



Reutilización de aguas tratadas

Dr. Leopoldo G. Mendoza-Espinosa
Instituto de Investigaciones Oceanológicas
UABC

Foro Nacional para la elaboración del Programa Especial de
Ciencia y Tecnología en Materia de Agua
23 de abril de 2012



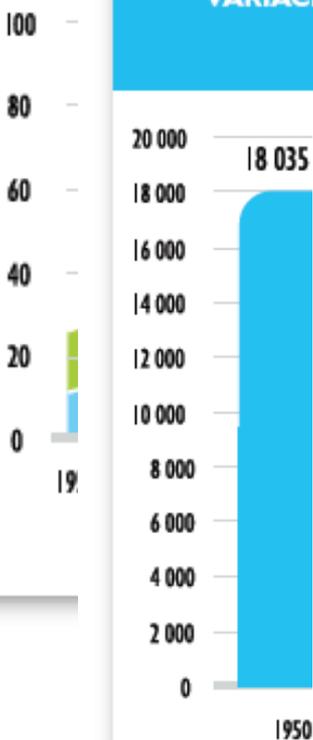
Objetivo

- Identificar las áreas de investigación necesarias para enfrentar el desequilibrio existente entre la demanda y disponibilidad hídrica en las distintas regiones del país.

Disponibilidad de agua en México

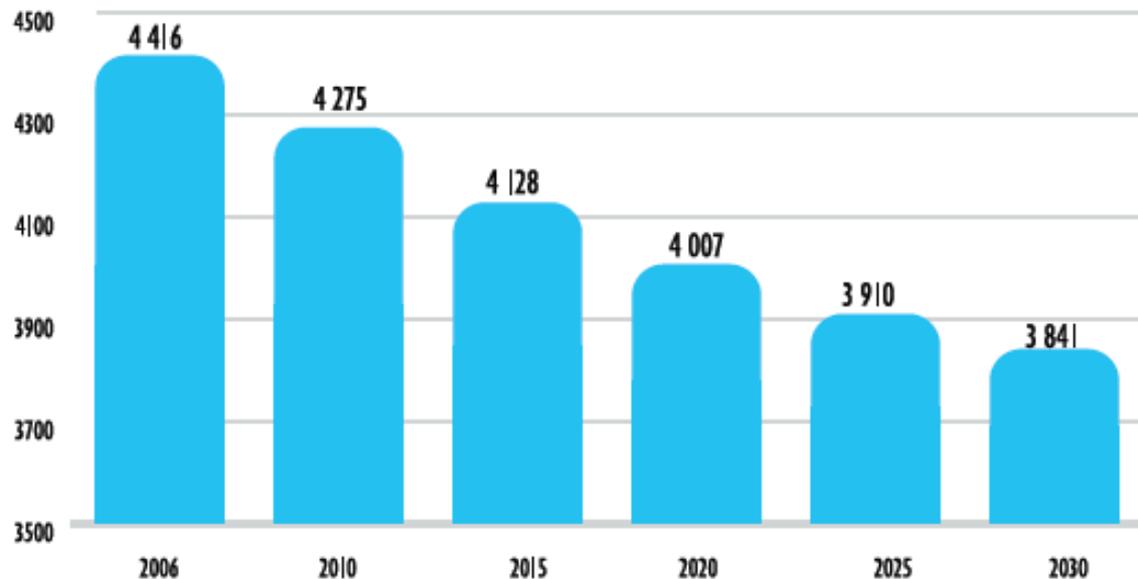
POBLACIÓN DE MÉXICO, DE 1950 A 2005

Mi millones de habitantes



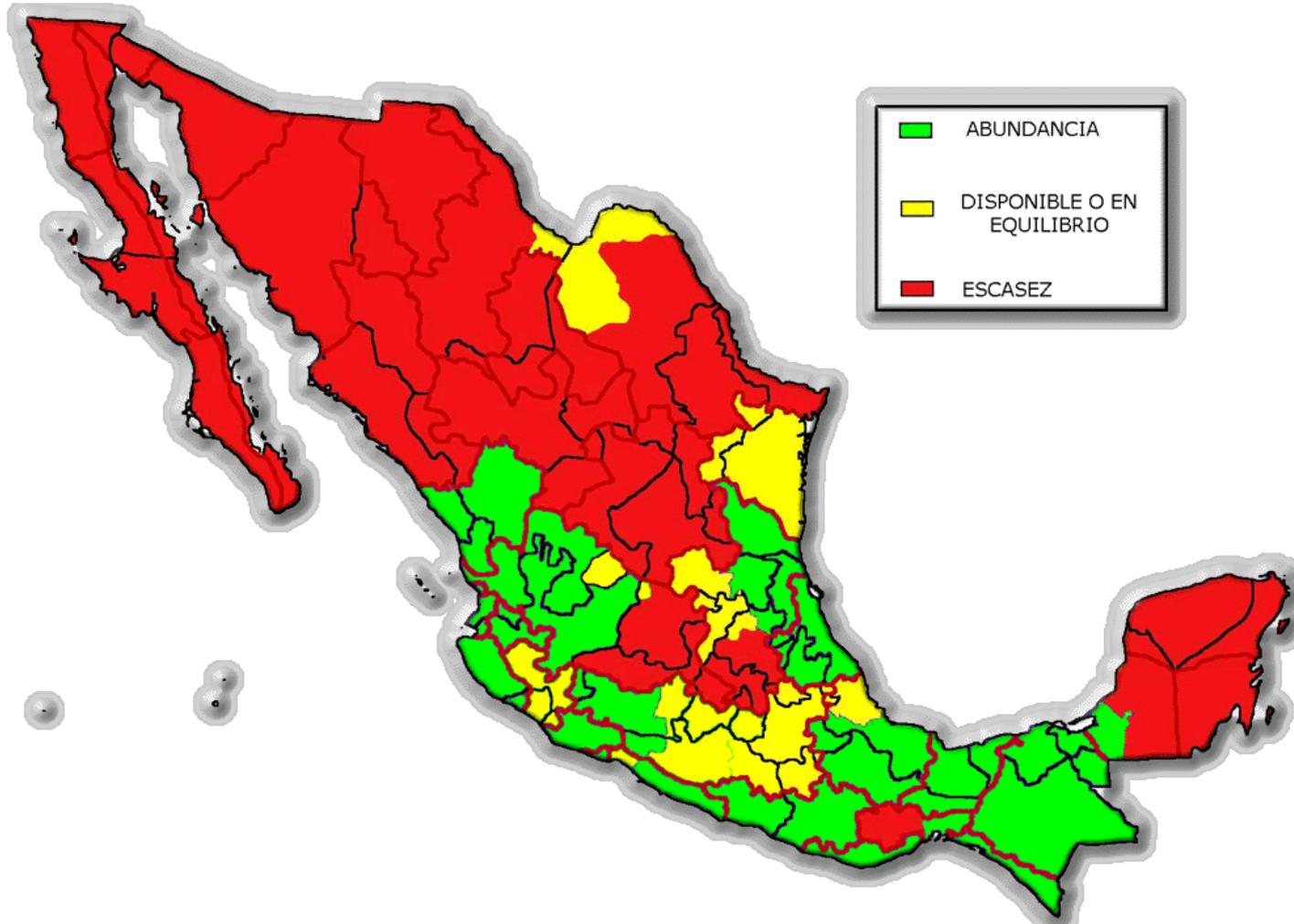
VARIACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD NATURAL MEDIA PER CÁPITA DEL AGUA, DE 1950 A 2000 (m³/hab/año)

PROYECCIONES DE LA DISPONIBILIDAD NATURAL MEDIA DE AGUA PER CÁPITA EN MÉXICO, AÑOS SELECCIONADOS DE 2006 A 2030 (m³/hab/año)



