SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

IMTA
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Soluciones para la reducción de contaminación de agua en suelos cársticos

Gabriela Mantilla Morales

11 de noviembre 2014

Mérida, Yuc.

Karst - Carst

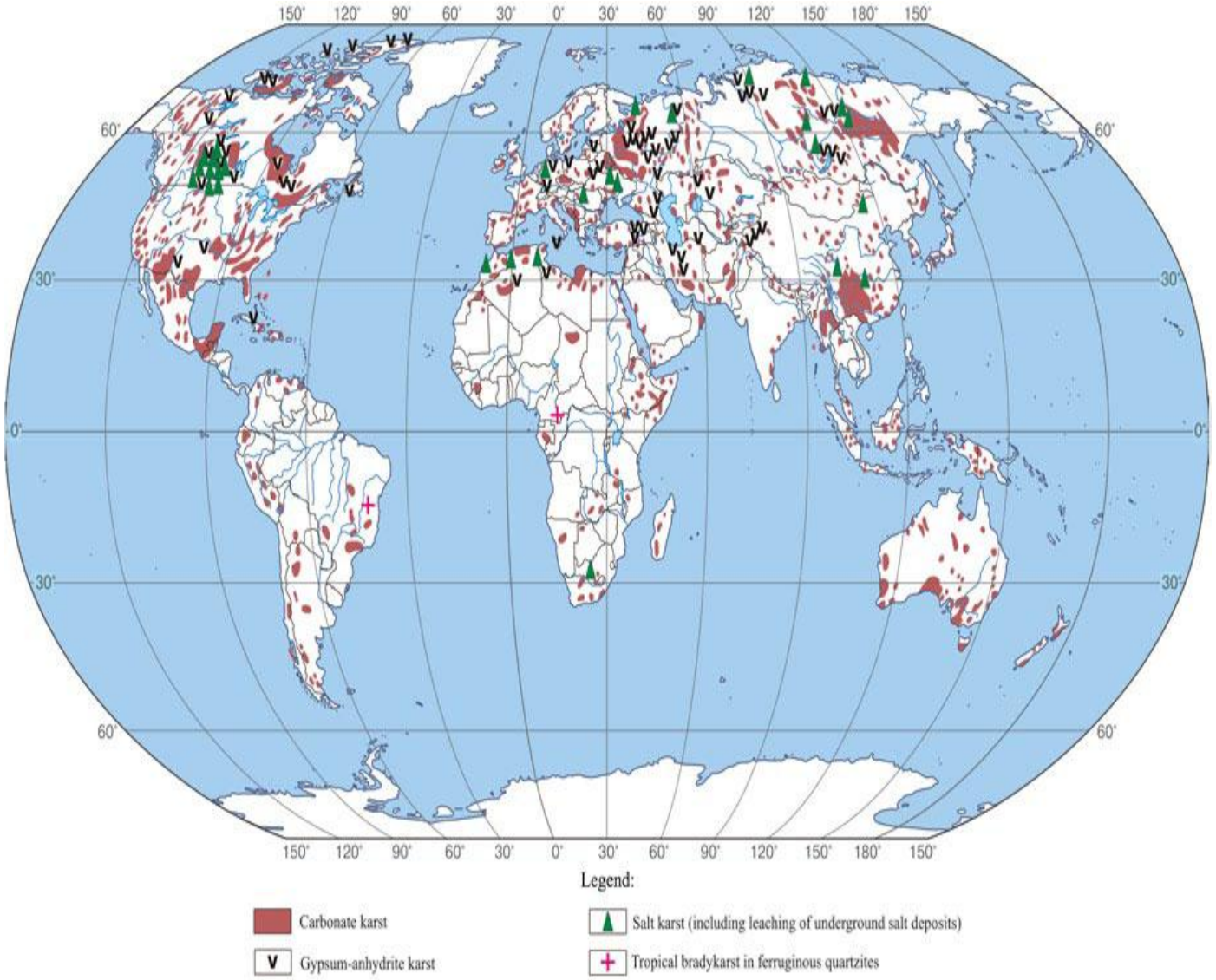
Forma de relieve originada por meteorización química de determinadas rocas, como la caliza, dolomía, yeso, etc., compuestas por minerales solubles en agua (procedente de Karst, nombre alemán de la región eslovena de Carso), equivalente a Carso (Italia) o La Causse en Francia.

En Norteamérica y México es muy parecido el término, Karst y cárst, respectivamente

Los paisajes cársticos son aquellos lugares que presentan suelos de tipo calizo ($CaCo_3$).

Una región fría, húmeda y calcárea, por tanto, es más propensa a desarrollar un relieve kárstico. Sin embargo, se encuentre este relieve en todo el globo, tanto en regiones cálidas como húmedas.

Aproximadamente, el 25% de la población a nivel mundial depende de la salud de los acuíferos de zonas kárstica para su abastecimiento de agua de primer uso (Ford and Williams, 2007).



Global karst distribution (Gvozdetsky 1981)

Suelos cársticos

a) porosos

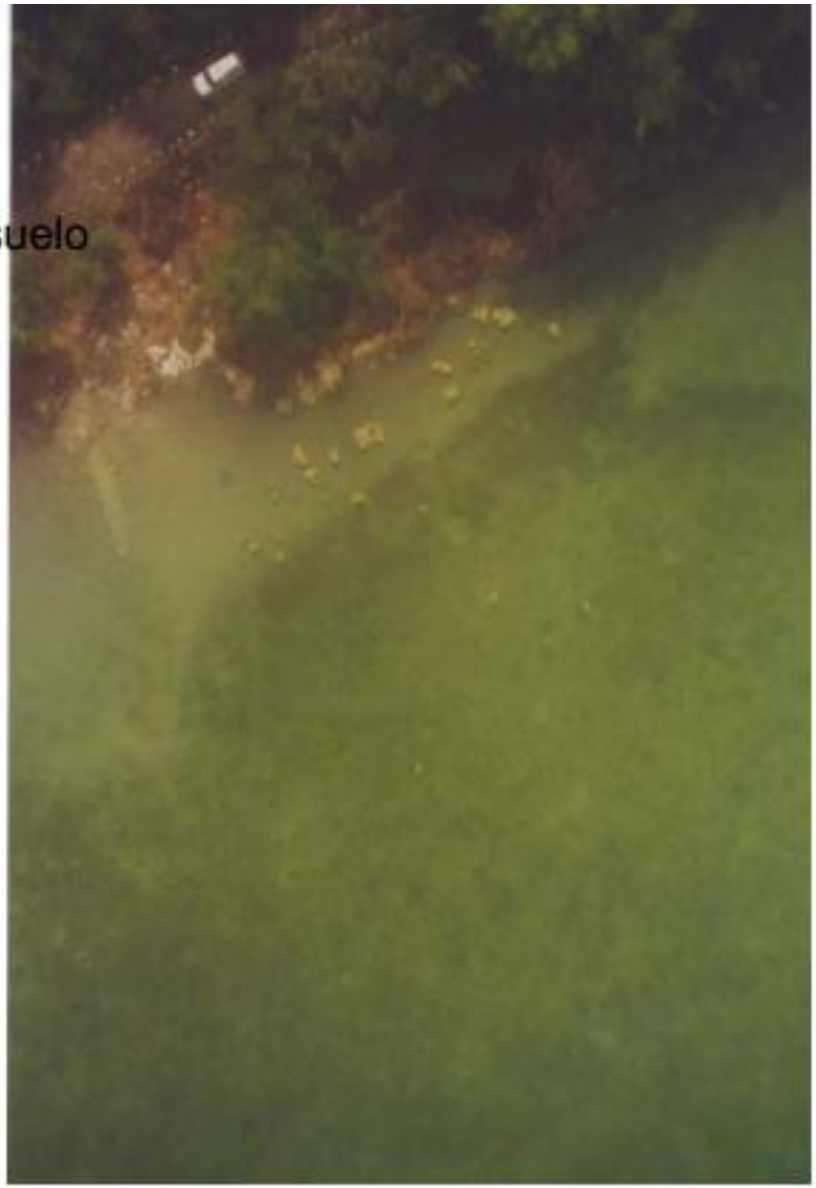
↓

b) Rápida infiltración del agua hacia el subsuelo

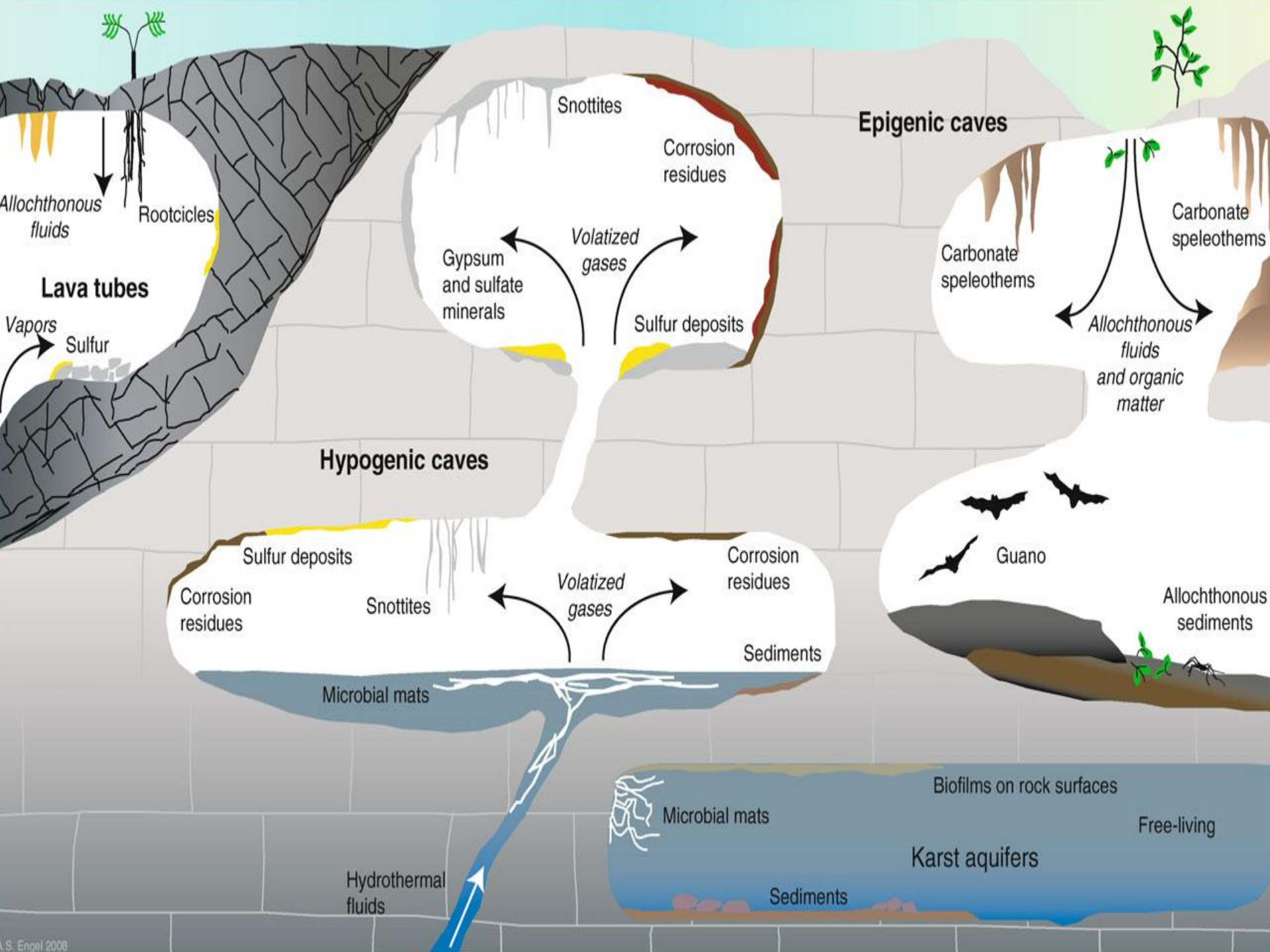
Altamente permeables: Del 100% de la precipitación, el 80 al 90% se infiltra y el 10% se evapora en la superficie.

El 70% de agua infiltrada se evapotranspira por las plantas y sólo aproximadamente el 20% del agua de lluvia recarga el acuífero (agua subterránea).

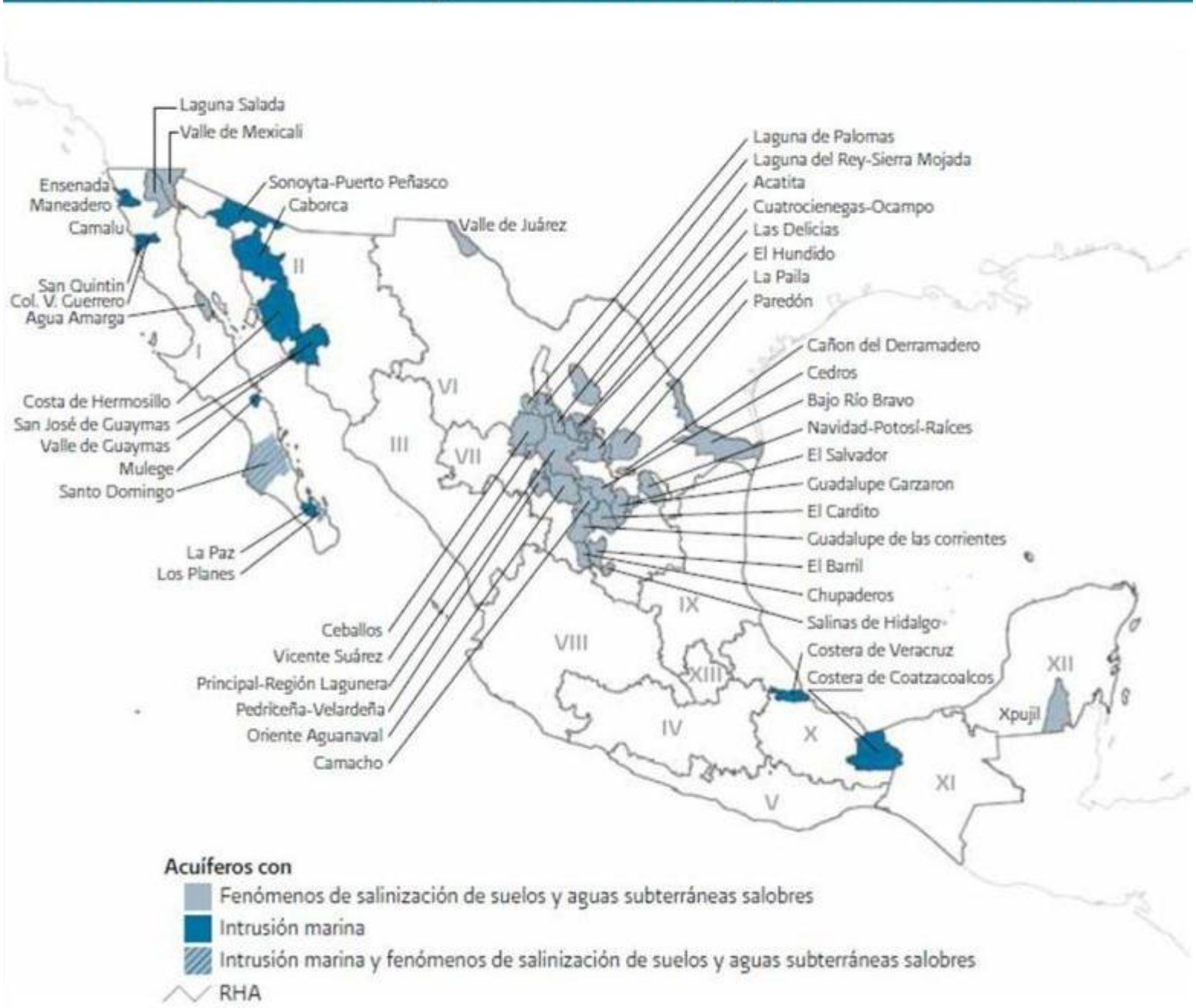
c) El área de la Isla, lo que afecta los puntos de contaminación o la llegada más rápida de los contaminantes hacia sistemas adyacentes y/o zona costera



↓ → Vulnerables:


Allochthonous fluids
Rootcicles
Lava tubes
Vapors
Sulfur
Snottites
Corrosion residues
Volatized gases
Gypsum and sulfate minerals
Sulfur deposits
Epigenic caves
Carbonate speleothems
Carbonate speleothems
Allochthonous fluids and organic matter
Hypogenic caves
Sulfur deposits
Corrosion residues
Snottites
Volatized gases
Corrosion residues
Sediments
Microbial mats
Guano
Allochthonous sediments
Biofilms on rock surfaces
Microbial mats
Free-living
Karst aquifers
Sediments
Hydrothermal fluids

M2.8 Acuíferos con intrusión salina y/o salinización de suelos y aguas subterráneas salobres, 2009



Dirección del flujo subterráneo: propuestas

(Herrera-Silveira & Comín,2000)

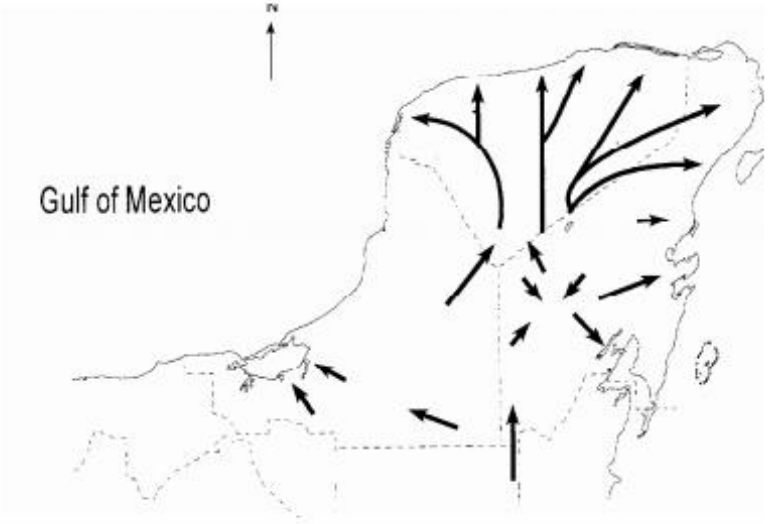
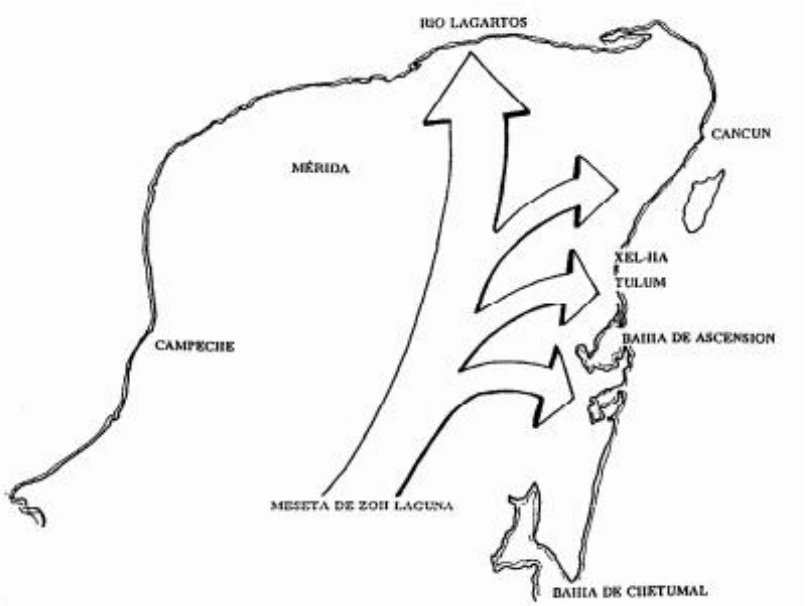


Fig. 2. Map of the Yucatan Peninsula showing the directions of the major groundwater flows.

