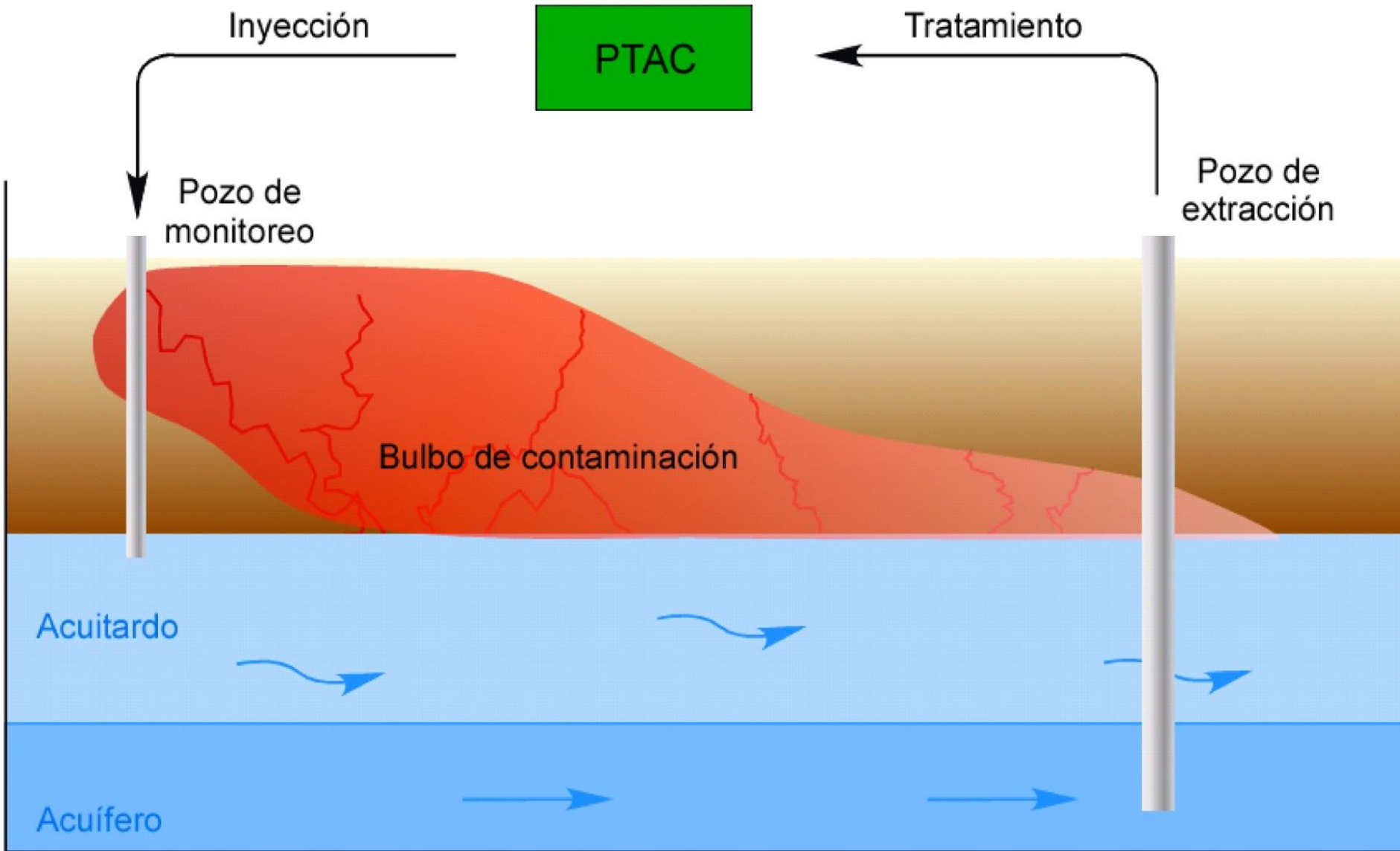
# Norma de metales tóxicos

Elemento	Rango "normal" mg/kg
As	<5 - 40
Cd	<1 - 2
Cu	2 - 60
Mo	<1 - 5
Ni	2 - 100
Pb	10 - 150
Se	<1 - 2
Zn	25 - 200