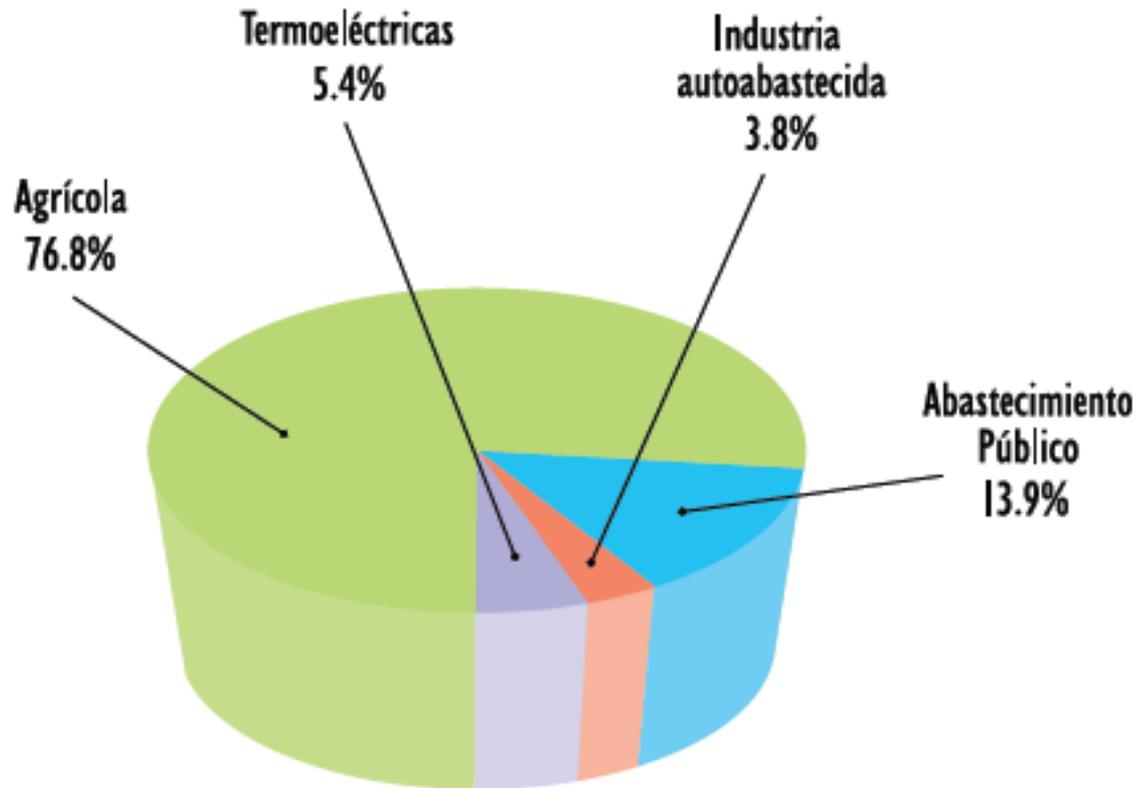
NOTA: El dato de...
Para los años 1950...
FUENTE: Conagua

Disponibilidad de agua vs. necesidad en México



Usos del agua en México (77,322 Mm³ en el 2006)