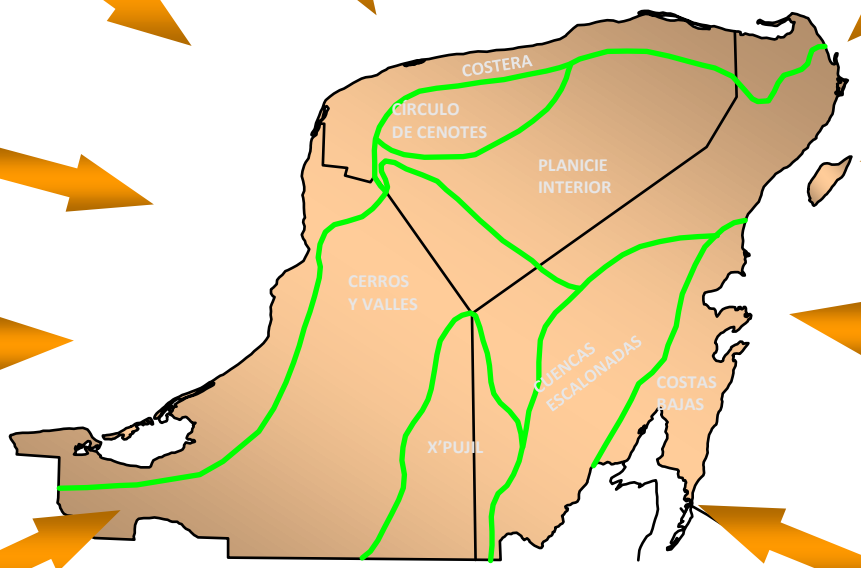


Suárez-Morales & Rivera Arriaga (2000)

Doehring & Butler (1974)

Por otro lado, en la región centro y sur de la Península sólo se ha especulado en cuanto a los tipos y velocidad de flujo del agua subterránea.

Problemática hidráulica de la Península de Yucatán



DETERIORO HUMEDALES

SEQUIA

REZAGO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

INTRUSION SALINA

CONTAMINACION POR ACTIVIDADES HUMANAS

VULNERABILIDAD

FALTA DE MEDICION

AFECTACION POR FENOMENOS METEOROLOGICOS

AFECTACION POR INUNDACIONES

DISPOSICION INADECUADA DE AGUAS RESIDUALES

CALIDAD NATURAL DE LAS AGUAS

FALTA DE NORMATIVIDAD ADECUADA DE AGUAS RESIDUALES

Disponiblidad y usos del agua en la Península de Yucatán

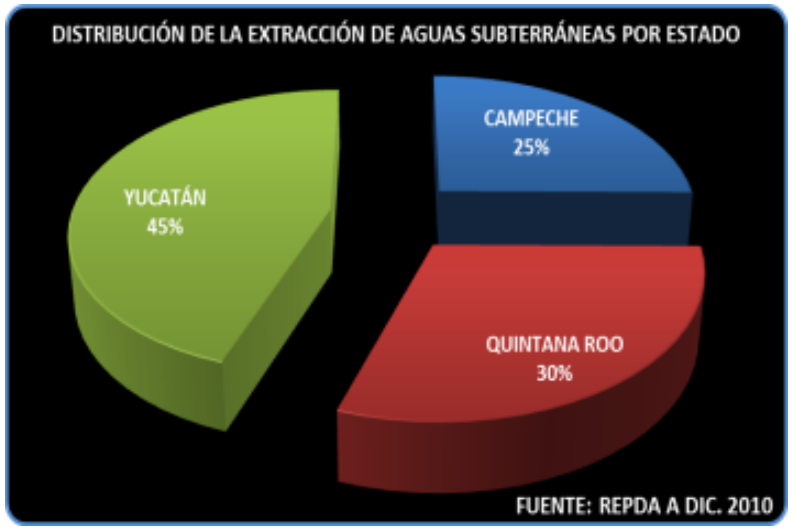
Amplia disponibilidad del agua . 99% abastecido por aguas subterráneas).

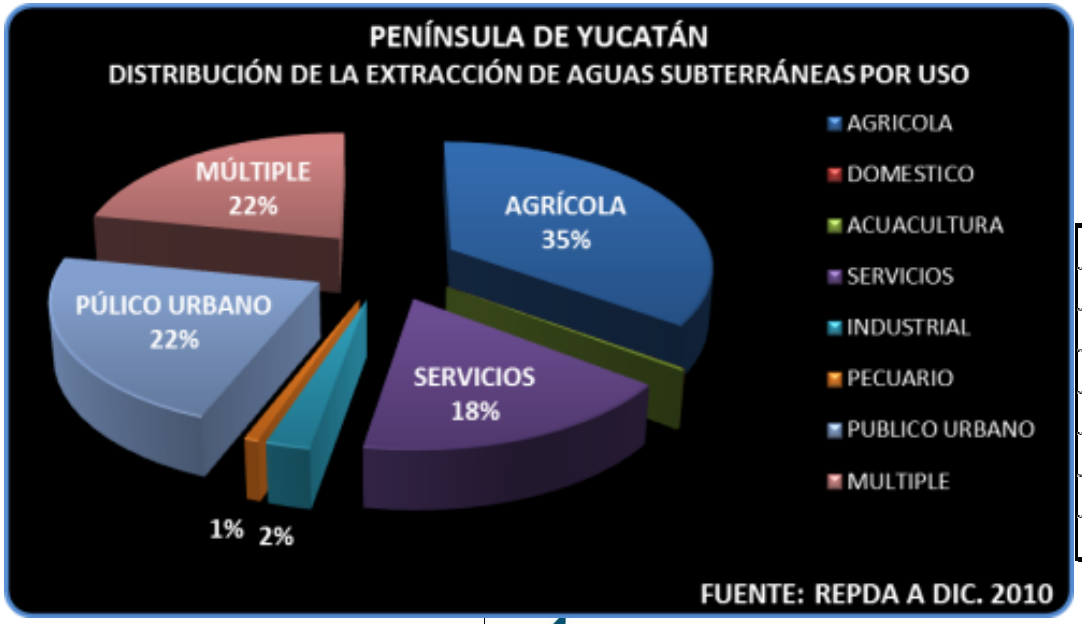
DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

	RECARGA MEDIA	DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA	VOLUMEN CONCESIONADO (1)	DISPONIBILIDAD MEDIA (1)
X'PUJIL	2,099.40	1,784.10	0.253	315.05
CERROS Y VALLES	1,194.20	854.90	4.626	334.67
ISLA DE COZUMEL	208.70	160.40	12.959	35.34
P. DE YUCATÁN	21,813.40	14,542.20	2,265.600	5,005.60
S U M A S	**25,315.70**	**17,341.60**	**2,283.44**	**5,690.66**

Publicada en el D.O.F. 28 de agosto de 2009

(1) Unidades en Millones de metros cúbicos





	No. Aprov.	Volumen (m^3)
AGRICOLA	15,400	929,497,813.32
DOMESTICO	349	109,232.70
ACUACULTURA	103	8,123,865.90
SERVICIOS	1,766	463,551,099.95
INDUSTRIAL	619	62,943,996.60
PECUARIO	3,913	20,400,931.34
PUBLICO URBANO	2,270	588,965,533.79
MULTIPLE	10,404	580,168,909.67
	34,824	**2,653,761,383**

FUENTE: REPDA A DIC. 2010

CONAGUA
Comisión Nacional del Agua

ORGANISMO DE CUENCA PENÍNSULA DE YUCATÁN
DIRECCIÓN TÉCNICA

Avanzamos contigo

Banner Ayuntamiento

Legisladores detectan focos de infección

Publicado el: 07 marzo 2011

Mérida, Yucatán, a 07 de marzo de 2011.- Enfermedades respiratorias, gastrointestinales y de la piel, así como malos olores y la proliferación de fauna nociva son algunas de las afectaciones que genera a los habitantes del fraccionamiento "Los Naranjos" la presencia de un vecino incomodo: el basurero municipal de Kanasín.

Diputados de la Comisión de Medio Ambiente del Congreso del Estado, el Secretario de Desarrollo Urbano

BBC MUNDO bbcmundo.com

16 DE OCTUBRE DE 2014

Peces transexuales: el impacto del Prozac y otras drogas en la naturaleza

Paracetamol para el dolor de cabeza, anticonceptivos para evitar los embarazos y Prozac contra la depresión, son los contaminantes, de nuestra orina, que afectan los mares.

por BBC MUNDO

ENVIAR RECTIFICAR IMPRIMIR

¿Se preguntó alguna vez a dónde van a parar los residuos de estos fármacos una vez cumplida su función?

Los seres humanos eliminamos gran parte de los medicamentos que ingerimos a través de la orina.

La orina va a parar a las cloacas y, tras atravesar un imperfecto sistema de purificación, los desechos regresan a los ríos que nutren el planeta.

Aunque las concentraciones de fármacos en el agua son bajas, las consecuencias no distan de ser preocupantes: desde peces macho que adquieren características femeninas, hasta aves silvestres que pierden las ganas de comer, sin mencionar poblaciones enteras diezmadas de peces u otros organismos acuáticos.

Es más, según una serie de estudios recientes sobre el impacto de la contaminación farmacéutica en la vida silvestre, el uso cada vez más amplio de drogas, diseñadas para ser biológicamente activas en dosis bajas, puede ser una de las causas de la crisis global de la vida silvestre.

"Dado que las poblaciones de muchas especies que viven en paisajes alterados por

Problemas en las descargas de aguas residuales en algunas ciudades costeras (Riviera Maya)

Acuífero de Yucatán contaminado con varios químicos

El sistema acuífero de la Península de Yucatán, está contaminado con **medicamentos, narcóticos, pesticidas y otros productos químicos** y se sospecha que el principal causante es el sector hotelero.

Acorde con un estudio publicado en la revista científica Environmental Pollution, productos como **anfetaminas, cocaína, éxtasis, herbicidas, compuestos antibacterianos y derivados del diesel** se están filtrando a los acuíferos de la Rivera Maya.

El principal autor del estudio, Chris Metcalfe, menciona que la contaminación es fruto de la filtración de aguas residuales y que aunque se desconoce su mecanismo exacto, las mayores sospechas recaen sobre la industria turística.

Fuentes: **http://www.informador.com.mx/tecnologia/2011/269181/6/estudios-muestran-que-el-acuifero-de-yucatan-esta-contaminado-con-productos-quimicos.htm; http://www.eluniversal.com.mx/articulos/62796.html**

RIVIERA MAYA

Acuífero de Yucatán contaminado hasta con cocaína

El principal sospechoso es el sector hotelero, según un estudio

El sistema acuífero de la península de Yucatán, en el este de México, está contaminado con medicamentos, narcóticos, pesticidas y otros productos químicos y se sospecha que el principal causante es el sector hotelero, advirtió el domingo un equipo de investigadores mexicanos y canadienses.

Según un estudio publicado en la revista científica "Environmental Pollution" productos como anfetaminas, cocaína, éxtasis, herbicidas, compuestos antibacterianos y derivados del diesel se están filtrando a los acuíferos de la Riviera Maya, una de las zonas más turísticas de México. Estos residuos contaminan el laberinto de cuevas acuáticas de la zona, uno de sus principales atractivos, y fluyen desde allí al mar Caribe. La contaminación, la sobrepesca, las enfermedades del coral y el cambio climático pueden haber contribuido a la pérdida de hasta el 50% de los corales en esta costa desde 1990, señala el estudio. Su principal autor, el investigador canadiense Chris Metcalfe, dijo a Efe que la contaminación del acuífero de la península de Yucatán es fruto de la filtración de aguas residuales y que aunque se desconoce su mecanismo exacto las mayores sospechas recaen sobre la industria turística.

Fuentes potenciales de contaminación

- Contaminación agrícola
- Contaminación industrial
- Contaminación urbana y doméstica

Contaminación agrícola y pecuaria

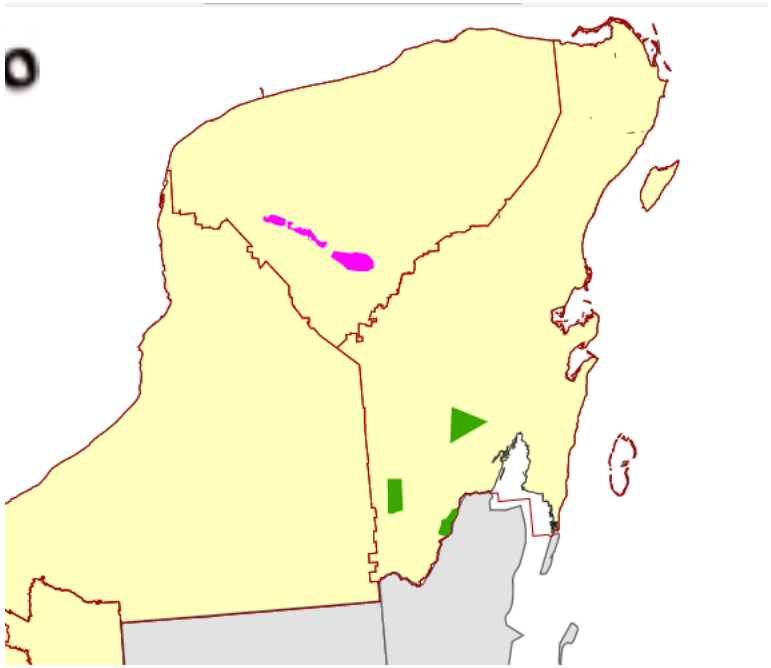
Deterioro de la calidad del agua subterránea → prácticas agrícolas.
Se caracteriza por su carácter difuso. Los contaminantes potenciales más significativos: fertilizantes, pesticidas, productos fitosanitarios

Otros contaminantes: vertidos de residuos animales, almacenamiento de residuos de cosechas, etc.
Los fertilizantes (especialmente los compuestos nitrogenados) son los nutrientes más importantes para las aguas subterráneas debido a la movilidad de los nitratos.

Los pesticidas y productos fitosanitarios en general son contaminantes potenciales del agua. **Los pesticidas organoclorados** constituyen el mayor riesgo de contaminación por su persistencia y elevada toxicidad.

PORCICULTURA - AVICULTURA

Ubicación y superficie de los distritos de riego				
Clave	Nombre	Región hidrológico administrativa	Entidad federativa	Superficie total (ha)
048	Ticul	XII Península de Yucatán	Yucatán	9 689
102	Río Hondo	XII Península de Yucatán	Quintana Roo	27 182



Resumen distrital (CONAGUA, SEMARNAT, junio 2010)

Superficie sembrada y cosechada, rendimiento, producción, precio medio rural y valor de la producción por distrito de riego ordenado en forma decreciente por superficie sembrada. Año Agrícola 2008/09

Clave	Distrito de Riego (riego)	Superficie (Ha)		Rendimiento	Prod.	P.M.R.	Valor de la cosecha (miles)
		Sembrada	Cosechada	(Ton/Ha)	(Ton)	($/Ton)	
48	Ticul, Yuc.	7592	7428	$ 14.98	111295	$ 2,074.00	$ 230,770.84
102	Río Hondo, Q.Roo	2600	2600	$ 97.31	253000	$ 391.00	$ 99,000.00

Concentrado distrital **CUADRO 3.76**

Superficie sembrada y cosechada, rendimiento, producción,
precio medio rural y valor de la producción por ciclo, modalidad y cultivo
Año Agrícola 2008/09

102 RÍO HONDO, Q.ROO.

CICLO / MODALIDAD / CULTIVO	SUPERFICIE (Ha) SEMBRADA	SUPERFICIE (Ha) COSECHADA	REND. (Ton/Ha)	PRODUCCIÓN (Ton)	P.M.R. ($/Ton)	VALOR DE LA COSECHA (Miles $)
TOTAL GENERAL	**2 600**	**2 600**	**97.31**	**253 000**	**391**	**99 000.00**
Perennes	**2 600**	**2 600**	**97.31**	**253 000**	**391**	**99 000.00**
Riego	**2 600**	**2 600**	**97.31**	**253 000**	**391**	**99 000.00**
Caña de Azúcar	2 500	2 500	100.00	250 000	360	90 000.00
Papayo	100	100	30.00	3 000	3 000	9 000.00

precio medio rural y valor de la producción por ciclo, modalidad y cultivo
Año Agrícola 2008/09

048 TICUL, YUC.

CICLO / MODALIDAD / CULTIVO	SUPERFICIE (Ha) SEMBRADA	SUPERFICIE (Ha) COSECHADA	REND. (Ton/Ha)	PRODUCCIÓN (Ton)	P.M.R. ($/Ton)	VALOR DE LA COSECHA (Miles $)
TOTAL GENERAL	**7 592**	**7 428**	**14.98**	**111 295**	**2 074**	**230 770.84**
Otoño-Invierno	**498**	**481**	**10.70**	**5 144**	**4 211**	**21 661.12**
Riego	**498**	**481**	**10.70**	**5 144**	**4 211**	**21 661.12**
Cacahuate Frutal	2	2	1.90	4	7 620	28.96
Calabacita (Calabacín)	63	63	17.50	1 103	3 000	3 307.50
Chile Verde	16	16	12.50	194	23 000	4 456.25
Frijol Asociado	26	24	2.80	67	5 300	356.16
Jitomate (Tomate Rojo)	25	24	20.50	482	3 000	1 445.25
Maíz Elotero	211	206	5.00	1 028	3 000	3 082.50
Maíz Grano	30	28	4.00	113	3 000	339.60
Melón	2	2	17.50	35	5 000	175.00
Otras Hortalizas	58	55	15.00	831	5 600	4 653.60
Pepino	32	31	17.00	530	2 625	1 392.30
Sandía	33	30	25.00	758	3 200	2 424.00
Primavera-Verano	**346**	**340**	**9.42**	**3 204**	**4 939**	**15 823.97**
Riego	**346**	**340**	**9.42**	**3 204**	**4 939**	**15 823.97**
Calabacita (Calabacín)	35	34	17.50	595	3 000	1 785.00
Chile Verde	21	20	12.50	244	23 000	5 606.25
Frijol Asociado	9	8	2.80	22	5 300	118.72
Jitomate (Tomate Rojo)	6	6	20.50	123	3 000	369.00
Maíz Elotero	208	207	5.00	1 035	3 000	3 105.00
Melón	9	8	17.50	140	5 000	700.00
Otras Hortalizas	27	27	15.00	398	5 600	2 226.00
Pepino	16	16	17.00	272	2 625	714.00
Sandía	15	15	25.00	375	3 200	1 200.00
Perennes	**6 748**	**6 608**	**15.58**	**102 948**	**1 878**	**193 285.76**
Riego	**6 748**	**6 608**	**15.58**	**102 948**	**1 878**	**193 285.76**
Aguacate	235	219	16.00	3 504	4 500	15 768.00
Chicozapote	157	146	15.00	2 190	3 750	8 212.50
Limón	1 917	1 905	14.57	27 763	2 195	60 929.25
Mamey	158	149	18.00	2 682	4 000	10 728.00
Mandarina	189	187	16.00	2 992	2 812	8 413.50
Mango	116	109	17.00	1 853	2 500	4 632.50
Naranja	3 188	3 170	16.00	50 712	1 231	62 422.34
Otros Cítricos	168	167	15.00	2 505	1 500	3 757.50
Otros Frutales	117	109	20.00	2 180	5 000	10 900.00
Otros Pastos Verde	190	153	16.00	2 451	550	1 348.16
Toronja (Pomelo)	314	294	14.00	4 116	1 500	6 174.00

Industria en Yucatán

Industria en Yucatán	
Tipo de Industria	**%**
Alimentaria, bebidas y tabaco.	**60,2**
Textiles, prendas y productos de cuero.	**14,3**
Productos de minerales no metálicos.	**8,9**
Derivados de petróleo y carbón.	**7,4**
Maquinaría y equipo.	**2,5**
Otros.	**6,7**
Fuente: Secretaría de Fomento Económico.[23]	

TURISMO

Contaminación urbana y doméstica

Existen dos tipos fundamentales de residuos generados por estas actividades:

- los residuos sólidos
- los residuos líquidos o aguas residuales urbanas.