Bowie y Thornton

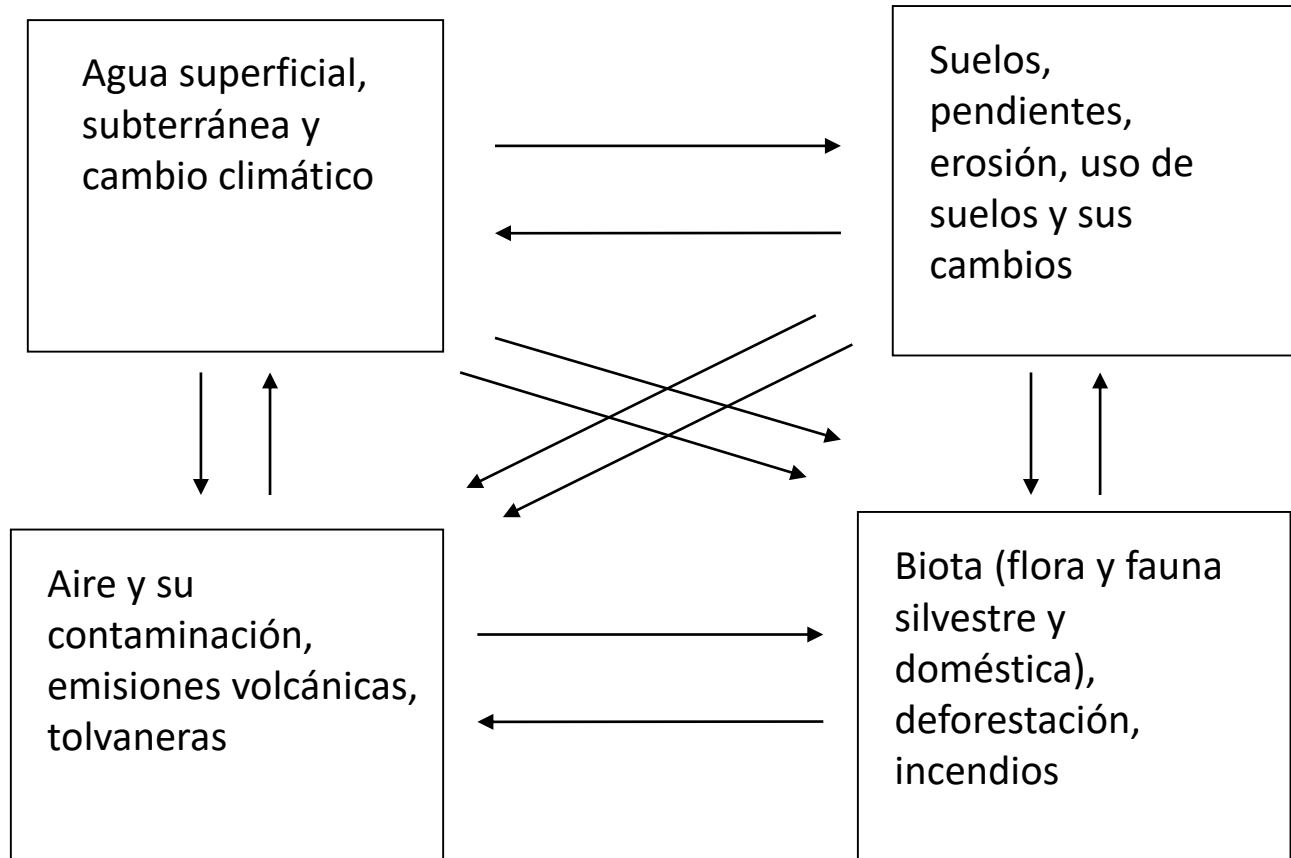


# Hidrocarburos en acuíferos





# Interacciones en el medio natural



# Contaminación bacteriológica



# Principales contaminantes

- Materiales orgánicos
- Los parásitos y bacterias
- Fertilizantes
- Los pesticidas y diversos productos químicos orgánicos (residuos industriales)
- El petróleo y sus derivados
- Los metales, minerales y compuestos químicos inorgánicos
- La arena y escombros
- Sustancias o desechos radiactivos (de las minas de uranio y plantas de transformación de estos metales de las centrales nucleares, las industrias y los laboratorios médicos y de investigación que utilizan materiales radioactivos)

# Calidad del agua



## WATER QUALITY



**One in nine people** worldwide doesn't have access to improved sources of drinking water and **one in three** lacks improved sanitation.

The major sources of water pollution are from human settlements and industrial and agricultural activities.



**80% of sewage** in developing countries is discharged untreated directly into water bodies.



Industry dumps an estimated **300-400 MT** of **polluted waste** in waters every year.



Nitrate from agriculture is the most common **chemical contaminant** in the world's groundwater aquifers.

- Aproximadamente 3.5 millones las personas mueren cada año debido al inadecuado suministro de agua, saneamiento e higiene.
- La biodiversidad de los ecosistemas de agua dulce ha sido degradado más que cualquier otro ecosistema.