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS VOLÚMENES CONCESIONADOS PARA USOS CONSUNTIVOS, 2006

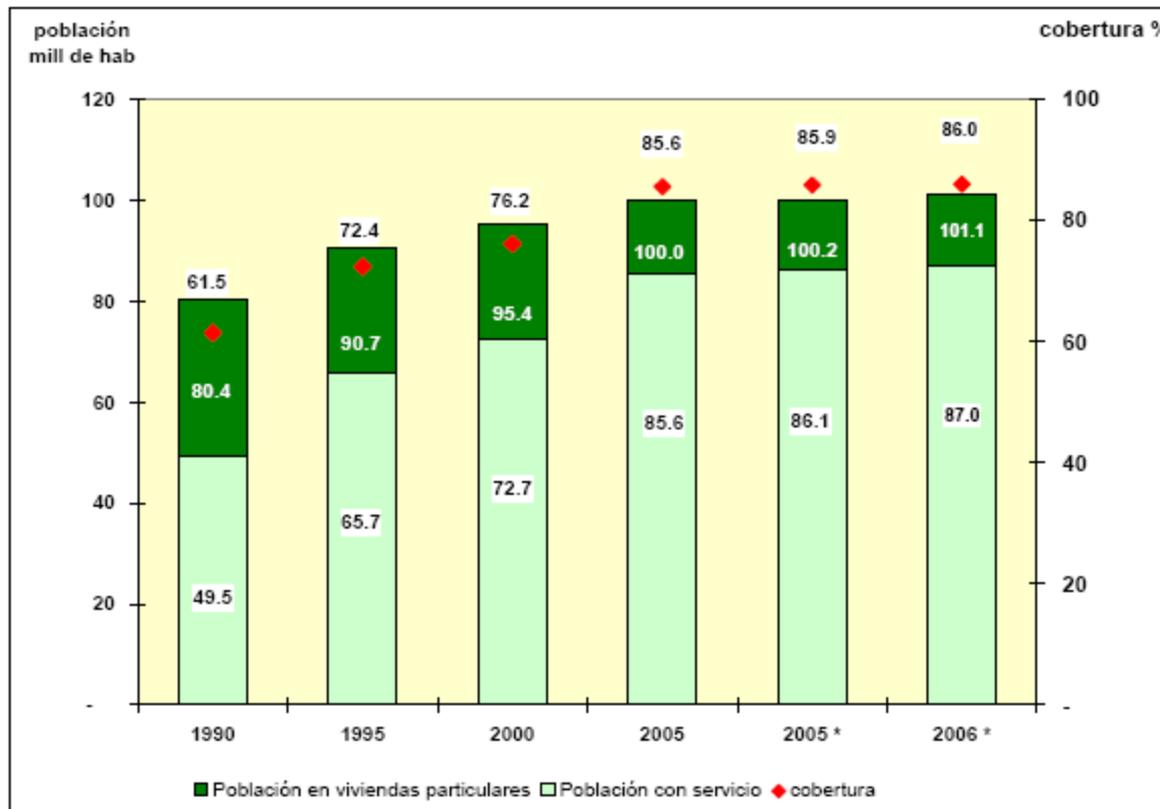


FUENTE: Conagua. Subdirección General de Administración del Agua.

Cobertura nacional de alcantarillado

- 1990 (61%)
- 1995 (72%)
- 2000 (76%)
- 2005 (86%)

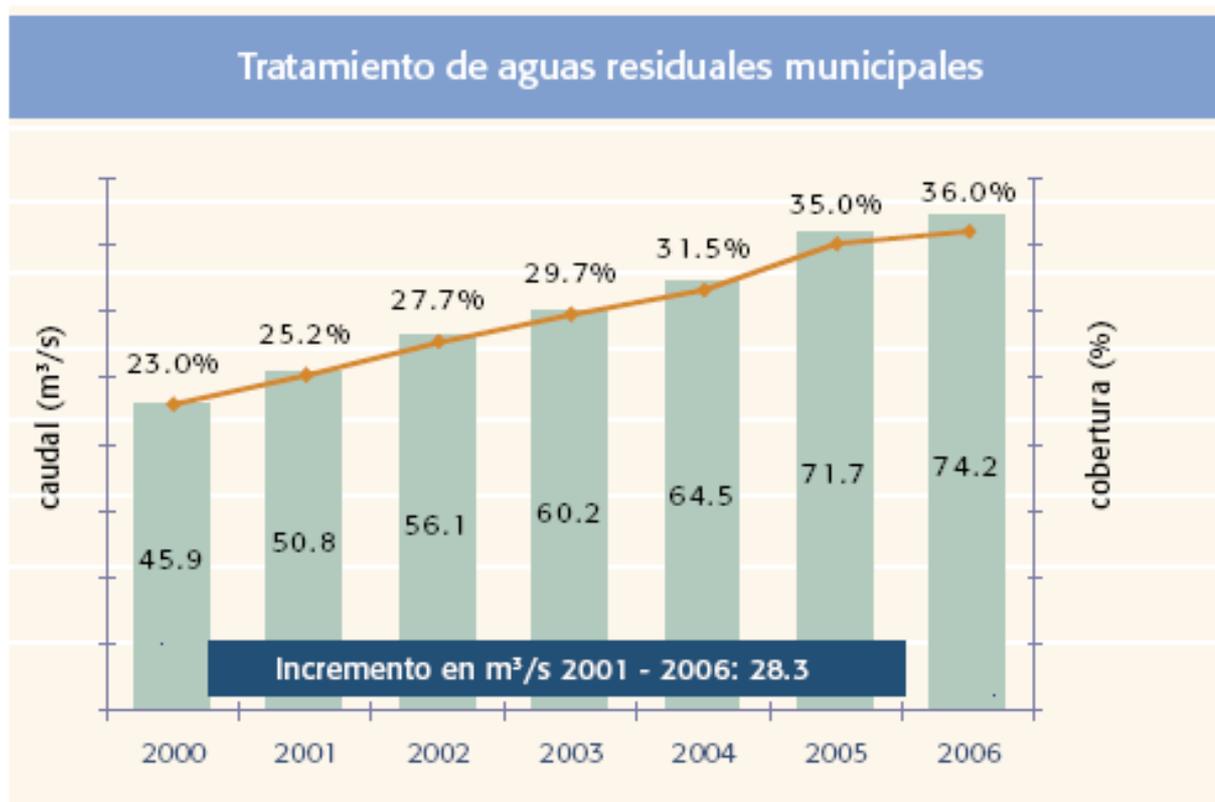
Gráfica 2.3. Cobertura de Alcantarillado 1990-2005