Residuos sólidos urbanos y domésticos

“ una ciudad de un millón de habitantes puede originar anualmente un volumen de residuos capaz de ocupar una superficie de 80 hectáreas con un espesor de 5 m”.

Excepto en climas áridos. los residuos colocados en vertederos controlados -y en mayor proporción en los no controlados- están sometidos a lixiviación por el agua de lluvia y otros residuos líquidos. El lixiviado. líquido originado en este proceso. contiene gran cantidad de elementos contaminantes y el total de sólidos disueltos puede ser muy elevado. De ella puede deducirse que el lixiviado presenta una composición muy variable.

El control de los vertederos de basuras y su correcto emplazamiento hidrogeológico son los medios más seguros para minimizar los efectos de la contaminación que pueden producir.

Población residente
12 de junio de 2010
112’ 322,757

¿Agua potable o agua entubada?

Estadísticas del Agua en México, edición 2012

4.4 Infraestructura de agua potable y alcantarillado

Cobertura de agua potable

90.9%

La Conagua considera que la cobertura de agua potable incluya a las personas que tienen agua entubada dentro de la vivienda; fuera de la vivienda, pero dentro del terreno; de la llave pública; o bien de otra vivienda. Los habitantes con cobertura no necesariamente disponen de agua con calidad para consumo humano.

Cobertura de alcantarillado

89.6 %

La Conagua considera que la cobertura de alcantarillado incluya a las personas que tienen conexión a la red de alcantarillado o una fosa séptica, o bien un desagüe, a una barranca, grieta, lago o mar.

T4.7 Descargas municipales y no municipales

Centros urbanos (descargas municipales):		
Aguas residuales	7.41	km³/año (235.1 m³/s)
Se recolectan en alcantarillado	6.59	km³/año (209.1 m³/s)
Se tratan	2.95	km³/año (93.6 m³/s)
Se generan	2.00	millones de toneladas de DBO_5 al año
Se recolectan en alcantarillado	1.78	millones de toneladas de DBO_5 al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	0.65	millones de toneladas de DBO_5 al año
Usos no municipales. incluyendo a la industria:		
Aguas residuales	6.70	km³/año (212.6 m³/s)
Se tratan	2.00	km³/año (63.6 m³/s)
Se generan	10.05	millones de toneladas de DBO_5 al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	1.30	millones de toneladas de DBO_5 al año

Descargas de aguas residuales municipales y no municipales, 2010

Referencia: 16, 17 Nota: X, AY

Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento (2012)

Al 31 de diciembre de 2011:

Inventario de plantas potabilizadoras: 653 plantas en operación
Capacidad instalada: 134.5 m^3/s
Caudal operación: 94.6 m^3/s (28%)
329.5 m^3/s : agua suministrada a nivel nacional (100%)

Generación AR: 263 m^3/s (calculado 80% agua suministrada)
Recolección: 209 m^3/s

2,289 PTAR's en operación formal
Capacidad instalada: 137.1 m^3/s
Caudal operación: 97.6 m^3/s (46.5% del AR colectada)

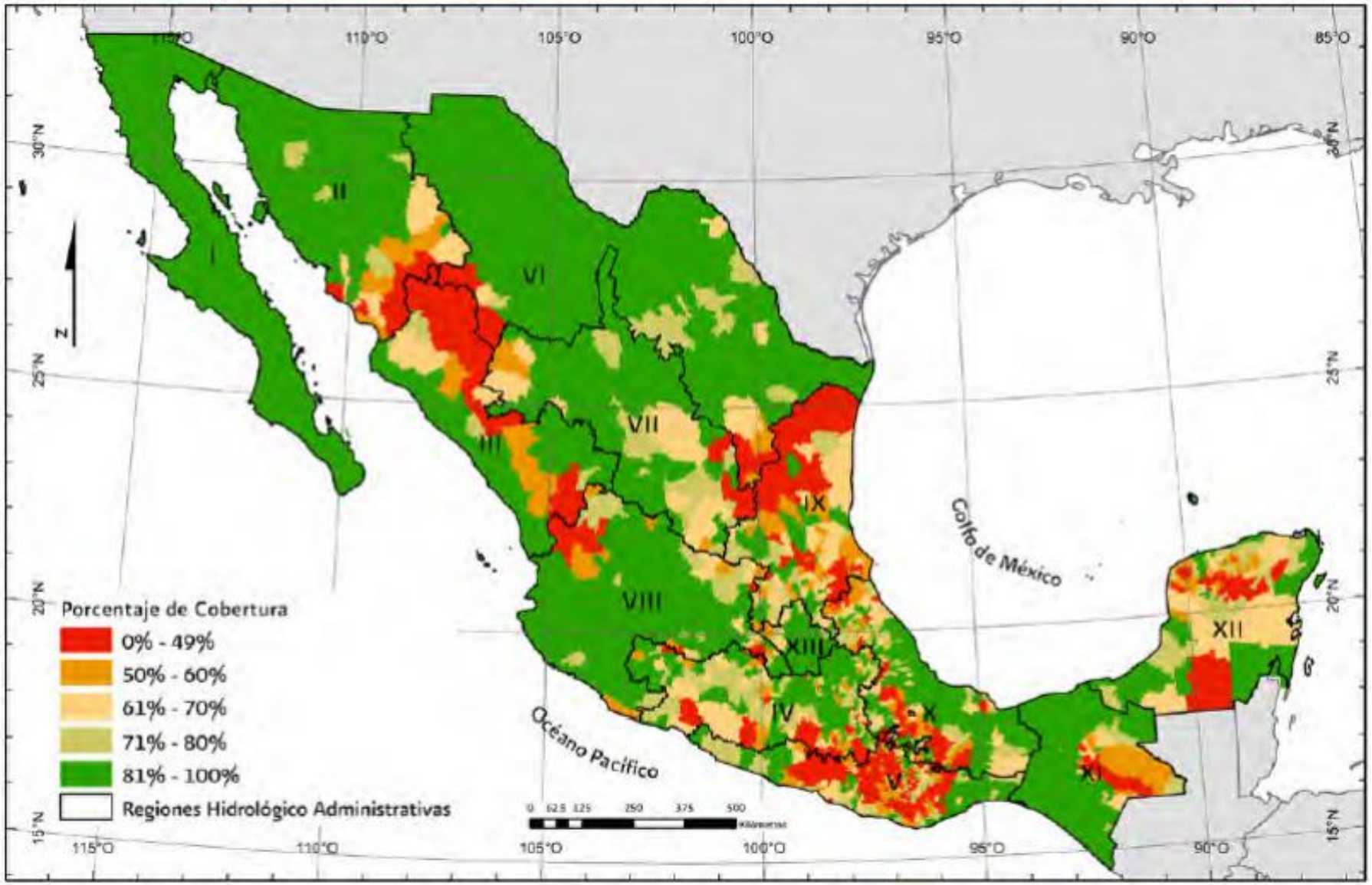
Población sin servicio de alcantarillado: 11 109 001 hab
91.6% cuenta con servicio de AP (103' *276* ,510 hab)
90.2% cuenta con un sistema de alcantarillado (101' 697,115 hab)

CONAGUA

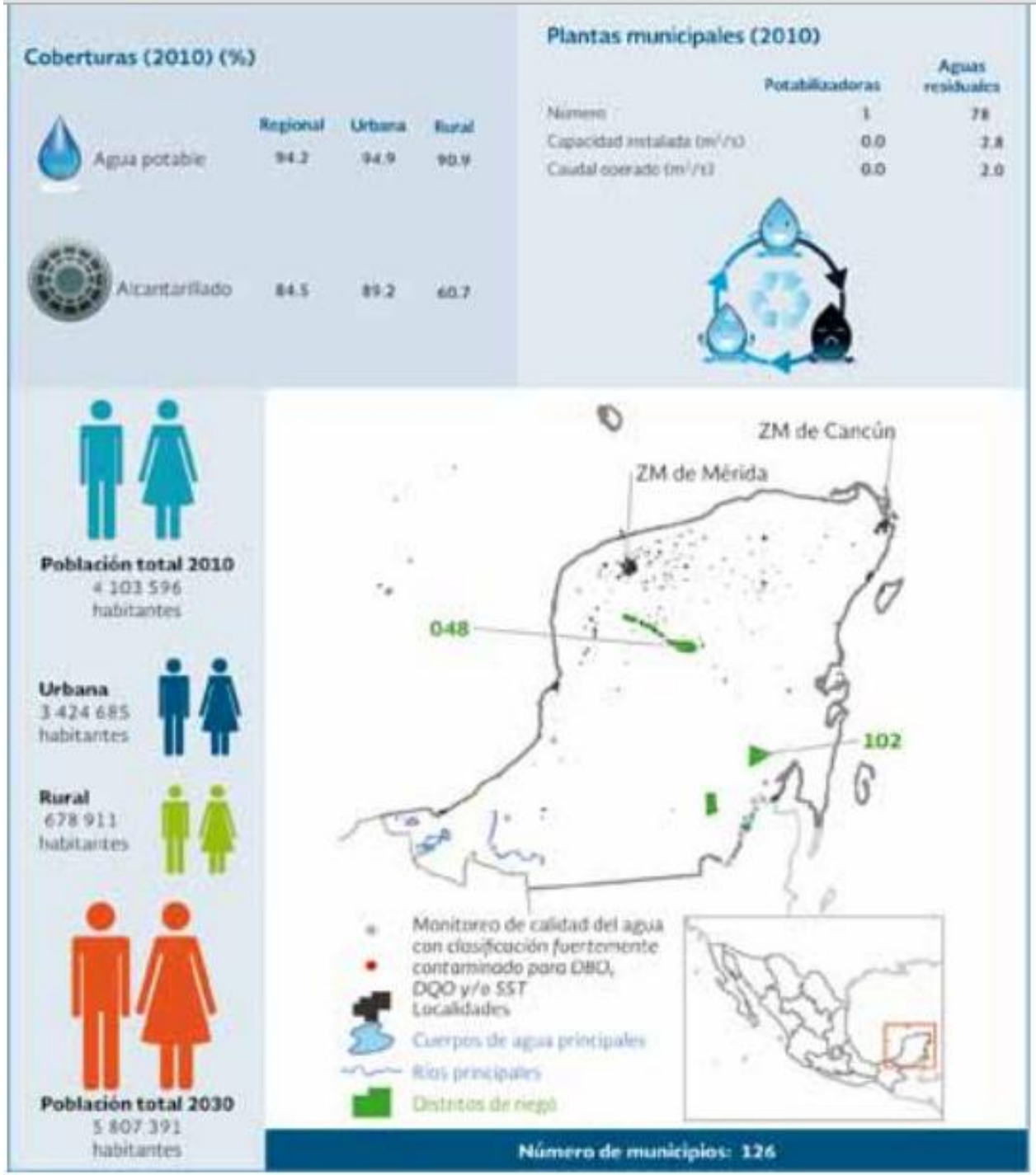
Cobertura de alcantarillado por municipio 2010

FUENTE: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

Mapa: 30



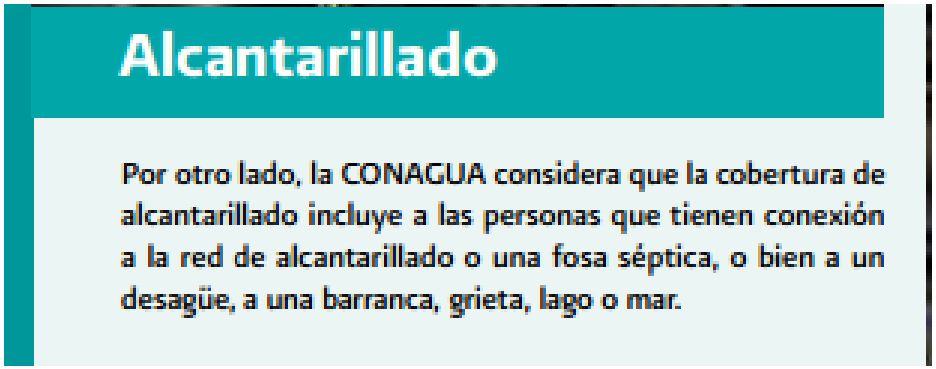
Atlas del agua en México 2012, CONAGUA



RH XII Península de Yucatán

Estadísticas del Agua en México, edición 2012

Drenaje: *"Instalación de tuberías que se planea y construye en la vivienda para eliminar los desechos humanos y/o aguas de las instalaciones sanitarias de la vivienda. El sistema puede desembocar a la red pública de drenaje, a una fosa séptica, a un río, lago, grieta o barranca (INEGI)"*



Estado	Viviendas particulares habitadas	Disponen de drenaje (INEGI)					No Disponen de drenaje	No especifi-cado
		Total (%)	Conectado a la red pública	Conectado a fosa séptica	Con Desagüe a barranca y grieta	Con Desagüe a río, lago y mar		
Campeche	158,300	65.07	3.99	95.26	0.65	0.10	34.48	0.45
Q. Roo	211,566	84.33	34.82	64.48	0.62	0.08	14.62	1.05
Yucatán	372,086	57.78	3.75	95.07	1.12	0.06	41.74	0.48

Menor cobertura de drenaje a nivel nacional

Yucatán: 1.7% **Campeche: 2.3%**

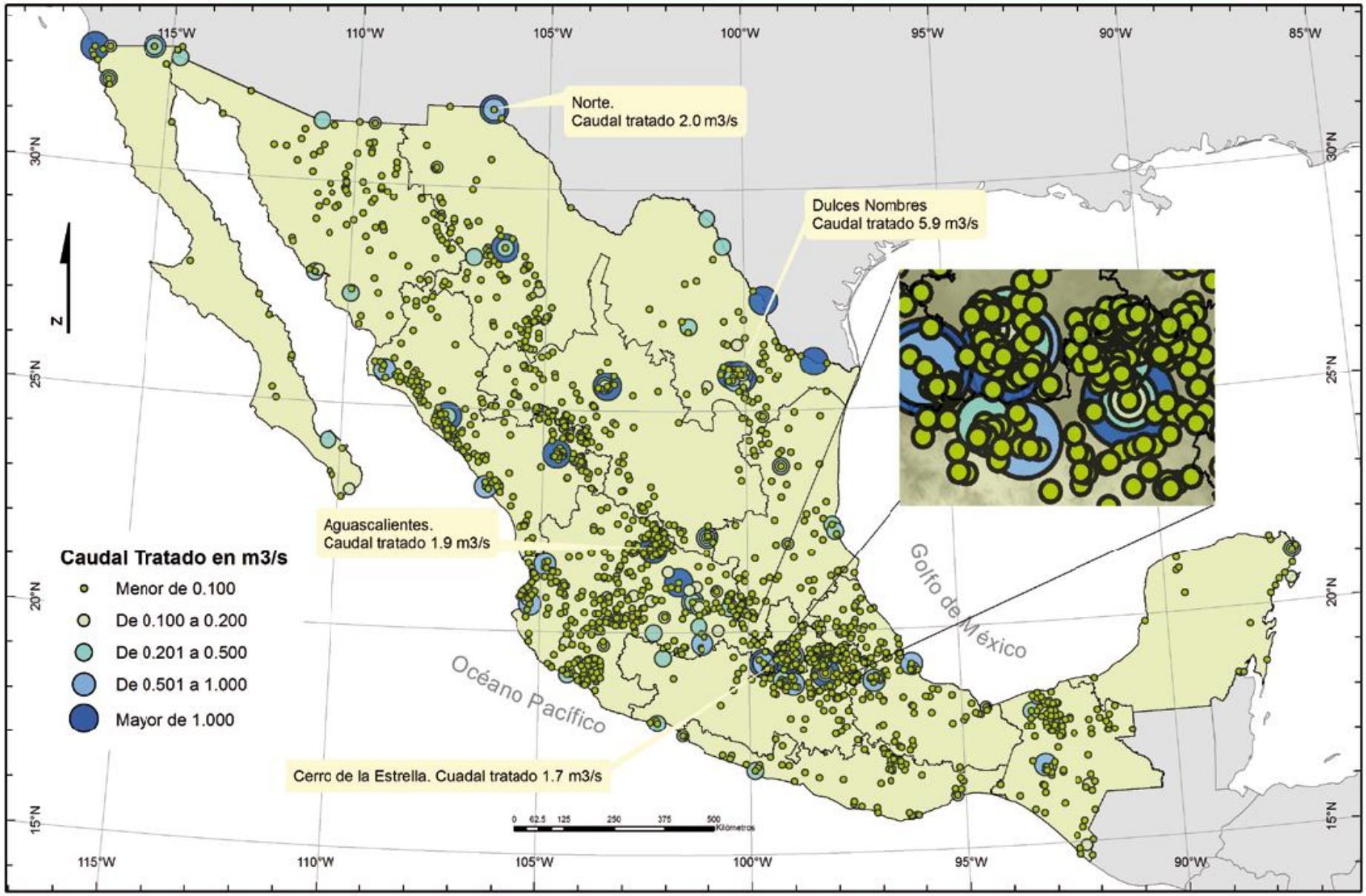
Disposición de aguas residuales: Fosas sépticas o sumideros

CONAGUA
Comisión Nacional del Agua

Plantas de tratamiento de aguas residuales

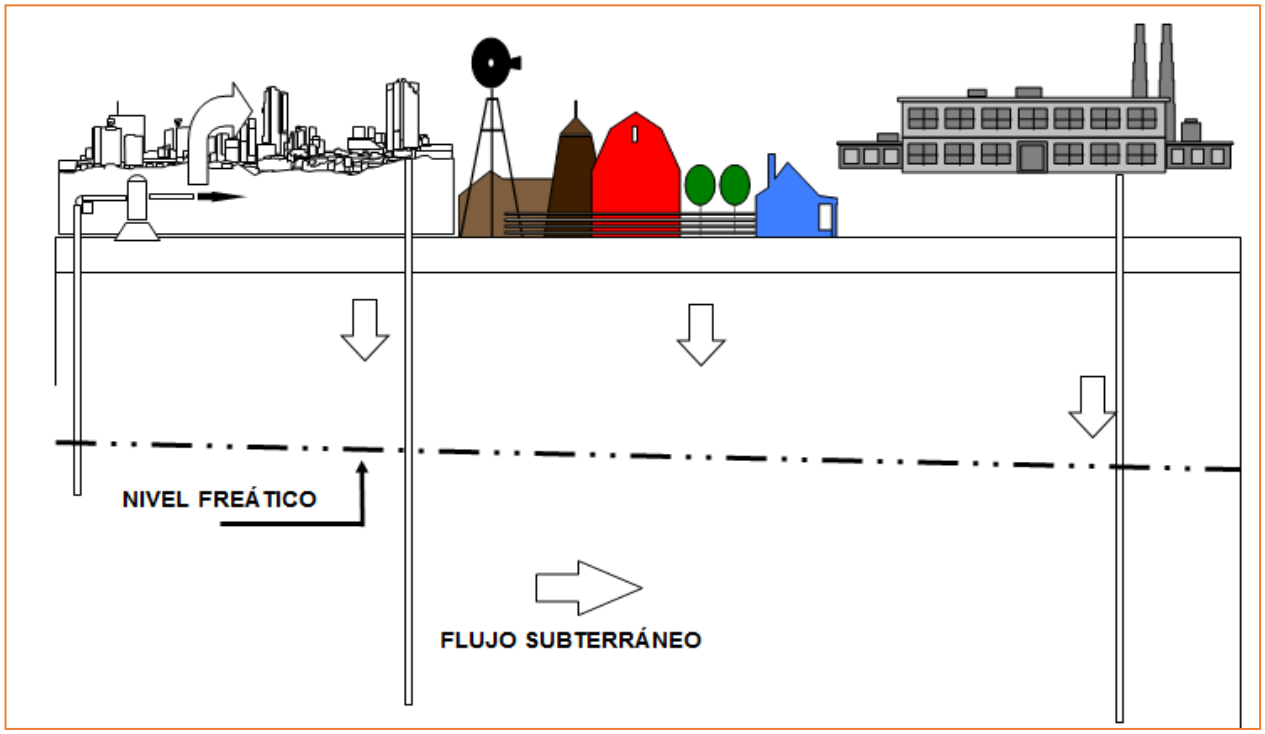
FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.