# Agua limpia o potable



- Libre de organismos
  - bacterias
  - virus
  - Protozoarios
  - Helmintos (huevecillos)
- Libre de sustancias tóxicas
  - Inorgánicos
  - orgánicos
- Estéticamente aceptable
  - Sabor
  - Olor
  - color

# Importancia de potabilización de agua

- **80% de las enfermedades** están asociados al agua en México
- **50% de casos de mortalidad infantil** se relacionan con agua contaminada
- Mortalidad por **enfermedades diarreicas** en México en menos de 5 años alcanza un índice promedio de **20.65 por cada 100,000** habitantes. Sin embargo en los estados de **Puebla, Oaxaca y Chiapas** se tienen valores del orden de 41.59, 44.67 y 49.82 por cada 100,000 habitantes (INEGI-Conagua, 2005).



# Multiplicación de bacteria



HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO  
FEDERICO GÓMEZ  
Instituto Nacional de Salud

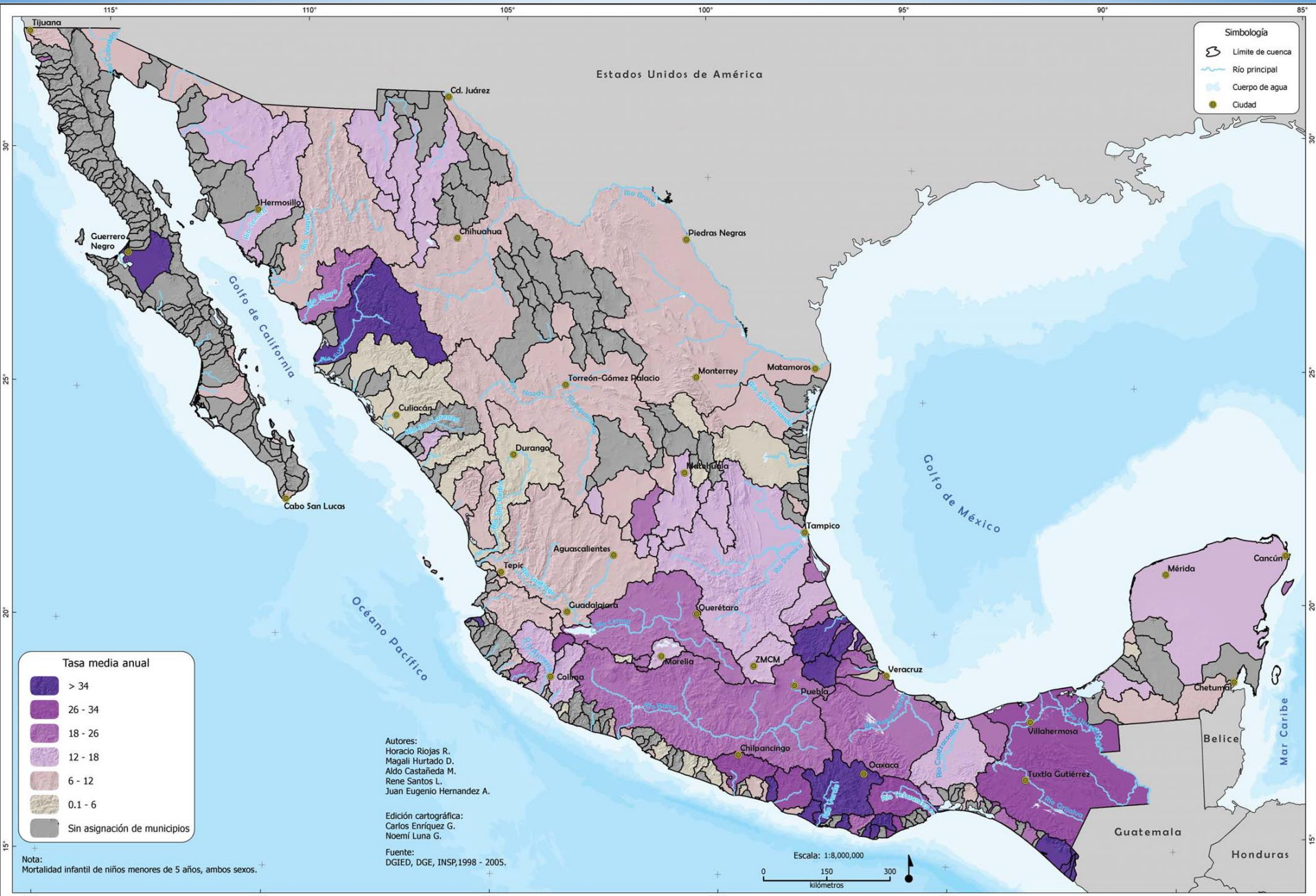
## MULTIPLICACION DE LAS BACTERIAS EN CONDICIONES FAVORABLES:

Agua, nutrientes,  
temperatura, pH

0	1
20	2
40	4
60	8
80	16
100	32
120	64
140	128
160	256
180	512
200	1,024
220	2,048
240	4,096
260	8,192
280	16,384
300	32,768



# Mortalidad/diarreas/niños/100,000





# Contaminantes más frecuentes

- **Pesticidas y fertilizantes:** Dos de los contaminantes más frecuentes son pesticidas y fertilizantes que escurren desde las granjas y el drenaje a ríos y acuíferos. Los abonos alteran el equilibrio natural de la vegetación acuática.
- **Petróleo y gas:** El tercer contaminante del agua son derrames de petróleo. Numerosos pozos de agua subterráneos han sido clausurados debido a la contaminación de aguas subterráneas provocadas por fugas en los tanques.
- **Explotación minera y forestal:** La minería libera compuestos tóxicos.
- **Productos químicos, industria y plástico:** Más de la mitad de todos los desechos líquidos más peligrosos son producidos por las industrias que los vierten directamente a las aguas. Incluyen metales y materiales radiactivos o tóxicos. Los plásticos causan lesiones graves a varios animales que los beben con agua o se enredan en ellos. Cuando se descomponen, los plásticos son consumidos por animales más pequeños.
- **Productos para el hogar y alcantarillados:** Las aguas residuales no tratadas tienen bacterias. Otros productos son emergentes.

# La agricultura: alta contaminadora

- Organismos internacionales como la FAO, han señalado que la agricultura es **la causa más importante de deterioro de los cuerpos de agua**. En países como los EUA, la EPA (Environmental Protection Agency) informó que en 1994 el 72% de los ríos y el 58% de los lagos evaluados tenían como fuente de su deterioro a la agricultura; en el 26% de los ríos se encontraron pesticidas; en el 40% de los lagos y 37% de los ríos había nutrientes y en el 40% de ríos y lagos, enriquecimiento por materia orgánica (FAO, 2006).
- La Conagua es **menos estricta** con los parámetros de DBO, DQO y SST.

# Plaguicidas

Tabla I. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad

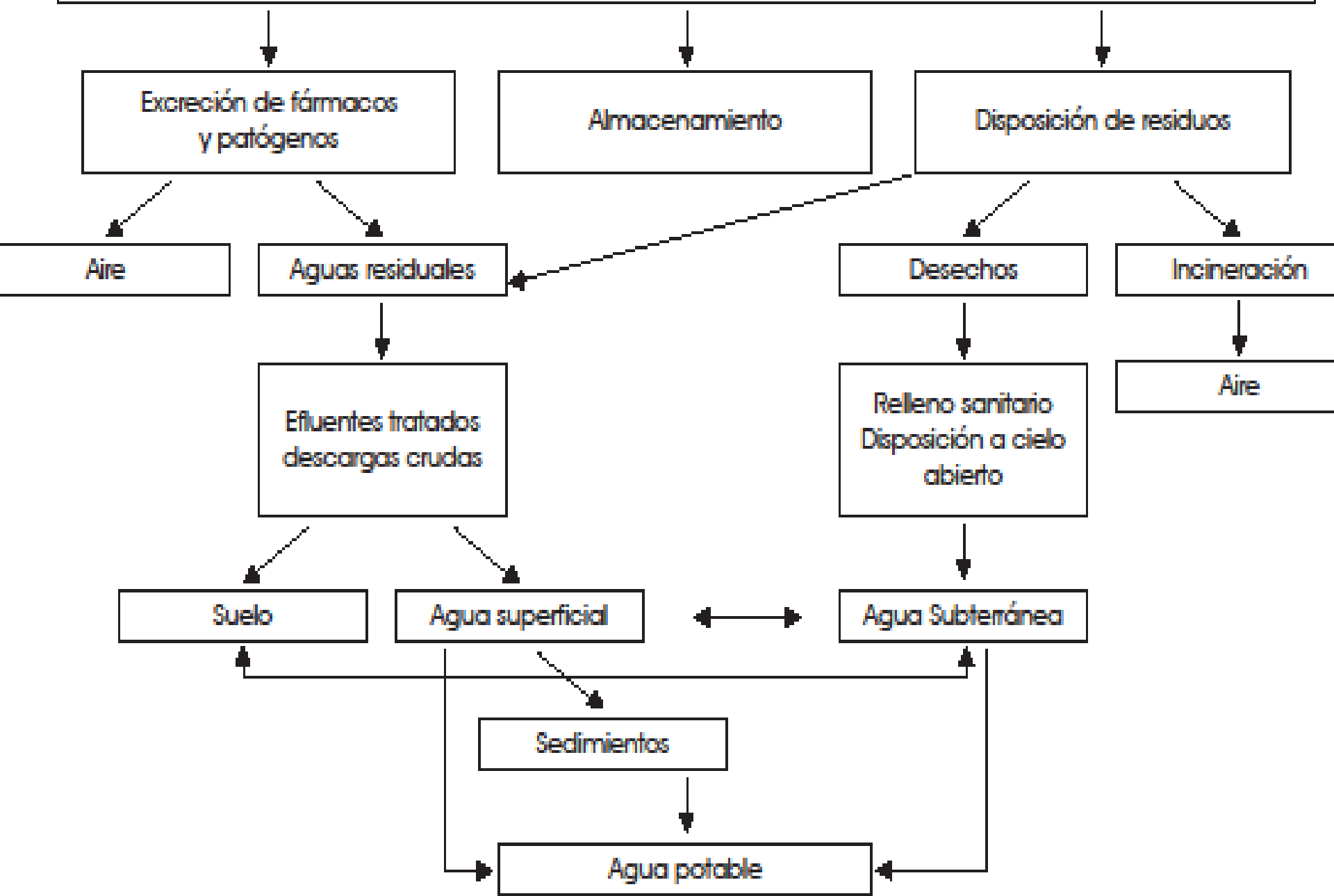
Clase	Toxicidad	Ejemplos
Clase IA	Extremadamente peligrosos	Paratión, dieldrín
Clase IB	Altamente peligrosos	Eldrín, diclorvos
Clase II	Moderadamente peligrosos	DDT, clordano
Clase III	Ligeramente peligrosos	Malatión