87.3% (según estimaciones de la CONAGUA a 2010)

Tratamiento de aguas residuales

- 2000 (23%) = 45.9 m³/s
- 2006 (36%) = 74.2 m³/s



42% de las aguas colectadas en el drenaje urbano (estimaciones de la CONAGUA a 2010)

Fuente: Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana, Conagua.

Producción de aguas residuales a nivel nacional

- En 2010 se recolectaron 209.1 m³/s de aguas residuales, de las cuales se trató 88.1 m³/s (2,857 Mm³/a, 42%)
- Se estima que para 2012 recibirá tratamiento 60% de las aguas recolectadas
- 55 ciudades reúsan 171 m³/s de aguas negras (91% del total) para el riego directo o indirecto de 250,000 ha
- Se estima que en 2008 en México se reutilizaron solamente 5,051 Mm³ de agua

6,570
Mm³/año
recolectadas

2,857
Mm³/año
tratadas

5,051
Mm³/año
reusadas

Opciones de reúso

- 1) Reúso industrial
- 2) Reúso agrícola
- 3) Reúso municipal (irrigación de jardines, etc.)
- 4) Recarga de acuíferos

Reúso industrial

- 240,000 m³/d principalmente en Monterrey y la Ciudad de México (87.6 Mm³/año = 1.7%)
- Reúso principal: torres de enfriamiento



Reúso municipal

- Reúso en actividades municipales (irrigación de jardines, parques, lagos y limpieza de autos)
- $78,000 \text{ m}^3/\text{d} = 28.7 \text{ Mm}^3/\text{año} = 0.56\%$



Foto: Javier Nieto

Reúso agrícola

- 250,000 ha regadas de manera directa e indirecta con 13.8 Mm³/d (160 m³/s) con aguas residuales con poco o sin tratamiento (97.5% del reúso total)

Ventajas	Desventajas
Amplia disponibilidad	Altos riesgos a la salud humana, principalmente entre la gente de campo
Contienen materia orgánica, N y P	Posible causa contaminación de cuerpos de agua naturales
No representan costo alguno	
Aumento la productividad agrícola	

Ejemplo emblemático: el Valle del Mezquital



Distrito de riego más grande del mundo que emplea aguas residuales proveniente del DF para el riego agrícola



Valle de El Mezquital

- Mayor producción agrícola SIN necesidad de fertilizantes
- 76,119 ha regadas para el beneficio de 73,632 agricultores, 4.5 Mm³/d
- 16 veces tasa de mortandad por parasitosis en niños