Mapa: 28



ACUÍFERO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

El acuífero es al mismo tiempo fuente de abastecimiento y cuerpo receptor de aguas residuales



Península de Yucatán : 4'103,596 HABITANTES

Disponibilidad y usos del agua en la Península de Yucatán

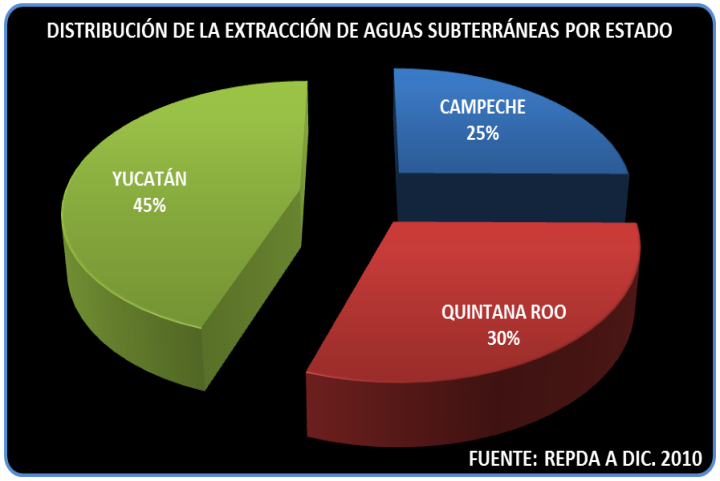
Se tiene amplia disponibilidad del agua, garantizando los requerimientos de todos los usos (99% se abastece de aguas subterráneas).

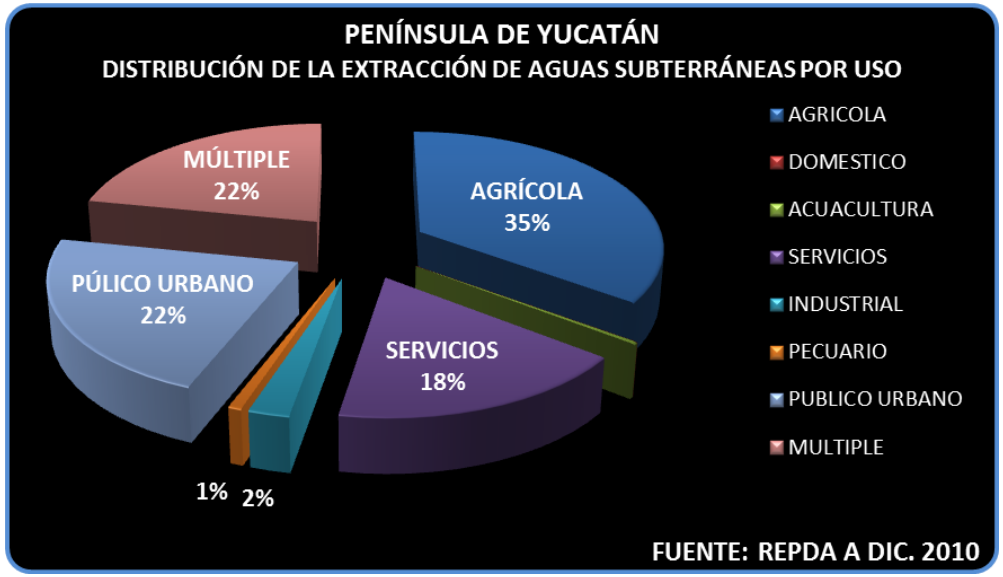
DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

	RECARGA MEDIA	DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA	VOLUMEN CONCESIONADO (1)	DISPONIBILIDAD MEDIA (1)
X'PUJIL	2,099.40	1,784.10	0.253	315.05
CERROS Y VALLES	1,194.20	854.90	4.626	334.67
ISLA DE COZUMEL	208.70	160.40	12.959	35.34
P. DE YUCATÁN	21,813.40	14,542.20	2,265.600	5,005.60
S U M A S	**25,315.70**	**17,341.60**	**2,283.44**	**5,690.66**

Publicada en el D.O.F. 28 de agosto de 2009

(1) Unidades en Millones de metros cúbicos





	No. Aprov.	Volumen (m^3)
AGRICOLA	15,400	929,497,813.32
DOMESTICO	349	109,232.70
ACUACULTURA	103	8,123,865.90
SERVICIOS	1,766	463,551,099.95
INDUSTRIAL	619	62,943,996.60
PECUARIO	3,913	20,400,931.34
PUBLICO URBANO	2,270	588,965,533.79
MULTIPLE	10,404	580,168,909.67
	34,824	**2,653,761,383**

FUENTE: REPDA A DIC. 2010

CONAGUA - ORGANISMO DE CUENCA PENÍNSULA DE YUCATÁN
DIRECCIÓN TÉCNICA

Efectos antropogénicos en el acuífero

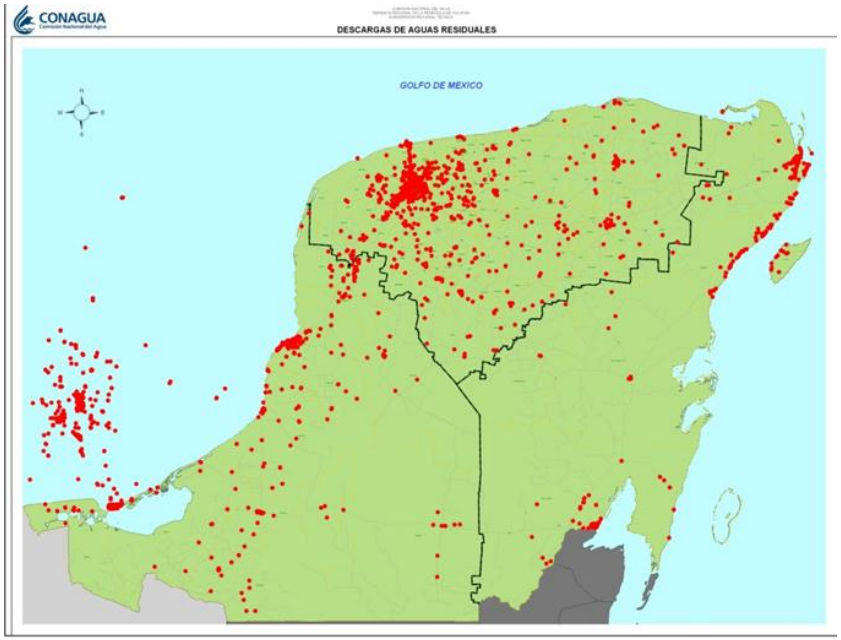
DESCARGAS MUNICIPALES: 306 Hm³ /año

ESTADO	AGUA RESIDUAL GENERADA LPS	AGUA RESIDUAL COLECTADA LPS	PLANTAS DE TRATAMIENTO NUM.	CAPACIDAD INSTALADA LPS	CAUDAL TRATADO LPS	COBERTURA %
CAMPECHE	2039.8	99.8	22	143.0	99.8	4.89
Q. ROO	2417.8	1675.2	31	2097.0	1675.2	69.29
YUCATAN	4615.1	130.7	25	422.2	130.7	2.83
REGIONAL	**9072.7**	**1905.7**	**78**	**2662.2**	**1905.7**	**21.00**

DESCARGAS NO MUNICIPALES 433 Hm³ /año

USOS	USUARIOS	DESCARGAS	VOL. M3/AÑO
ACUICOLA	32	38	41,742,383
INDUSTRIAL	343	637	23,283,608
GEN. ENERGIA	5	40	7,760,693
PECUARIO	240	442	5,173,982
SERVICIOS	1,934	3,392	355,788,409
TOTAL	**2,554**	**4,549**	**433,749,074**

- **Volumen de descarga: 3% de la recarga media anual al acuífero.**
- **Sin embargo, la capacidad de asimilación a cualquier contaminante es muy baja**



Atenuación natural

- La atenuación de contaminantes conforme viajan a través de la zona de suelo (cuando ésta existe), la zona no saturada y la zona saturada son afectadas por una variedad de reacciones químicas y procesos biológicos y físicos que ocurren en la naturaleza que con frecuencia hacen que el contaminante cambie su estado físico o forma química (Baun et al. 2003, Brady et al. 2003).

- Las reacciones y los procesos principales incluyen a procesos geoquímicos :
  - absorción/desabsorción
  - solución/precipitación y oxidación/reducción);
  - procesos físicos (advección, dispersión y difusión);
  - procesos bioquímicos (descomposición orgánica y síntesis celular) y
  - procesos biofísicos (filtración y transporte de patógenos).

- La zona de suelo, cuando está presente, tiene la mayor variedad y magnitud de procesos naturales, principalmente en la zona de raíz donde se desintegran una gran cantidad de compuestos químicos por la actividad de los microorganismos, por procesos químicos y físicos y por la actividad de las plantas. La zona no saturada juega por lo general un papel muy importante al retardar la llegada de los contaminantes al nivel freático.

- Los acuíferos kársticos no son muy efectivos para atenuar los contaminantes presentes en el subsuelo porque no tienen la capacidad de autotratamiento encontrada en otro tipo de acuíferos (Ford y Williams, 1989). Las cinco limitantes de la atenuación que se supone afectan mucho al transporte y a la descarga de contaminantes son:
    1) Área superficial significativamente restringida para la adsorción, para el intercambio iónico o para la colonización por microorganismos.
    2) Infiltración rápida del agua y de los contaminantes.
    3) Transporte rápido de los contaminantes a través de la cubierta de suelo, típicamente delgada, y las oquedades.
    4) Regímenes de flujo turbulento, asociados con el flujo muy rápido, promueven el transporte de contaminantes.
    5) Tiempo insuficiente, debido a la velocidad del flujo, para que los mecanismos de eliminación, que son dependientes del tiempo, actúen en los contaminantes.

- Gibert (1990) sugiere que las cargas de contaminantes pueden sufrir transformaciones al cruzar las zonas no saturada y saturada, desaparecer completamente, moverse con lentitud, detenerse o esparcirse ampliamente de tal manera que no se detecten con facilidad.

- Las mejores condiciones para la autopurificación no existen en sistemas kársticos.
    a. No hay suficiente tiempo para que el agua subterránea kárstica se oxigene completamente antes que alcance la zona saturada (en pocas horas o pocos días) donde la autopurificación solamente se lleva a cabo anaeróbicamente.
    b. La baja densidad de microorganismos reduce la rapidez de mineralización de substancias orgánicas y la ausencia casi total de algas previene la movilización de parte de estos contaminantes (por ejemplo, los nitratos) cuando son muy abundantes. Así, la población que habita en las cavernas puede ya sea incrementar (Holsinger 1966, Turquin 1980 y Sinton 1984) o disminuir (Brantsetter 1975 y Adamek y Rauser 1977) cuando estos contaminantes les lleguen.
    c. La biotransformación y la biodegradación por acciones microbianas o de microfauna, dentro del karst, no se conocen bien y necesitan más atención (Turquin 1980 y Moreau 1982).

- La caliza tiene cierta capacidad para eliminar algunos contaminantes o reducir su concentración. Esta capacidad de purificación del ambiente ("capacidad de atenuación") expresa la habilidad intrínseca del material rocoso que se encuentra por encima y en el sistema de agua subterránea de absorber, dispersar o retardar contaminantes por un número de procesos físicos, químicos y biológicos que actúan en el sistema suelo–roca–agua subterránea.

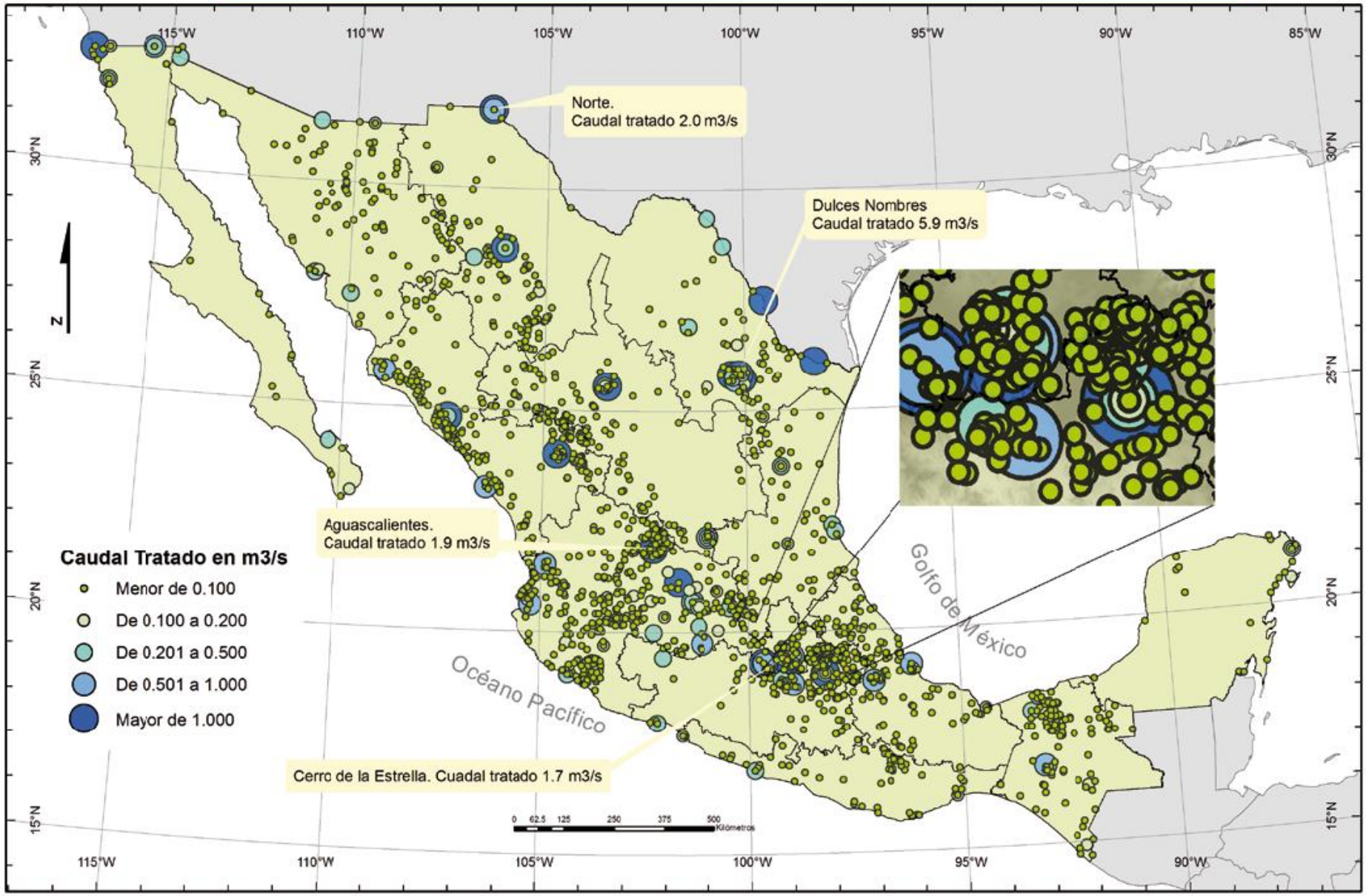
- Pocos procesos suceden en la zona saturada siendo los más efectivos para la disminución de los gradientes de concentración de solutos **la dilución por dispersión y advección**, así como fenómenos de retardo lineal por la interacción de solutos con el medio físico.
- La atenuación natural puede aprovecharse como un método de remediación que depende de los procesos que ocurren de manera natural para controlar la migración de los contaminantes disueltos en el agua subterránea, tales como **dispersión, absorción y biodegradación.**
- La atenuación natural controla a los contaminantes liberados en fuentes zonificadas por medio de **dispersión, difusión, absorción, degradación, volatilización y dilución.**
- La volatilización y la difusión no son importantes en la mayoría de los sistemas de agua subterránea que no contienen arcillas (Wiedemeier et al. 1999); por lo tanto, los principales procesos de atenuación son dispersión, absorción, degradación y dilución.

CONAGUA
Comisión Nacional del Agua

Plantas de tratamiento de aguas residuales

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.

Mapa: 28



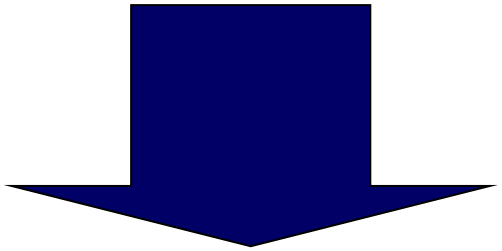
FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Problemas de disponibilidad de agua de primer uso:

- distribución fisiográfica y climática
- contaminación de aguas superficiales y subterráneas
- incremento acelerado de las demandas

Problema $\Rightarrow$ descargas de aguas servidas

Elección de un sistema de tratamiento



Sustentabilidad del sistema

Enfoques: climático, económico, cultural, social, técnico e institucional

SANEAMIENTO

- **DERECHO HUMANO**
- **OBLIGACIÓN INHERENTE**
- **CONSERVACIÓN DEL HABITAT Y DEL ENTORNO**

- **PRESERVACIÓN DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO**
- **PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS CONFIABLE**
- **INOCUIDAD ALIMENTARIA**
- **PRESERVACIÓN DEL ENTORNO**

Objetivos del tratamiento de las aguas residuales

- **Control de la contaminación para la protección de la calidad del agua en los cuerpos receptores y del agua subterránea**
- **Recuperación y saneamiento de cuencas**
- **Salud pública**
- **Control de la calidad del agua para su reutilización (reúso)**
- **Protección de las fuentes de abastecimiento**
- **Protección de zonas turísticas**
- **Protección de arrecifes**

Tratamiento de Aguas Residuales

Dos vertientes:

Sistemas Centralizados

Sistema de alcantarillado
Separación de drenajes
(pluvial – sanitario)

Sistemas Descentralizados

Sistema de alcantarillado
Separación de drenajes
(pluvial – aguas grises – aguas negras)

Metodología para la preselección

- Caudal y características del agua residual
- Área del sistema de tratamiento (disponible vs. necesaria)
- Eficiencia requerida (calidad del efluente)
- Costo de inversión
- Requerimientos de O&M
- Costos de O&M
- Personal capacitado
- Consumo de energía
- Adaptabilidad del sistema
- Factores ambientales
- Producción de lodos

UNA PTAR
ES UN TRAJE
A LA MEDIDA!!!