Persistencia	Vida media	Ejemplos
No persistente	De días hasta 12	Malatión, diazinón, carbarilo, diametrín
Moderadamente persistente	Semanas	Paratión, lannate
Persistente	De 1 a 18 meses	DDT, aldrín, dieldrín
Permanentes	De varios meses	Productos hechos a partir de mercurio, plomo, arsénico



# **Contaminantes emergentes en hogares e industrias**

Fármacos de humanos y veterinario, productos de cuidado personal, productos de uso industrial, productos de uso diario, agroquímicos, actividades humanas, vida silvestre, procesos biológicos y químicos.







# Enfermedades relacionadas con el agua

1. Contaminación de arsénico afecta en México 400,000 personas
2. Diarreas: muertes: 1984: 212.3; 1993: 60.4; 2015: 28/100,000 niños menores de 5 años
3. Paludismo : 2.77 a 7.27 casos/ 100 000 pers./año entre 2000 a 2005; estimación: 30% de población están bajo riesgo
4. **Dengue y cambio climático:** 2004 - 2008: aumento en México: 800%: 80% en el Sur-Sureste: 6 meses de 2007: 5,520 casos: 4,359 tipo clásico; 1,161 tipo hemorrágico

(Fuente: Dir. Gen de Epidemiología, SSA, 1984-2008)



# **Costos de agua contaminada**

**Aunque es caro limpiar el agua, es más caro no hacerlo, por:**

- **Riesgos a la salud humana por contaminantes y vectores**
- **Deterioro y destrucción de ríos y orillas, así como mitigación ante inundaciones**
- **Reducción de disponibilidad de agua para consumo humano y actividades productivas**
- **Contaminación y destrucción de vida acuática y pesca**
- **Conflicto entre usuarios por calidad y cantidad de agua disponible. La agricultura utiliza 77% del agua y durante sequías se requiere más.**

# Obstáculos a una seguridad del agua



- **Política**
- **Planes y proyectos sustentables**
- **Transparencia**
- **Leyes y normas**
- **Negociación de conflictos**
- **Participación ciudadana**
  
- **Inversiones sociales/ públicas/privadas**
- **Administración eficaz**
- **Tecnología**
- **Tarifas**
- **Subsidios cruzados**
- **Descentralización**
- **Diagnósticos complej.**
  
- **Información verídica**
- **Recuperación de cuencas, biota, ríos**
- **Protección acuíferos**
- **Infiltración pluvial**



**Muchas gracias**

**[http://www.afes-press.de/html/download\\_oswald.html](http://www.afes-press.de/html/download_oswald.html)**