Recarga de acuíferos

- Intencional: países desarrollados
- No intencional: países en vía de desarrollo
- Provee balance entre extracción y recarga
- Provee almacenamiento subterráneo
- Se elimina la evaporación (que sufren cuerpos de agua superficiales)
- Ejemplos de recarga planificada en California, Florida, Israel, Berlín, Sudáfrica, etc.
- Tratamientos 2º o 3º usualmente requeridos

Jiménez, B. "Unplanned reuse of wastewater for human consumption: The Tula Valley, Mexico", en Jimenez, B. & Asano, T.- Eds (2008). *Water Reuse: An International Survey of current practice, issues and needs.*

Recarga de acuíferos

- No intencional: países en vía de desarrollo
- Ejemplos: León Guanajuato, Mérida, valle del Mezquital, Tailandia, Perú, Vietnam, Egipto, Australia
- Patógenos, nitrógeno y contaminantes emergentes son preocupaciones principales

Jiménez, B. “Unplanned reuse of wastewater for human consumption: The Tula Valley, Mexico”, en Jimenez, B. & Asano, T.- Eds (2008). *Water Reuse: An International Survey of current practice, issues and needs*.

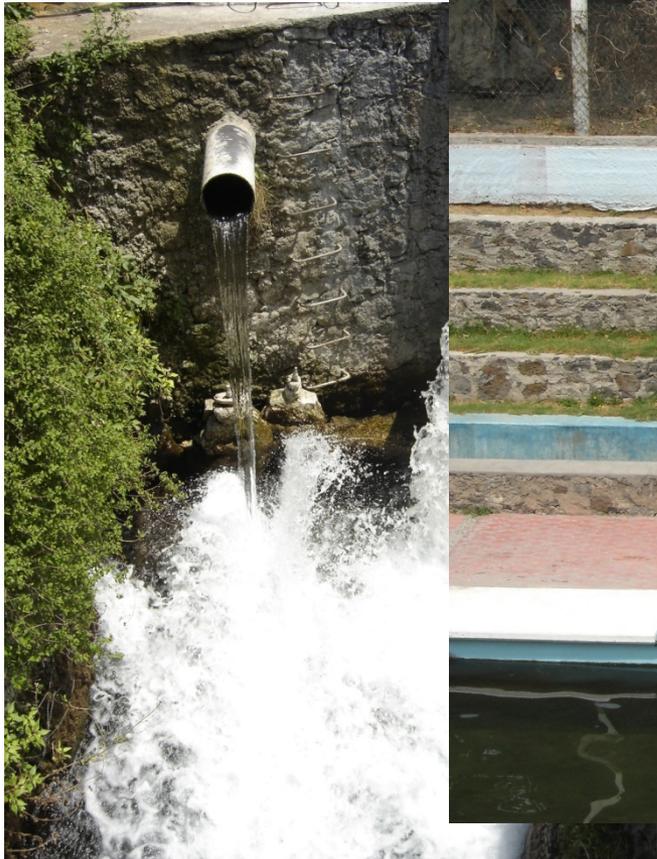
Ejemplo emblemático: Valle de El Mezquital

- Recarga incidental del acuífero
- Fuente de agua POTABLE para 3 municipios de Hidalgo



Valle de El Mezquital

- Recarga incidental del acuífero
- Balnearios recreativos



Reinyección de acuíferos en México

(Primera Sección)

DIARIO OFICIAL

Martes 18 de agosto de 2009

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

NORMA Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA-2003, Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

JUAN RAFAEL ELVIRA QUESADA, Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 32 bis fracciones IV, V y XLI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38 y 37 Bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 7 fracciones II y IV, 8 fracción V, 9 fracción XXXI, 91 y 100 de la Ley de Aguas Nacionales; 38 fracción II, 40 fracciones I y X, 41, 44 y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 23 fracción XI del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales; 28 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 5 fracciones I y XXV del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y

CONSIDERANDO

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de normas oficiales mexicanas, el C. Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales, ordenó la publicación del Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-014-CNA-2003, Requisitos para la Recarga Artificial de Acuíferos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 3 de junio de 2008, a efecto de que los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua;