Alcantarillado

Por otro lado, la CONAGUA considera que la cobertura de alcantarillado incluye a las personas que tienen conexión a la red de alcantarillado o una fosa séptica, o bien a un desagüe, a una barranca, grieta, lago o mar.

Composición de la cobertura nacional de alcantarillado, serie de años censales de 1990 a 2005 (Porcentaje)

Fecha	Conectado a la red pública (%)	Conectado a fosa séptica (%)	Otros[a] (%)	Total (%)
12/marzo/1990	50.1	8.6	2.8	61.5
5/noviembre/1995	57.5	11.7	3.2	72.4
14/febrero/2000	61.5	11.4	3.3	76.2
17/octubre/2005	67.6	15.9	2.1	85.6

a Se refiere a desagüe a barranca, grieta, lago o mar.

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de: CONAGUA. Cubos Portátiles de Información. 2008, Población, Vivienda y Agua, Usos del Agua e Hipercubo.
Análisis de la Información del Agua de los Censos y Conteos 1990 a 2005. Septiembre de 2007.
Programa Nacional Hídrico 2007-2012. Así vamos... Avances 2007 y metas 2008.
INEGI. Conteos y Censos Generales de Población y Vivienda. INEGI. Información publicada en varios formatos.

Cobertura de la población con servicio de alcantarillado por Región Hidrológico-Administrativa, serie de años censales de 1990 a 2005 (Porcentaje)

No.	Región Hidrológico Administrativa	Alcantarillado			
		12-mar-90	05-nov-95	14-feb-00	17-oct-05
I	Península de Baja California	65.2	75.8	80.6	89.0
II	Noroeste	62.6	71.5	76.5	84.1
III	Pacífico Norte	51.7	63.9	69.9	82.6
IV	Balsas	48.8	63.0	67.5	81.4
V	Pacífico Sur	33.3	46.5	47.4	63.3
VI	Río Bravo	73.9	84.0	88.2	93.8
VII	Cuencas Centrales del Norte	55.4	65.3	73.3	85.6
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	68.0	79.8	82.5	90.1
IX	Golfo Norte	33.9	42.2	50.0	65.3
X	Golfo Centro	45.9	55.9	60.1	74.8
XI	Frontera Sur	45.5	62.3	67.7	80.7
XII	Península de Yucatán	45.1	57.5	63.2	76.3
XIII	Aguas del Valle de México	85.9	93.1	94.4	97.2
NACIONAL		**61.5**	**72.4**	**76.2**	**85.6**

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de:
CONAGUA. Cubos Portátiles de Información 2008. Población, Vivienda y Agua ; Usos e Hipercubo.
INEGI. Conteos y Censos Generales de Población y Vivienda. INEGI. Información publicada en varios formatos.

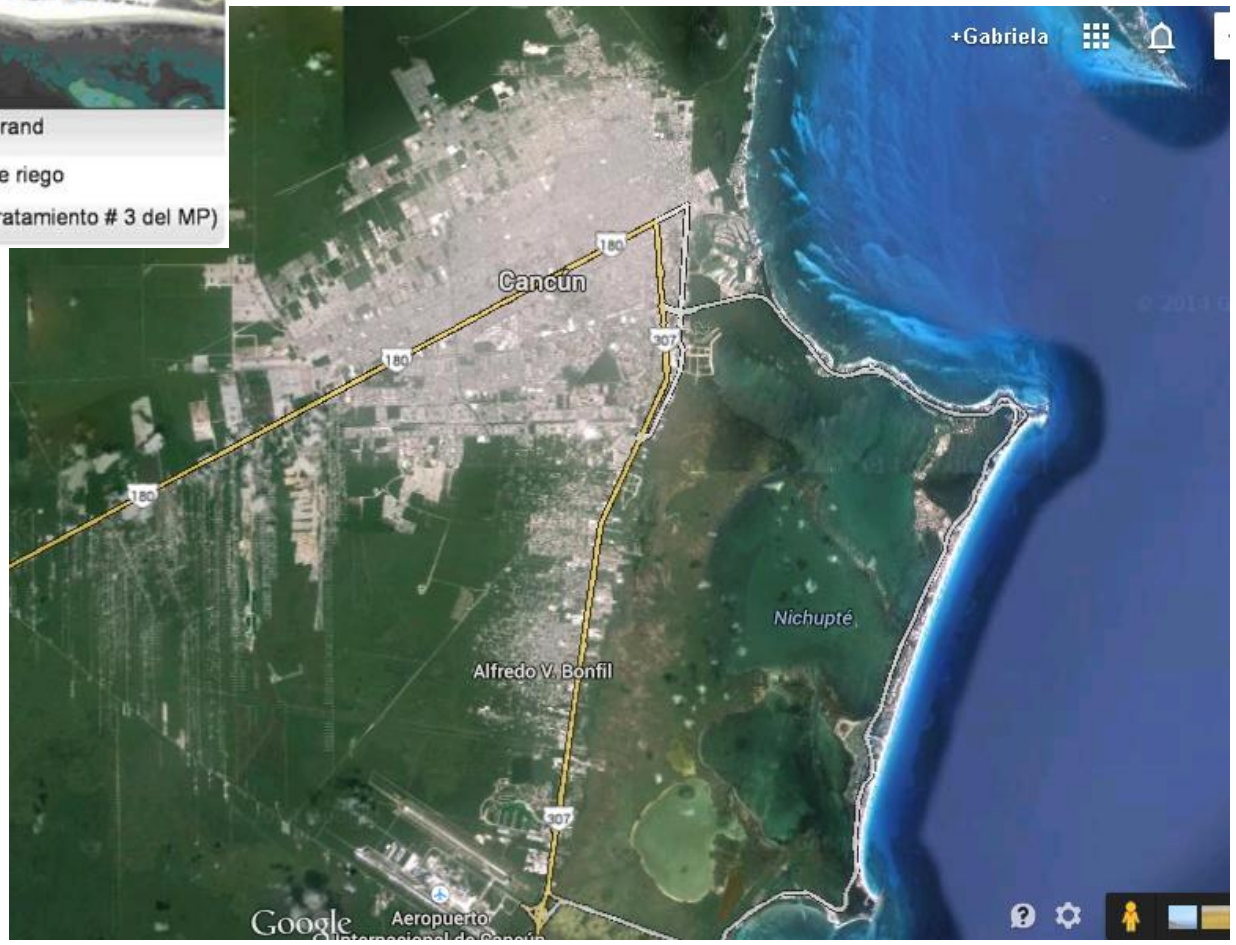
Es oportuno mencionar que para fines de este documento, se considera al alcantarillado y al drenaje como sinónimos. Tomando en cuenta esta definición y los resultados del Conteo de Población y Vivienda del 2005, al 17 de octubre de ese año el 85.6% de la población tenía cobertura de alcantarillado. La CONAGUA estima que al cierre de 2007, la cobertura de alcantarillado fue de 86.1%.

Se observa que los mayores rezagos en ambos rubros se presentan en las regiones V Pacífico Sur, XI Frontera Sur y X Golfo Centro.

Ubicación de la nueva Planta de tratamiento del Moon Grand

Sistema de tratamiento terciario (biofiltro) para el agua de riego

Cárcamo de agua tratada para riego (junto a planta de tratamiento # 3 del MP)



CANCÚN: SISTEMA DESCENTRALIZADO

AGUAKÁN (organismo operador)
Planta Norte: 350 L/s
Planta Caribe 2000: 225 L/s
Planta Norponiente: 100 L/s
Planta Isla Mujeres: 30 L/s

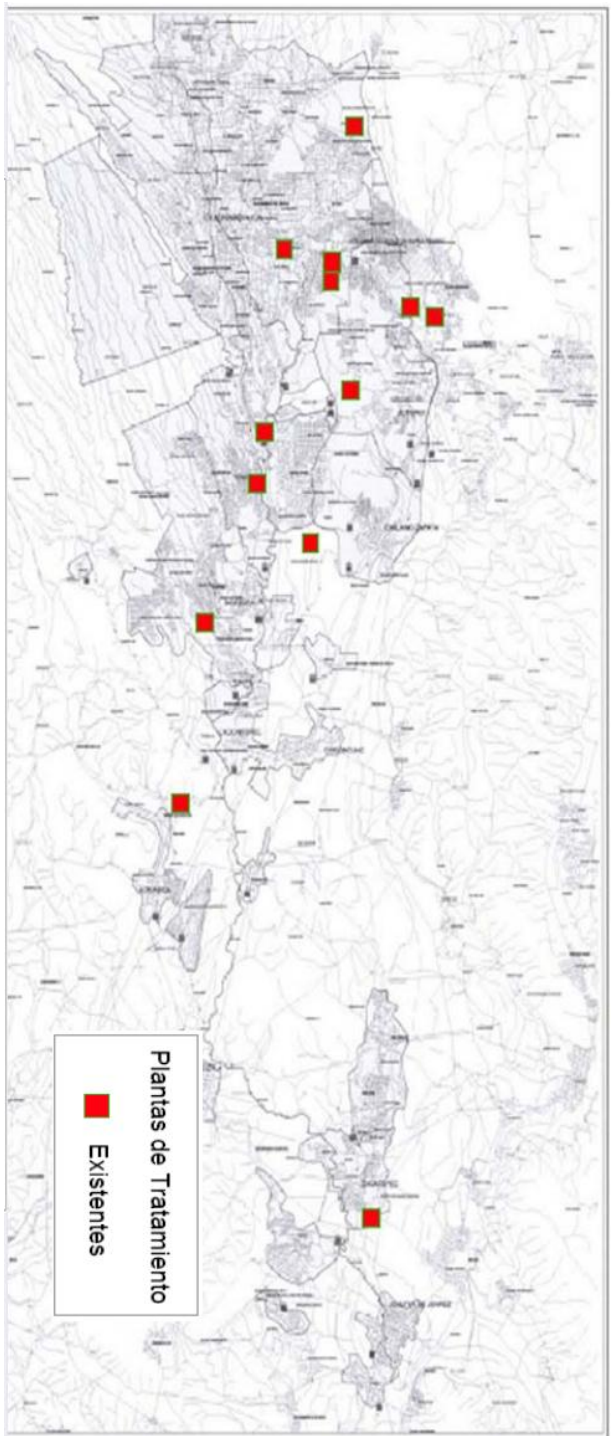
FONATUR (zona hotelera)
Planta Pok ta Pok: 245 L/s
Planta El Rey: 100 L/s
Planta Gukumatz: 200 L/s

Grandes hoteles: PTARs propias

Sistemas descentralizados

vs

Análisis Costo - Beneficio



Sistemas descentralizados……

Análisis Costo - Beneficio

1. Economía de escala
2. Alcantarillado – Drenajes – Bombeo
3. Descargas a barrancas: colectores marginales
4. Topografía accidentada: barrancas
5. Suelos tipo III (karst)

a) REUSO in situ
b) Mejor manejo precipitación pluvial
c) Mantenimiento red alcantarillado

Área vs. Energía

Tratamiento de aguas residuales

Domésticas

- Coagulación y eliminación de sólidos coloidales no sedimentables

- Estabilización de la materia orgánica

Industriales

- Disminución de compuestos orgánicos e inorgánicos.

- Disminución de toxicidad.

Caracterización de las aguas residuales

Gasto	**Promedio, (Min, Max)**
Características físicas:	**pH, temperatura, color**
Contaminantes no específicos:	**Sustancias biodegradables**
	Sustancias no biodegradables
	Salinidad
	Sólidos suspendidos
Contaminantes específicos:	**Contaminantes prioritarios**
	Grasas y aceites
	Compuestos orgánicos (VOCs)
	Metales pesados, As, CN
	Compuestos xenobióticos
Otros factores:	**Patógenos**
	Otro tipo de compuestos productos tóxicos

Variación de aguas residuales

- Variaciones en el gasto, concentración y características del agua, pueden afectar significativamente el funcionamiento del proceso de tratamiento y la calidad del producto final

- Causas contribuciones temporales o puntuales de descargas industriales, recirculación de lodo y sobrenadantes al proceso; infiltración y otros factores

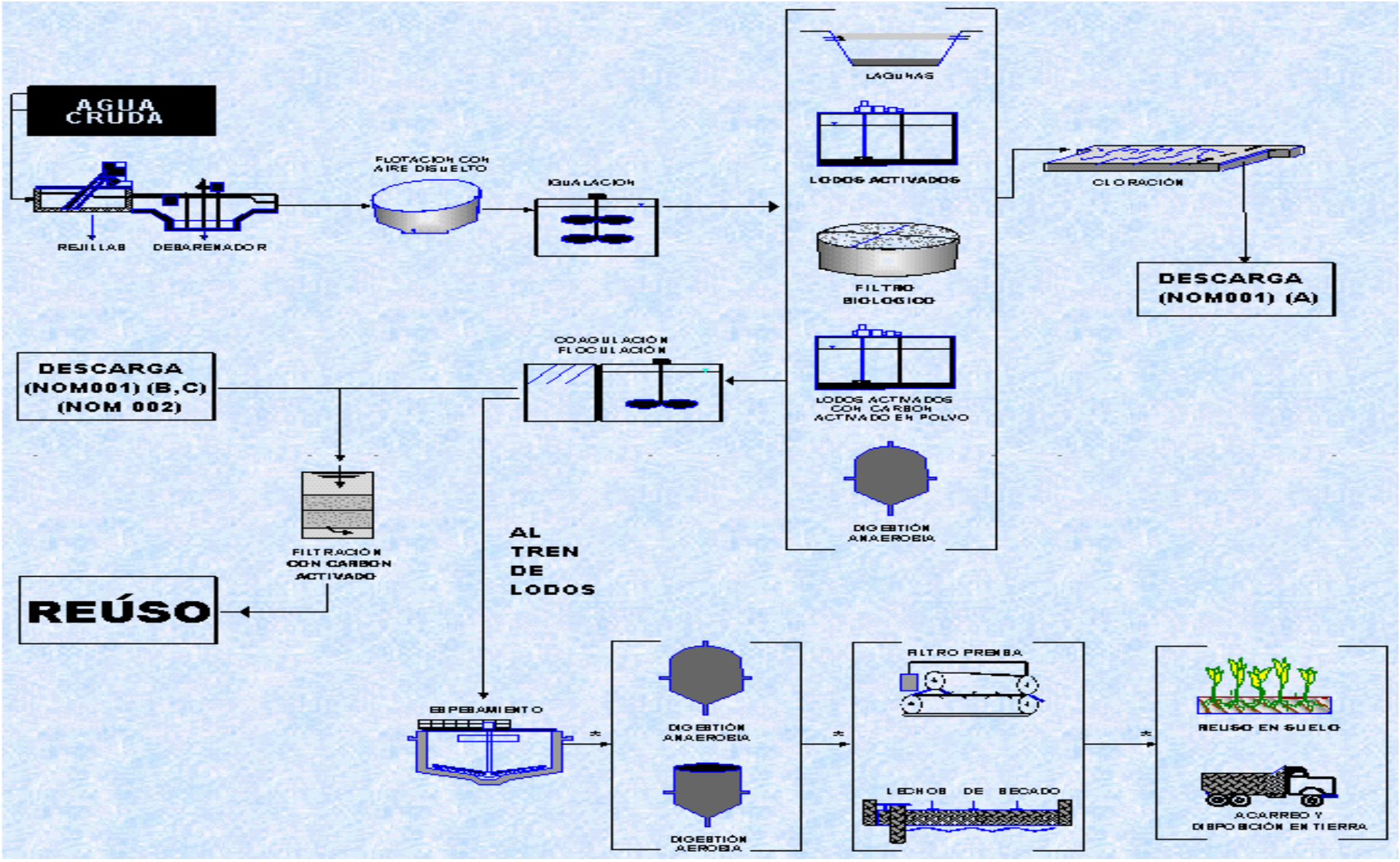
- Agua de lluvia – infiltración - dilución

Composición típica del agua residual doméstica

Parámetro	Unidad	Baja	Media	Alta
Sólidos suspendidos totales	mg/L	120	210	400
Sólidos totales	mg/L	390	720	1230
Sólidos sedimentables	mg/L	5	10	20
DBO	mg/L	110	190	350
DQO	mg/L	250	430	800
NTK	mgN/L	20	40	85
Fósforo total	mgP/L	4	7	12
Amoniaco	mgN/L	12	25	45
Grasas y aceites	mg/L	50	90	100
Nitritos	mgN/L	0	0	0
Nitratos	mgN/L	0	0	0
Coliformes totales	NMP/100 mL	10^6-10^8	10^7-10^9	10^7-10^{10}
Coliformes fecales	NMP/100 mL	10^3-10^5	10^4-10^6	10^5-10^8

Fuente: **Wastewater Engineering Treatment and Reuse, Metcalf and Eddy, 2004**

Alternativas para el tratamiento de las aguas residuales



Tren de tratamiento convencional

Procesos

Tratamiento primario
(físico)

Eliminación de partículas gruesas y sólidos sedimentables

Tratamiento secundario
(biológico)

Eliminación de materia orgánica

Eliminación de sólidos coloidales no sedimentables.

Tratamiento terciario

Eliminación de contaminantes Específicos
Pulimento (remoción de nutrientes)
Desinfección

Tratamiento físico

Contaminantes en el agua residual → Fuerzas o barreras físicas → Efluente tratado

- Cribado
- Mezclado
- Sedimentación
- Filtración
- Flotación

Tratamiento biológico

Contaminantes en el agua residual (disueltos o en forma coloidal)

→ Proceso biológico → Agua tratada

- Lagunas de estabilización
- Lodos activados
- Filtros biológicos
- Tratamiento anaerobio
- Biodiscos

Sistemas de tratamiento biológico más comunes

- **Lodos activados : convencional, aereación extendida, zanjas de oxidación**
- **Filtros rociadores**
- **Biodiscos**
- **Reactores anaerobios**
- **Lagunas de estabilización**
- **Lagunas aereadas**
- **Humedales**

Problemática generalizada

Recolección insuficiente del AR
PTAR's subutilizadas ($Q_{diseño} > Q_{op}$)
Plantas sobrecargadas
No hay manuales de operación
No se cuenta con equipo para control de proceso

Capacitación deficiente de operadores

Módulos viejos, instalaciones y equipos en mal estado

No hay recursos para O&M

No hay mantenimiento preventivo

Rotación de personal

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	ÁREA
Lagunas de estabilización	Bajo costo de construcción, O & M No generan LR Desinfección natural Confiabilidad Remoción de DBO_5 y patógenos Protección para la vida silvestre \$0.30/m^3 ART	Grandes áreas de terreno Eficiencia afectada por temperatura Impermeabilización Algas en efluente Operación deficiente y/o sobrecarga → olores Algas en efluente Desazolve @ 5-10 años	0.8 ha por L/s 48 Ha
Lodos activados, aeración extendida	No requieren de Sed. Primario LR prácticamente digeridos. Confiabilidad alta Remoción >90% de altas concentraciones DBO_5. Proceso flexible Nitrificación – desnitrificación \$1.50-\$3.00/m^3 ART	Capacidad de carga de DBO_5 limitada. No resiste grandes variaciones de carga hidráulica y orgánica. Alto consumo de EE	5000 m^2
Lodos activados convencional	Costos de inversión inicial menores que otros tipos de tratamientos biológicos Confiabilidad alta Remueve altas concentraciones de DBO_5 (80-95%) Remueve volátiles y SST \$1.50-\$3.00/m^3 ART	Producción alta de LR Requiere Sed. Primaria Capacidad de carga orgánica limitada. Requiere de aireación continua Consumo de EE continuo Digestión posterior de los LR	5000 m^2

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	ÁREA
Lagunas aireadas	No hay recirculación Área < que Lag. Estabilización Bajo costo de inversión Poca capacitación para operación Desazolve lodos @ 20 - 30 años No generan LR $0.50-$1.50/m^3 ART	Consumo EE Requiere grandes extensiones de terreno Algas en efluente Impermeabilización Mal diseño : malos olores Mantenimiento equipo aeración	0.4 Ha por L/s 24 Ha
Filtros rociadores	Inversión inicial menores que otros sistemas . Confiabilidad alta Eficiencia: 60 -80% DBO_5. (recirculación) Remueve volátiles y SST Bajo consumo de EE, baja producción LR Simple en operación Lodos fáciles de deshidratar $1.50-$3.50/m^3 ART	Moscas y Olores Consumo de EE Capacidad de carga orgánica limitada Pérdidas de carga hidráulica (1.5 -3m) Proceso poco flexible	7000 m^2
RAFA + Discos biológicos	Eficiencia: DBO: 70- 85%; SST: 70 -85% Fácil operación y control Patente mexicana $0.60/$m^3$ ART	Mantenimiento constante Proveedor único. Consumo de EE. Mantenimiento mecánico	2000 m^2
Humedales artificiales	Bajos costos de tratamiento. No producen malos olores ni ruido. Remoción DBO_5, SS, patógenos, nutrientes. Desinfección natural Soportan cargas variables Protección vida silvestre $0.40-$0.80/m^3 ART	Grandes áreas de terreno Fauna nociva si mal mantenimiento Mosquitos (Flujo Superficial) Subproductos fácilmente utilizables	0.6 Ha por L/s 36 Ha

Sistemas Naturales o No Convencionales

Sistemas de tratamiento biológico más comunes

- **Humedales artificiales**
- **Biofiltración sobre empaque orgánico**
- **Sistemas descentralizados intradomiciliarios**
- **Baños secos, letrinas**
- **Vermifiltración**

Caudales generados de aguas residuales

Aportación de: 125 - 350 L/hab-día

Población (hab)	Caudal esperado (L/s)
1 - 499	0.001 – 2.02
500 - 2,499	0.72 – 10.12
2,500 - 14,999	3.17 – 60.76
15,000 y más	21.70 - >60.76

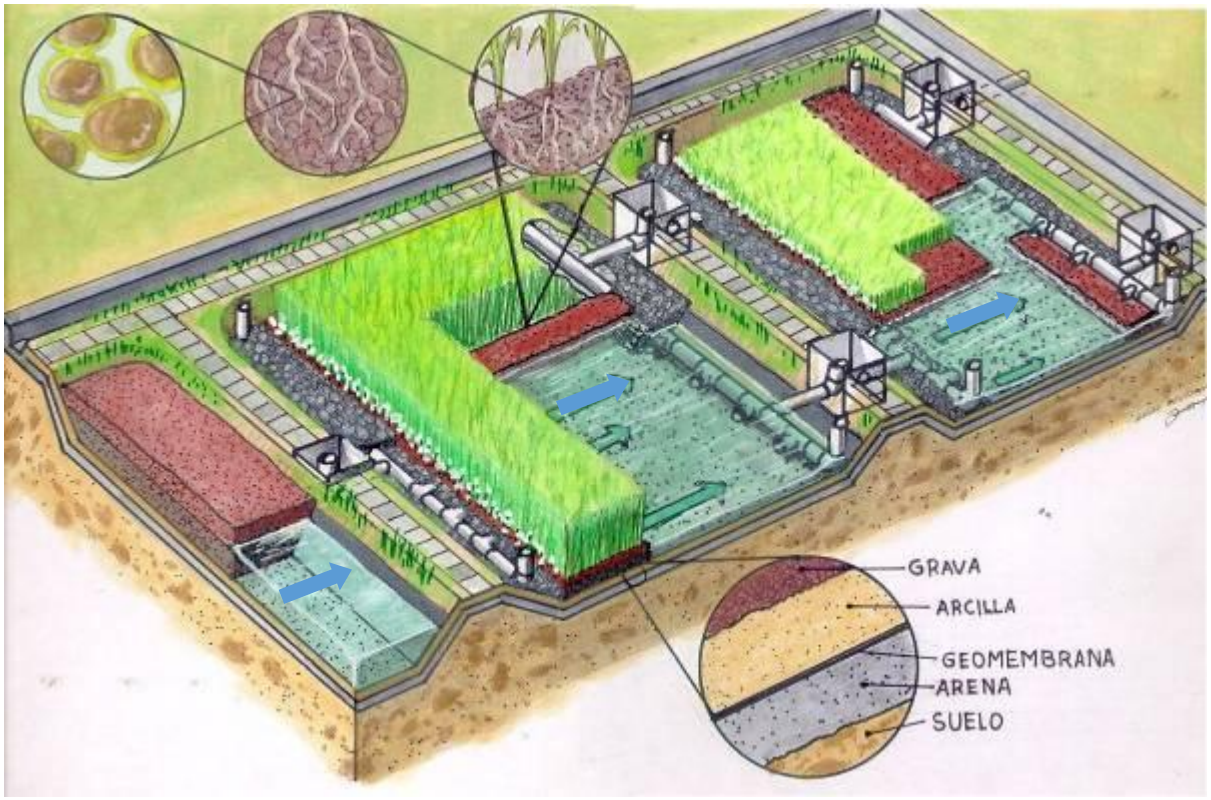
Humedales artificiales

Humedales artificiales

Humedal para 4,000 habs.

Humedal para 6,000 habs.

Humedal unifamiliar



Humedales construidos

Agua tratada mediante un humedal

Humedales artificiales

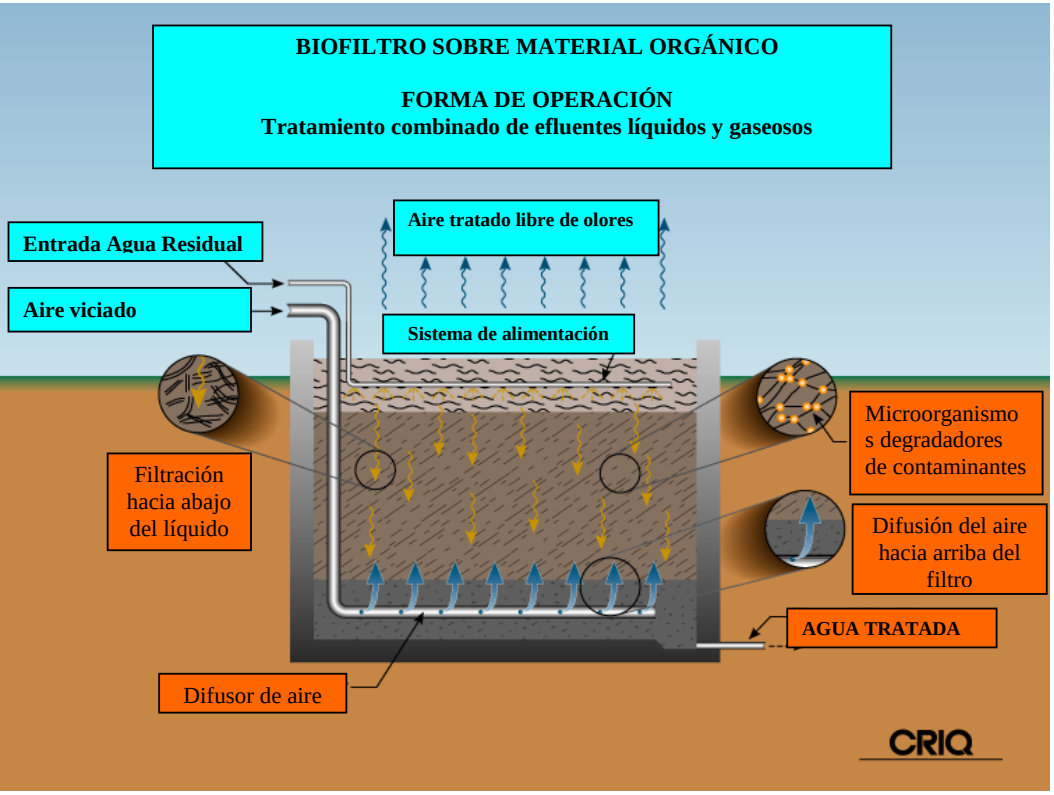
Desventaja: Demandan grandes áreas de terreno

Ventajas:

Bajo o nulo costo energético (Bajos costos de tratamiento)
O & M sencillos
No producen malos olores
No producen ruido
Menor producción de lodos residuales
Eficiente remoción de DBO_5, SS, patógenos y nutrientes
Desinfección natural
Soportan cargas variables (hidráulicas y orgánicas)
Constituyen áreas de protección para la vida silvestre
Reúso: riego de áreas verdes, riego de cultivos, acuacultura, recarga de acuíferos, protección de la vida acuática de ríos y lagos, público-urbano (NOM-003)

Biofiltración sobre materiales orgánicos para tratamiento de efluentes líquidos

Los filtros que utilizan materiales orgánicos como empaque (paja, pasto, madera, turba. etc.) son llamados biofiltros. Se usan desde hace 15 años para el tratamiento de aguas residuales.



- El agua residual es introducida por la parte superior, se infiltra y fluye hacia la parte baja, al igual que en un sistema de filtro rociador.
- A diferencia del filtro rociador, la velocidad de filtración es muy baja (≤0.5 m/d).
- Al paso del agua residual por el medio filtrante los contaminantes quedan retenidos en los materiales orgánicos por tres mecanismos:
- 1).- **Filtración pasiva**
- 2).- **Adsorción y absorción**
- 3).- **Intercambio iónico**
- Posteriormente los contaminantes retenidos son **biodegradados** por la biocenosis que se instala en el biofiltro.

BIOTROP
Esc. Sec. Nº 2 de Cuernavaca

SISTEMAS MIXTOS

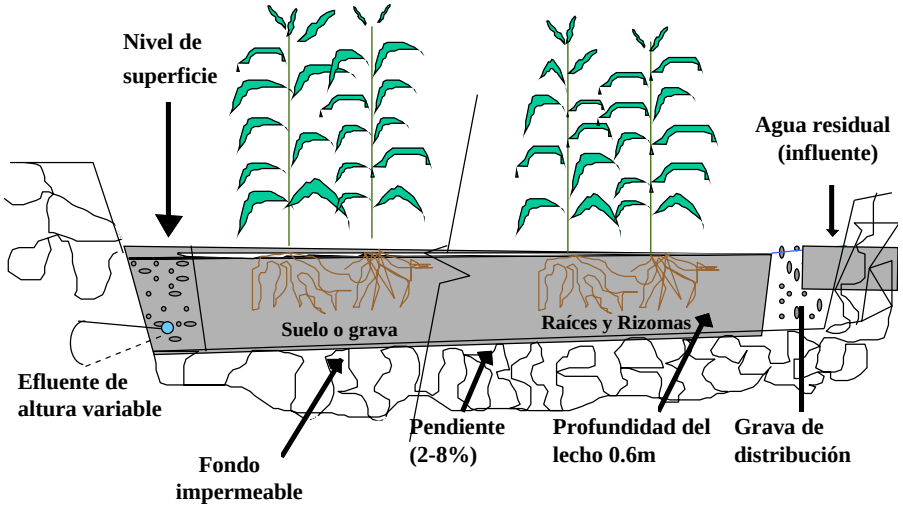
BIOFILTRACIÓN

Proceso de tratamiento en el cual, el efluente escurre a través de una cama de material poroso orgánico de forma lenta, lo que permite la colonización de la cama o empaque por microorganismos adaptados a los contaminantes presentes en el agua residual; así como la retención física de los mismos

HUMEDAL ARTIFICIAL

Humedal construido con el propósito de controlar la contaminación y el tratamiento de las aguas residuales, en una locación diferente a los humedales naturales.

Humedales - Biofiltración



Modificación de la tecnología desarrollada por el IMTA en 2007, que acopla el humedal con un biofiltro empacado con material orgánico

Vermifiltración

- Adaptados para Q < 0.5 L/s
- Sistemas para viviendas unifamiliares y condominios
- O & M sencillo
- Cambio de empaque (soporte de lombrices) @ 5 años
- Consumo energético: bomba sumergible

BIOSTAR - BIOSISTEC

Sistema aerobio de biofiltro sumergido de flujo descendente con empaque sintético

Sistema de tratamiento por biofiltro sumergido con materia orgánica fija, en un soporte de material sintético que cuenta con movimiento circular para mantener en contacto homogéneo la biopelícula con el medio exterior aereado

CAPACIDADES:

Modelo	Caudal (L/s)
BS-0.5	0.5
BS-0.8	0.8
BS-1.0	1.0

NOM-001-SEMARNAT-1996

Proceso libre de olores y con producciones de lodo en proporciones bajas

Área mínima: 9 m^2

Requerimientos:
Cárcamo de bombeo y control

Acometida eléctrica para la conexión del tablero principal

Q < 2 L/s

BS-0.5

Modelo	Q_{max} (L/s)	Usuarios escuela	Usuarios ZC	Vida útil Equipos (años)	Vida útil tanques (años)
BS-0.5	0.5	1234	1738	5 - 8	10 - 15
BS-0.8	0.8	1975	2765	5 - 8	10 - 15
BS-1.0	1	2469	3456	5 - 8	10 - 15

Escuelas: 35L/usuario/d

Zonas comerciales: 25L/usuario/d

BS-0.5

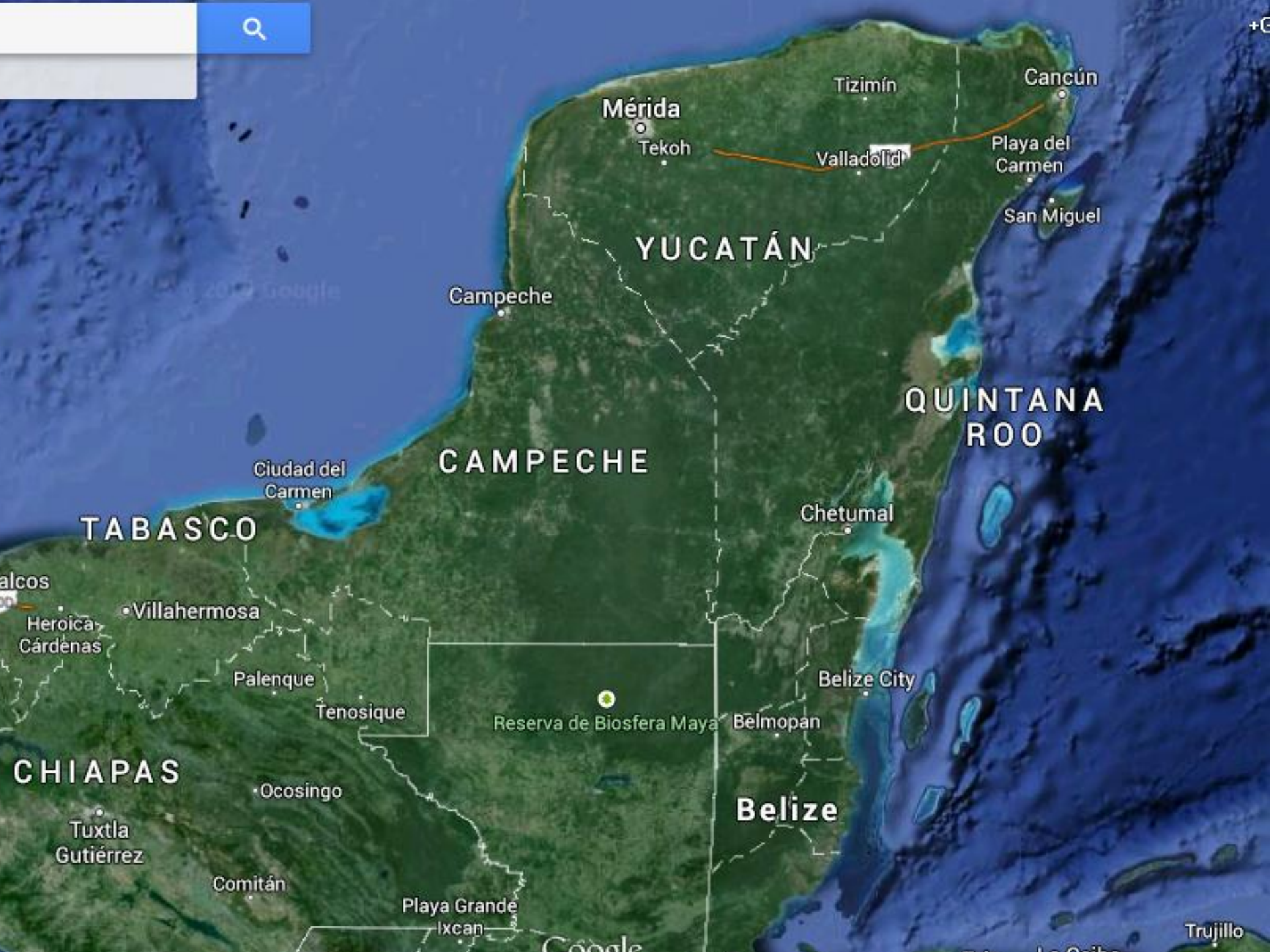
Modelo	Q_{max} (L/s)	Viv. servidas	Hab/viv
BS-0.5	0.5	50	250
BS-0.8	0.8	80	400
BS-1.0	1	100	500