Que durante el plazo de sesenta días naturales, contado a partir de la fecha de publicación de dicho Proyecto de Norma Oficial Mexicana, los análisis a los que se refiere el citado ordenamiento legal estuvieron a disposición del público para consulta;

Que dentro del plazo referido los interesados presentaron los comentarios al Proyecto de Norma, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, realizándose las modificaciones pertinentes, mismas que fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación el día 4 de junio de 2009 por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, en sesión de fecha 28 de noviembre de 2008, he tenido a bien expedir la siguiente:

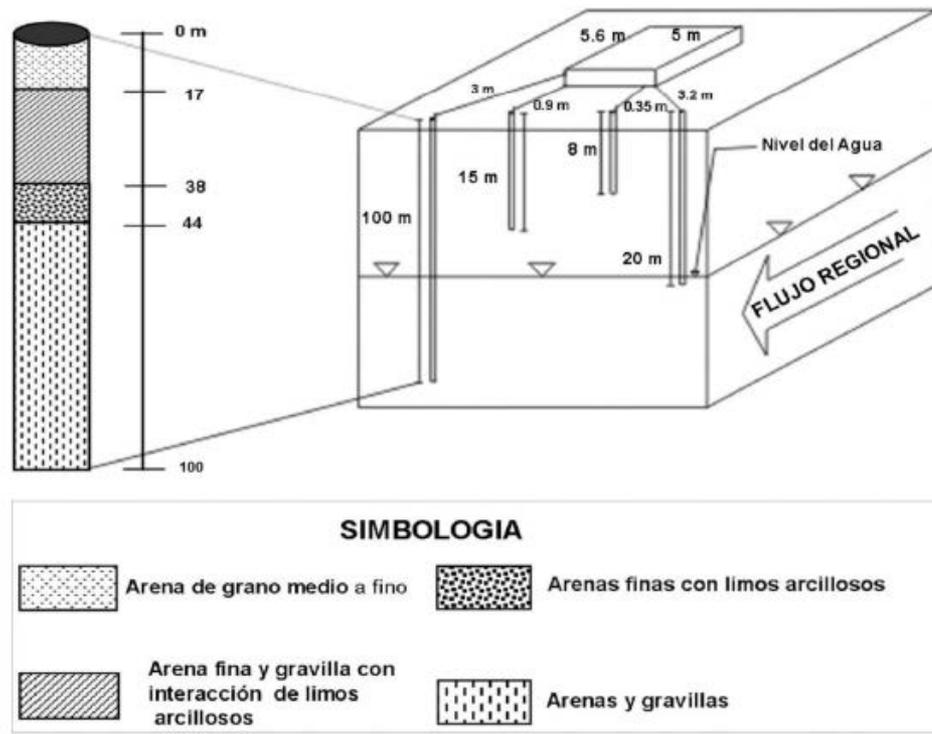
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-014-CONAGUA-2003, REQUISITOS PARA LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUIFEROS CON AGUA RESIDUAL TRATADA

- *San Luis Río Colorado, Sonora*
- *Lagunas oxidación*



Reinyección de acuíferos en México

- *Demostrar remoción de contaminantes mediante filtración en suelo*



Sol-Uribe J. A. et al. (2008). *Revista de Ingeniería Hidráulica en México*, vol. XXIII, no 1, 89-101

Reinyección de acuíferos en México

- *Balsas de infiltración*



Reúso de aguas grises



PLANTA ARQUITECTONICA
SUP. DE CONSTRUCCION: 38,13 M2

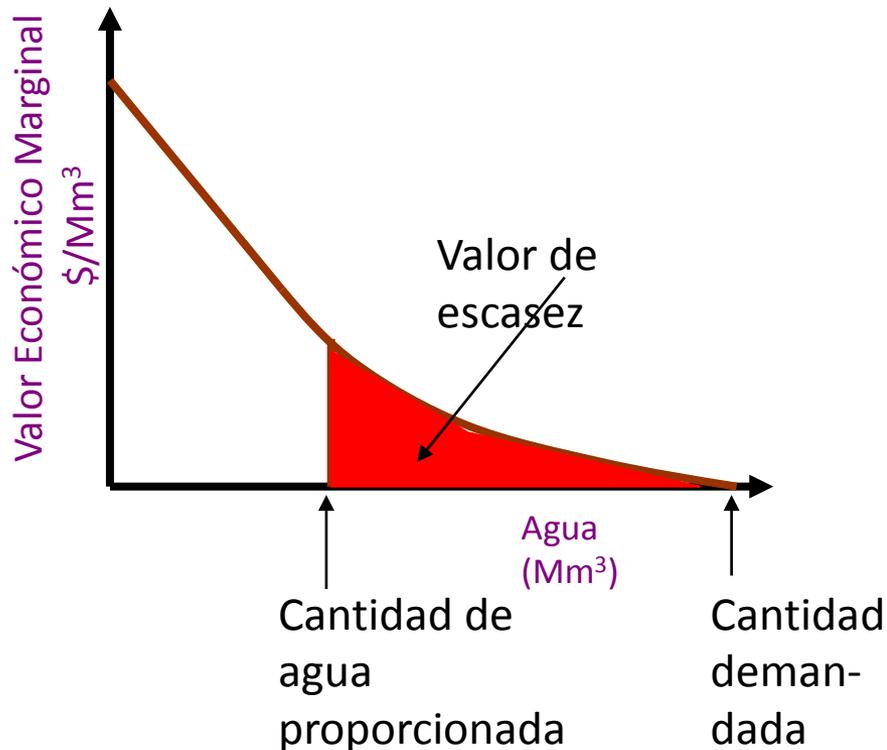
VIVIENDA DE 1 RECAMARA



- *Ahorro de hasta 30%*
- *Falta legislación*

Más opciones de manejo del agua

- 1) Optimizar el manejo del agua dentro de la región (intracuenca)
 - Comparación vs. desalación, nuevos acueductos, reúso de aguas residuales



Valor de escasez del agua para el usuario =
Cuánto cuesta no tener la cantidad de agua necesaria

Medellín-Azuara *et al.* (2009) *J. Environ. Manag.*, vol. 90.
Waller-Barrera *et al.* (2009) *Revista Ing. Hidráulica en México*, vol. XXIV, no. 4

Necesidades:

1. Contaminantes emergentes
2. Empleo de agua para irrigación, sin afectar salud humana
3. Nivel de tratamiento requerido por normas es aún bajo
4. Control adecuado de descargas industriales
5. Intercambio de aguas
6. Recarga de acuíferos; apoyarse en programas mundiales de recarga planeada de acuíferos (www.reclaim-water.org)
7. ¿Precio por el agua residual tratada? \$2-\$5/m³ vs \$8-\$14/m³ agua potable ¿cobrar o no cobrar?
8. Política pública: ¿Necesidad de nuevas normas de calidad? ¿Regulación y seguimiento? ¿Es obligatorio el tratamiento de las aguas residuales? ¿Obligatoriedad del reúso de aguas residuales?
9. Aceptación por parte del público
10. Falta de recursos humanos especializados en temas del agua (plaza en el IIO/UABC)

... SIN EMBARGO ...

HAGAMOS CUMPLIR LAS NORMAS

- Ríos contaminados
- Acuíferos contaminados y sobreexplotados
- Riesgos a la salud pública
- Asentamientos humanos en zonas de riesgo
- Organismos operadores de agua sin dinero para operar

SIENDO PESIMISTA

EL AUTO NO CAMINA BIEN Y EL DUEÑO SOLICITA
REALIZAR INVESTIGACIÓN PARA QUE LAS LLANTAS
RINDAN MÁS Y NO SE DESINFLEN, PERO...

LA MÁQUINA ESTÁ MAL CARBURADA Y, ADEMÁS, NI
GASOLINA TIENE

SIENDO OPTIMISTA

NOS VAN A HACER CASO...

EL SEXENIO QUE VIENE

OJO

“Los aspectos técnicos, científicos, ingenieriles, los podemos atender; los económico/administrativos, calcular... en donde nos atoramos es en el aspecto social pero, sobre todo, en lo **político**”



Muchas gracias

lmendoza@uabc.edu.mx