Dotación: 170 L/hab/d, T > 23° C

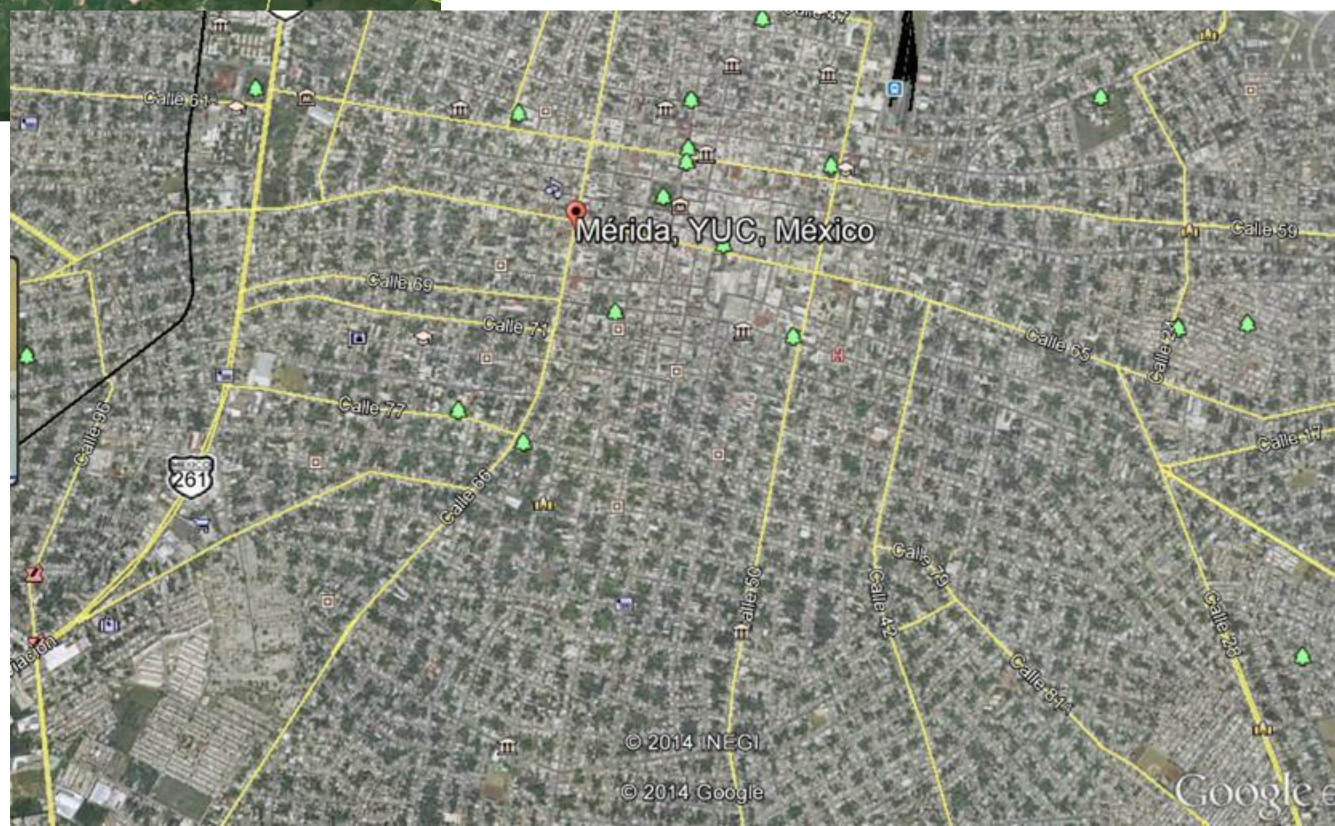
CONALEP - Tepoztlán

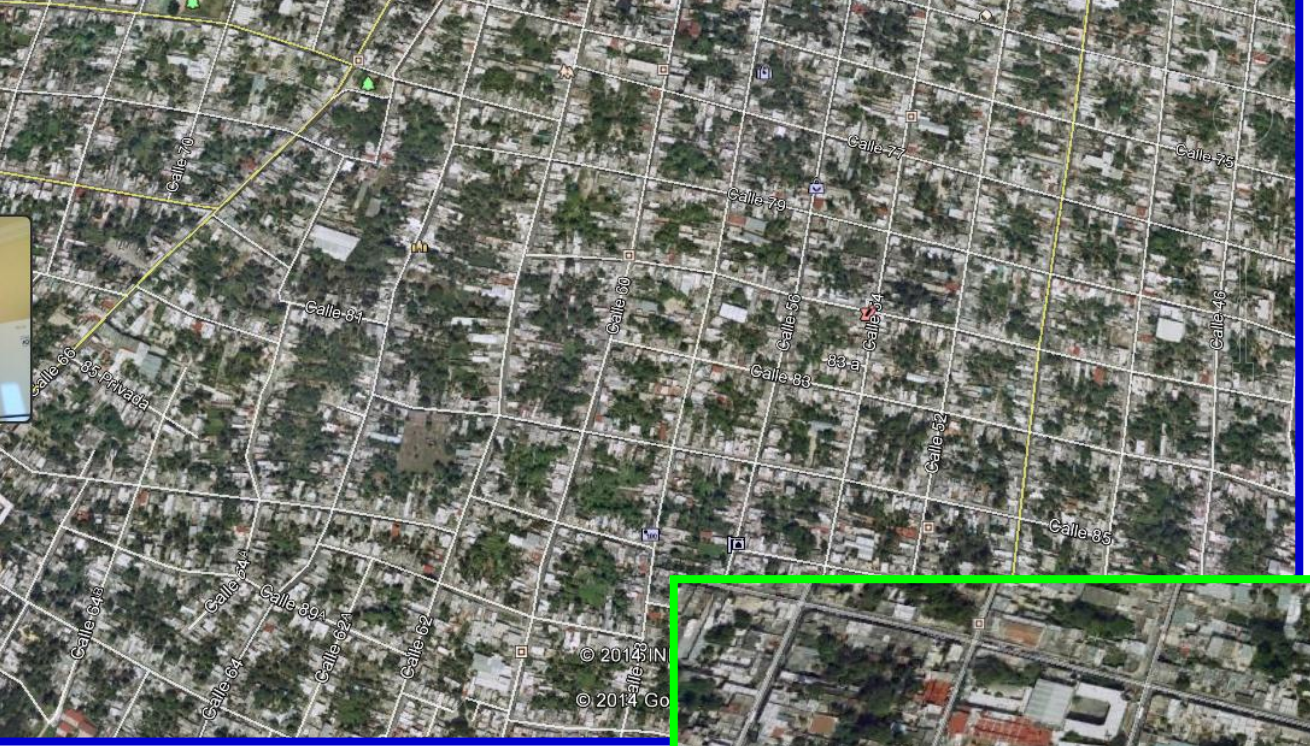
Parque Bicentenario

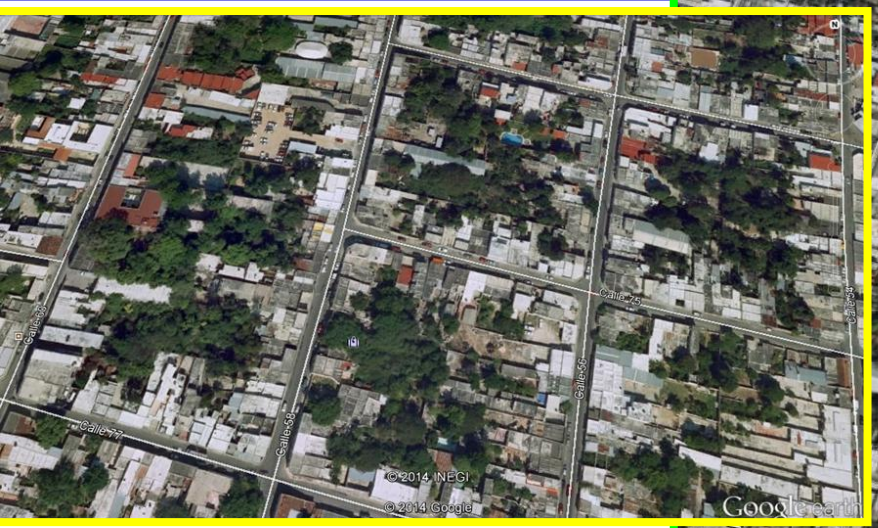
Consumo energético	**BIOFILTRO 0.5 LPS**				
Equipo instalado	Hp	kW	Real consumidos kW	Tiempo promedio operación hr	kWh/día
Bomba sumergible cárcamo de control	0.33	0.24618	0.15	20	3.00
Soplador	0.5	0.37	0.28	18	5.04
Motorreductor	0.25	0.19	0.13	18	2.34
Total					**10.38**
$/kW/h					1.5
Total $/dia					**15.57**
Total al mes					$467.10
Actividad	Personal	Hrs serv	Salario/día	Servicio $/hr	$ Día
Operación	1	0.45	120	15	**6.75**
Mantenimiento	Cant	Potencia		$/reparación	$total Rep
Bombas sumergibles	2	0.5		1200	2400
Soplador	1	0.5		2100	2100
Motorreductor	1	0.25		850	850
Total $/año					$5,350.00
Total $/día (Total Año / 365dias)					$14.66
Desinfección					
	Concent. Requerida mg/l	Consumo diario (kg)	$ por KG	$ /día	
Dosificación de hipoclorito de calcio	3	0.2	26	5.2	
	l/s	m3/h	m3/dia		
Caudal a tratar	**0.5**	1.8	43.2		
Costo total $día	**$42.18**				
Costo al mes	**$1,265.33**				
Costo de agua tratada $/m3	**$0.98**				

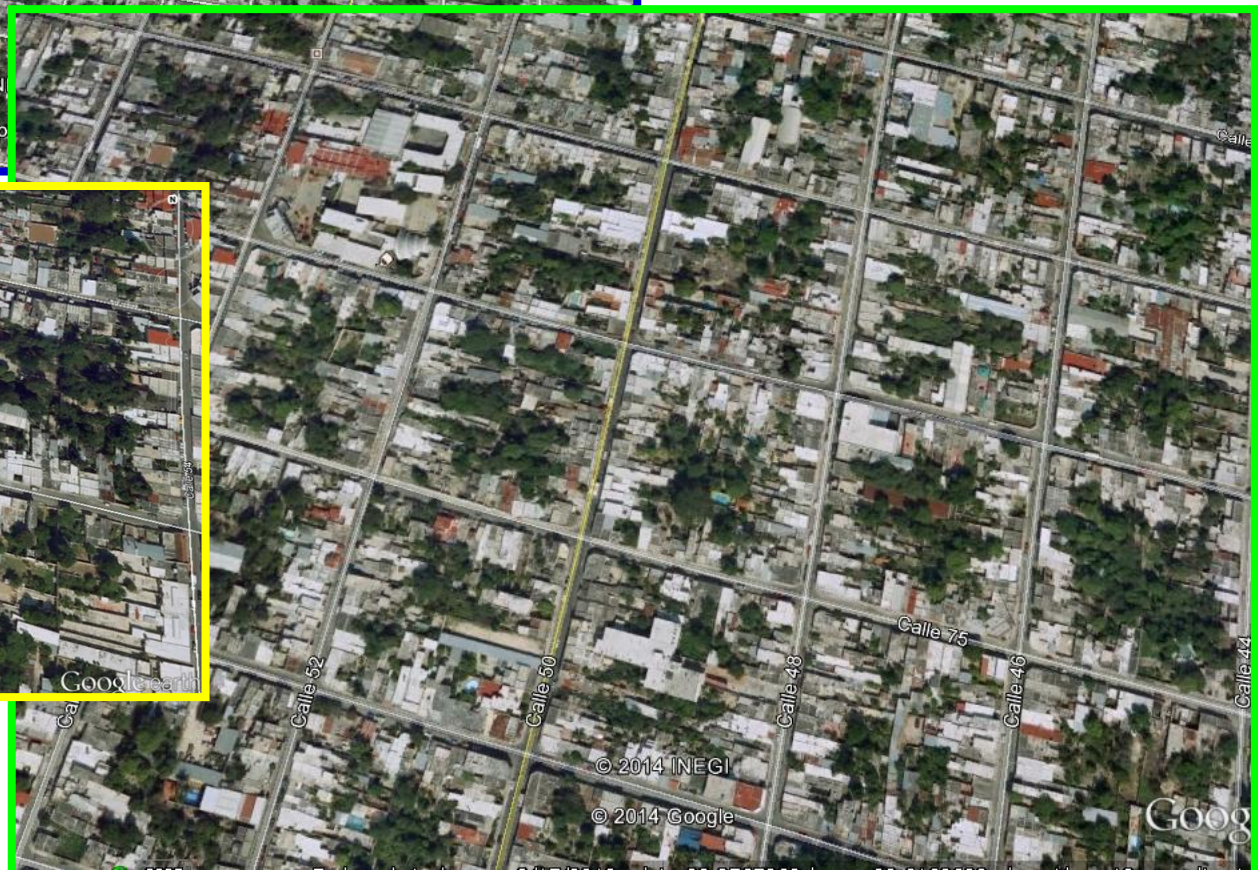

Tizimín
Cancún
Mérida
Tekoh
Valladolid
Playa del Carmen
San Miguel
YUCATÁN
Campeche
QUINTANA ROO
CAMPECHE
Ciudad del Carmen
TABASCO
Chetumal
Villahermosa
Heroica Cárdenas
Palenque
Tenosique
Belize City
Reserva de Biosfera Maya
Belmopan
CHIAPAS
Ocosingo
Belize
Tuxtla Gutiérrez
Comitán
Playa Grande Ixcan
Trujillo

Calle 60
Calle 49
Calle 7
178
176
261
281
Calle 4
Calle 2
Calle 128
Mérida, YUC, México
Campeche - Mérida
180
© 2014 INEGI
© 2014 Google
Image © 2014 DigitalGlobe


Calle 61
Mérida, YUC, México
Calle 59
Calle 69
Calle 71
Calle 65
Calle 77
Calle 96
261
Calle 66
Calle 17
Calle 79
Calle 42
Calle 50
Calle 28
© 2014 INEGI
© 2014 Google
Google



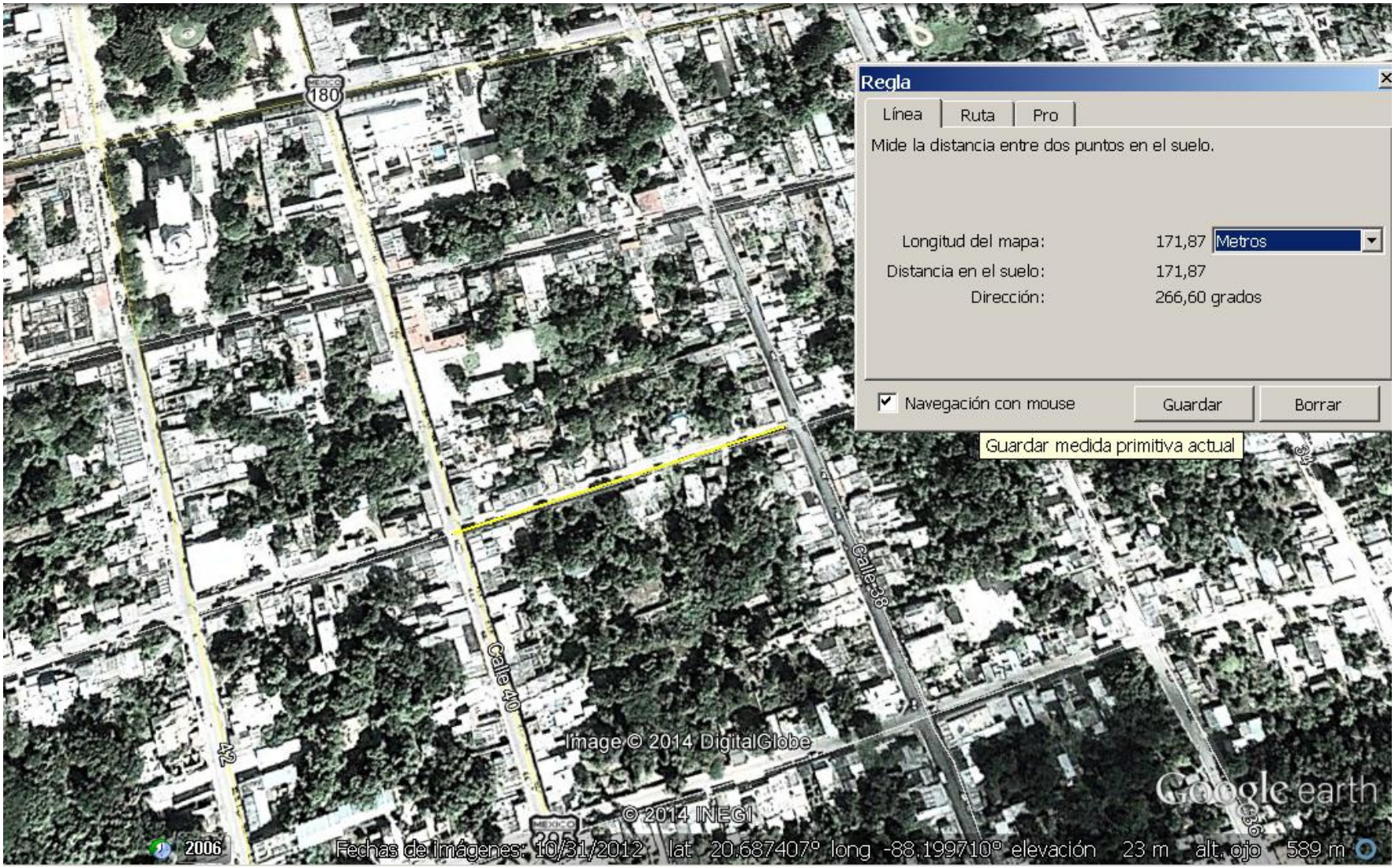




Mérida
110m x120 m

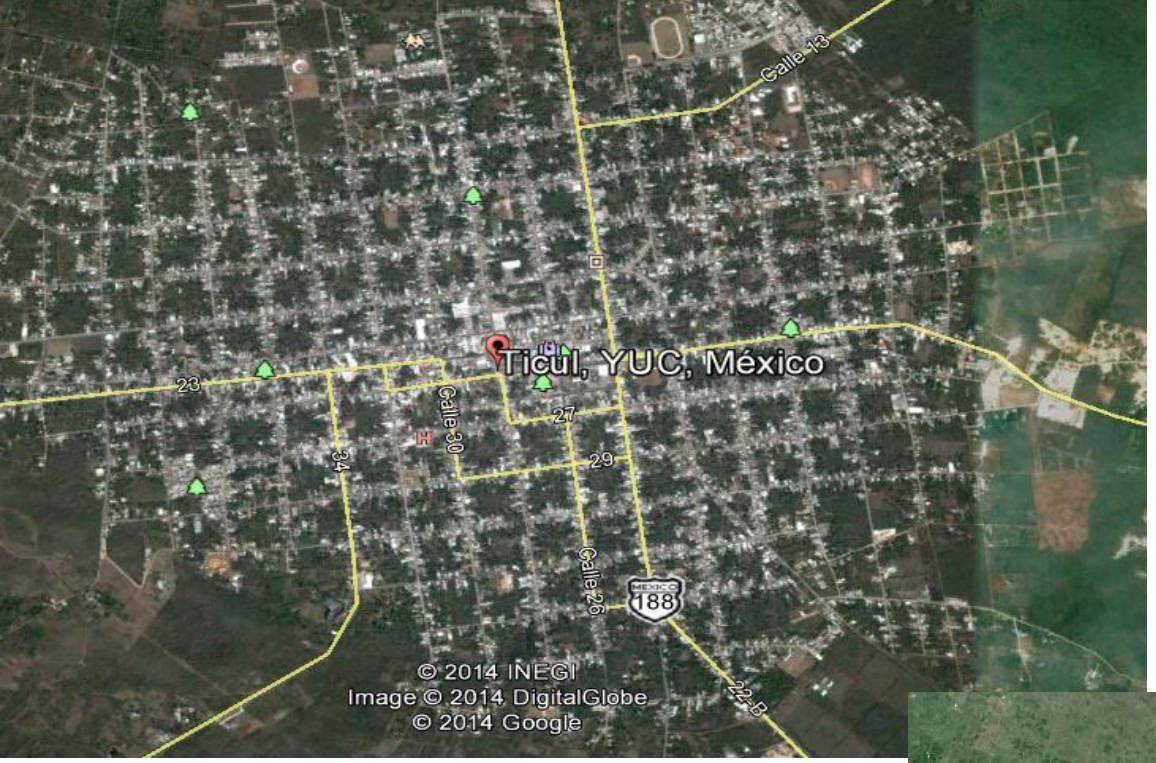
Valladolid, Yuc.

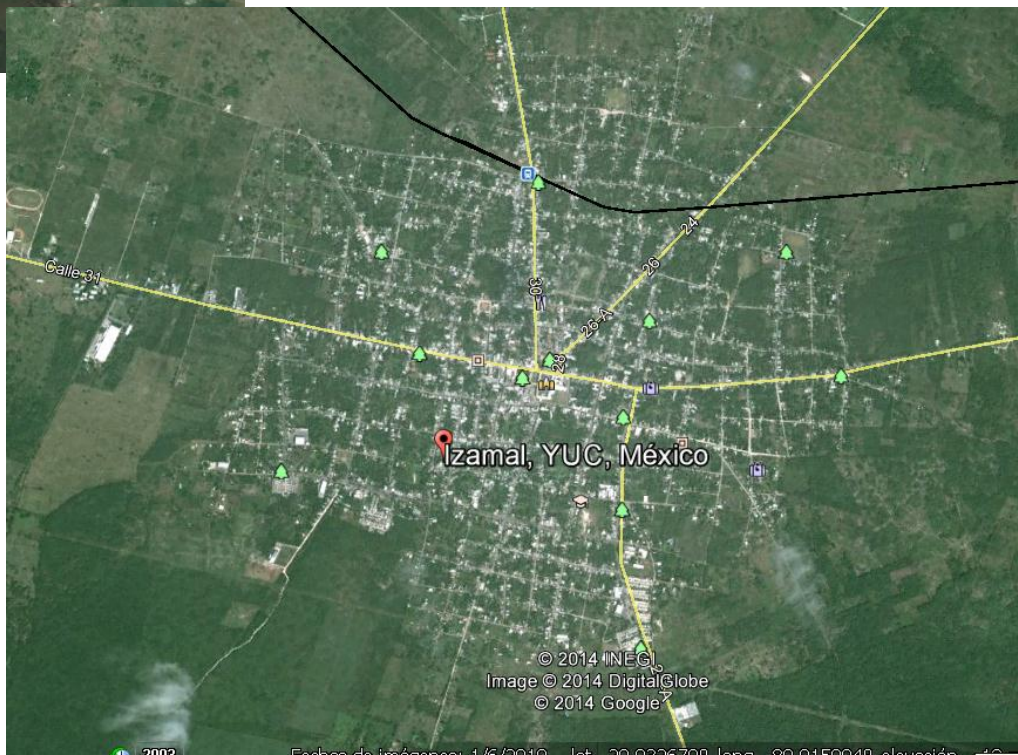
35
Calle 37
Cancun - Valladolid
180
Valladolid - Cancun
30
36
Calle 38
49
Calle 40
47
42
44
46
Calle 48
50
Image © 2014 DigitalGlobe
Google earth
© 2014 INEGI
295
2006
Fechas de imágenes: 10/31/2012 lat 20.687145° long -88.200260° elevación 23 m alt. ojo 1.54 km

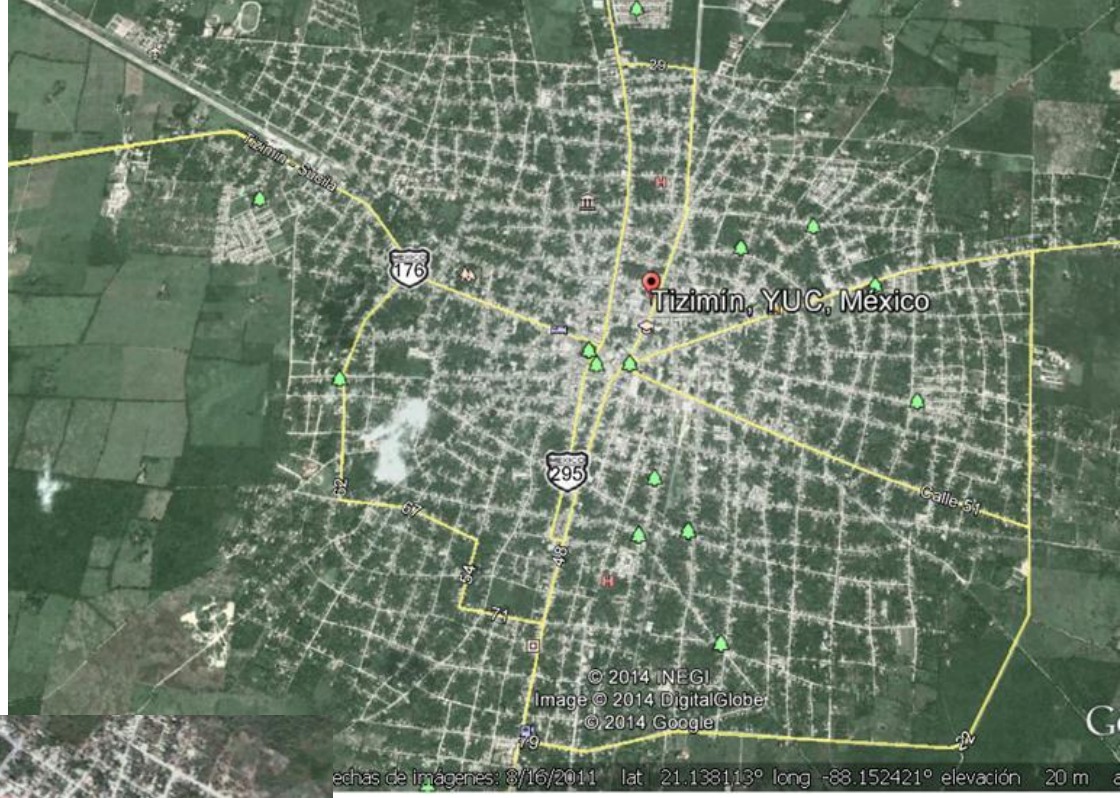


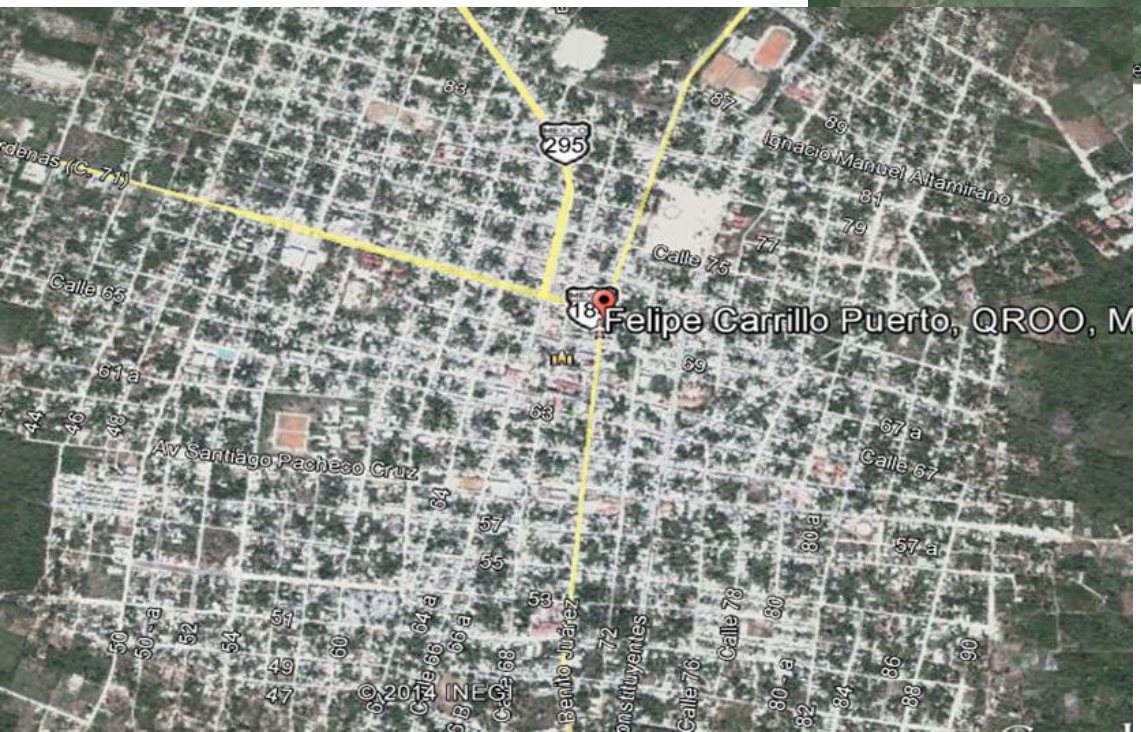
Cuadras, bloques urbanos: 150m x 175m

“Bloques internos”: 120m x 110 m → 13,200m² (1.3 Ha!!)


Ticul, YUC, México
Calle 13
23
Calle 30
27
29
34
Calle 26
MEXICO 188
22-B
© 2014 INEGI
Image © 2014 DigitalGlobe
© 2014 Google


Izamal, YUC, México
Calle 31
24
26
26-A
28
© 2014 INEGI
Image © 2014 DigitalGlobe
© 2014 Google


Tizimín, YUC, México
176
295
Calle 54
© 2014 INEGI
Image © 2014 DigitalGlober
© 2014 Google
echas de imágenes: 8/16/2011 lat 21.138113° long -88.152421° elevación 20 m


295
Ignacio Manuel Altamirano
Calle 75
Calle 63
Felipe Carrillo Puerto, QROO, M
Av Santiago Pacheco Cruz
Calle 67
Calle 78
Calle 76
© 2014 INEGI

- Federación -
- Municipios y Estados -
Agua en bloque
Planta potabilizadora Municipal
Industria
Hogares
Empresas de Servicios
Cuerpo Receptor
Descargas
de agua sin tratar
CONAGUA
No está cobrando las descargas
No está multando por las descargas
Alcantarillado
Agua contaminada

- Federación -
Agua en bloque
- Municipios y Estados -
Planta potabilizadora Municipal
Industria
Hogares
Empresas de Servicios
Agua tratada para Re-Uso
Cuerpo Receptor
Alcantarillado
PTAR
Agua contaminada

Contaminantes emergentes

- Presentes en aguas residuales municipales, industriales y agrícolas en concentraciones muy bajas (µg/L - ng/L)
- Representan < 1% DQO, pero la mayoría son cancerígenos, mutagénicos y /o disruptores endócrinos
- Crean problemas de tratabilidad : son poco biodegradables (estructura y toxicidad)
- Consumo en aumento de productos farmacéuticos y de uso personal

La revolución química: La diversidad de los compuestos químicos

En 1999 el *Chemical Abstracts Service* (CAS), una división de la Sociedad Americana de Química registró el compuesto químico número: 10 millones

El 7 de septiembre de 2009, el CAS registró el compuesto químico número: 50 millones

Las estadísticas del CAS, indicaron que cada 2.6 segundos se aisló o sintetizó un nueva sustancia durante los doce meses previos a septiembre de 2009

2009: registro de casi 60 millones de sustancias orgánicas e inorgánicas , CAS Home Page

Actualmente, millones de compuestos químicos naturales y sintéticos se encuentran en el ambiente y tienen el potencial de ingresar al agua (aguas superficiales, subterráneas, agua potable y aguas residuales)

Contaminantes químicos regulados y emergentes detectados en muestras ambientales *

Productos para el cuidado personal	Productos de uso frecuente	Fármacos humanos y veterinarios	Misceláneos
Fragancias	Saborizantes	Hormonas	PCB's
Cuidado del cabello	Condimentos	Antidepresivos	Hidrocarburos poliaromáticos
Higiene bucal	Surfactantes	Analgésicos	Hidrocarburos del petróleo
Cuidado de la piel	Algunos estimulantes	Antipiréticos	Productos veterinarios
Bloqueadores solares	Limpieza	Antiinflamatorios	Plaguicidas organoclorados
Surfactantes		Antibióticos	Insecticidas domésticos
Aditivos para baño		Antiepilépticos	Deodorizantes
		Reguladores lipídicos y de glucosa	Colorantes sintéticos
		Antitúsicos	Retardantes de fuego
		Antihistamínicos	Organotinas
		Broncodilatadores	Plastificantes (ftalatos)
		Hipo e hipertensores	Solventes
		Anticoagulantes	Metales y metaloides no esenciales
		Histaminas	Subproductos de desinfección

*ESTUDIOS EN OTROS PAÍSES

Cosméticos
Surfactants
Biocides
Colorants
Anti-UV
…

Materiales de construcción
Metales
Biocidas
Anti-UV

Transporte
Metales
HAP
…

FUENTES DE MICRO CONTAMINANTES

Agro - químicos
Plaguicidas (jardines, agricultura)
…

Productos farmacéuticos
Medicinas
Antibióticos
Hormonas
…

Productos de Limpieza
Surfactantes
Biocidas
Colorantes

Contaminantes emergentes

Pueden estar regulados o no

No reconocidos como relevantes en diferentes escenarios de exposición humana

Identificación …. DESARROLLO DE LAS CAPACIDADES ANALÍTICAS DE LOS ORGANISMOS DE VIGILANCIA

Suelen ser resistentes a la mayoría de los procesos convencionales de tratamiento de agua (potable y residual).

Grupos de los 50 contaminantes emergentes prioritarios

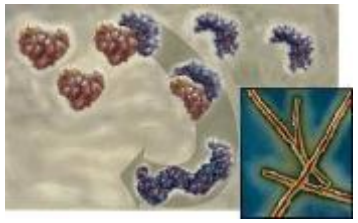
Grupo	Criterios	No. cont.	Ejemplo
Esteroides y hormonas	Disruptores endocrinos Asociado a algunos tipos de cáncer Alta tasa de uso, p. ej., anticonceptivos, terapia de reemplazo hormonal	**5**	Anticonceptivos Terapia de reemplazo hormonal
Productos para el cuidado personal	Uso diario y generalizado Ubicuos en el ambiente acuático Datos de monitoreo ambiental y en humanos sugieren persistencia y bioacumulación de los almizcles	**5**	Bloqueador solar Fijadores para aromas Enjuague bucal
Industriales	Ubicuos en el ambiente acuático Algunos subproductos son más tóxicos que la molécula original Algunos persistentes y bioacumulables Algunos asociados a: Disrupción endocrina Cáncer Daño en sistema nervioso central y otros órganos y sistemas	**6**	Plastificantes Adyuvantes para plaguicidas
Fármacos	Mayor consumo en México Algunos han sido detectados en aguas residuales y efluentes tratados Liberación constante al ambiente Efectos desconocidos a organismos no blanco	**24**	Desinflamatorios Vasodilatadores (disfunción eréctil) Antihipertensivos
Antibióticos	Se ha demostrado selección de cepas resistentes a antibióticos circulando en el ambiente Uso indiscriminado en México, tanto en medicina humana como en veterinaria	**10**	Sulfas Tratamientos para pie de atleta, infecciones estomacales

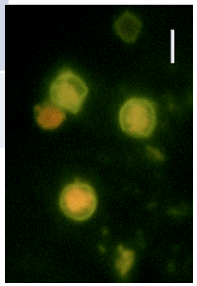
Fármacos (24)		
Mayor consumo en México Algunos han sido detectados en aguas residuales y efluentes tratados Liberación constante al ambiente Efectos desconocidos a organismos no blanco	17 Acido mefenámico	29 Salvasartán
	18 Sulfasalazina	30 Metilprednisolona
	19 Ibuprofeno	31 Taladafilo
	20 Diclofenaco	32 Dexametasona
	21 Nimesulida	33 Clorfenamina
	22 Ketoprofeno	34 Astemisol
	23 Metil de Acido Salicílico	35 Amlodipino
	24 Acido mefenámico	36 Diltiazem
	25 Gemfibrozil	37 Pentoxifilina
	26 Acido clofíbrico y metabolitos	38 Avilamicina
	27 Bezafibrato	39 Metoprolol
	28 Carbamezapina	40 Citrato de sildenafilo

Listado propuesto de los cincuenta contaminantes emergentes prioritarios

Antibióticos (10)	
Se ha demostrado selección de cepas resistentes a antibióticos circulando en el ambiente Uso indiscriminado en México, tanto en medicina humana como en veterinaria	**41** Sulfametoxazol
	42 Trimetroprim
	43 Ciprofloxacino
	44 Roxitromicina
	45 Norfloxacino
	46 Sulfadiazina
	47 Cloranfenicol
	48 Conazol
	49 Imidazoles y triazoles
	50 Sulfacloropiridazina

Helicobacter pylori





Criptosporidium parvum

Remoción de CE en diferentes procesos

Proceso	Descripción	Remoción
Tratamiento biológico	Aerobio - anaerobio Depende de compuestos y condiciones de operación	Variable De nada a buena
Coagulación floculación	Para hidrofóbicos asociados con partículas	Baja
Carbón activado	Para hidrofóbicos con eficiencia baja por competencia con compuestos de > PM o polaridad les favorece.	40 – 60%
Oxidación	Para compuestos con grupos funcionales electronegativos En dosis mucho mayor a la desinfección	Variable a alta
Fotólisis con luz UV	Para compuestos con grupos cromóforos. Dosis mayores a las de desinfección	Variable
Membranas	Eficiencia buena y confiable. Costo elevado	Alta
Sistemas Avanzados de Tratamiento	Mayor conocimiento mecanismos de transporte Remueve por adsorción y biodegradación La transformación es hasta ácidos húmicos y fúlvicos.	Buena

Preguntas vs. Tareas y Retos

- **Sistema centralizado vs. descentralizado en zonas kársticas: el papel de la red de recolección de AR**
- **¿se podría tratar el 100% del AR generada?**
- **Plan maestro de saneamiento, ¿es rentable tratar el 100% del agua generada (ACB)?**
- **¿Es rentable tratar el agua residual?**
- **Los parámetros establecidos en las normas ¿son suficientes para preservar la salud de la población y los cuerpos de agua?**
- **¿Por qué no se favorece el reuso del ART?**
- **¿Como y donde reusar el ART y LR?**

PREGUNTAS

¿CUÁNTO CUESTA NO TRATAR EL AGUA RESIDUAL?

- ¿Cual es el costo de una fuente de abastecimiento que no puede ser utilizada?
- Agua potable ¿costo de potabilización?
- ¿Cuánto cuesta una bandera roja en …..?
- ¿Como se cuantifica la pérdida de arrecifes……?

INTANGIBLES – Nuevos indicadores

- ¿Como se cuantifica, en $, el bienestar ?
- ¿Cuanto cuesta tener (o no) calidad de vida?
- ¿Cual es el valor de una barranca, río, lago….?

SEMARNAT

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

GRACIAS

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Subcoordinación de Tratamiento
de Aguas Residuales

Gabriela Mantilla Morales
mantilla@tlaloc.imta.mx
777.329.36.22

IMTA
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua