



**CONAGUA**  
Comisión Nacional del Agua



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

# LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS EN MÉXICO

**Ing. Rubén Chávez Guillén**  
**Gerente de Aguas Subterráneas**  
**Subdirección General Técnica, CONAGUA**

# Recarga artificial

**Estudios y proyectos**

**Fuentes**

**Objetivos**

**Métodos**

**Marco regulatorio**

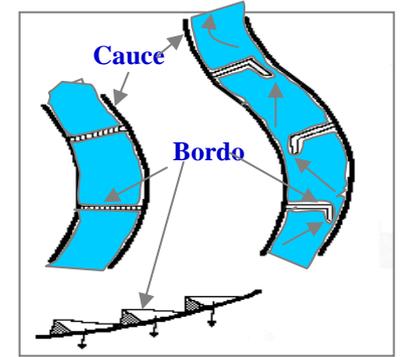
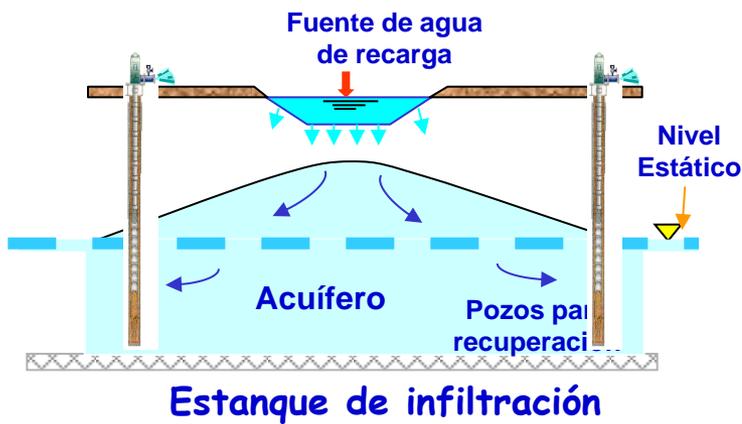
**Manejo integrado**



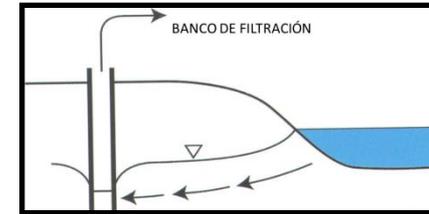
# Objetivos de la Recarga Artificial

- ❑ Incremento de la recarga y la disponibilidad de agua subterránea.
- ❑ Regulación para atender las fluctuaciones de la demanda.
- ❑ Estabilización, reducción del ritmo de abatimiento o recuperación de los niveles del agua subterránea.
- ❑ Reducir pérdidas por evaporación.
- ❑ Control de asentamientos del terreno
- ❑ Tratamiento natural del agua en el subsuelo para mejorar su calidad.
- ❑ Control de la interfase salina en acuíferos costeros
- ❑ Incremento de reservas de agua subterránea (eventual previsión para el cambio climático o previsión para enfrentar las sequías).

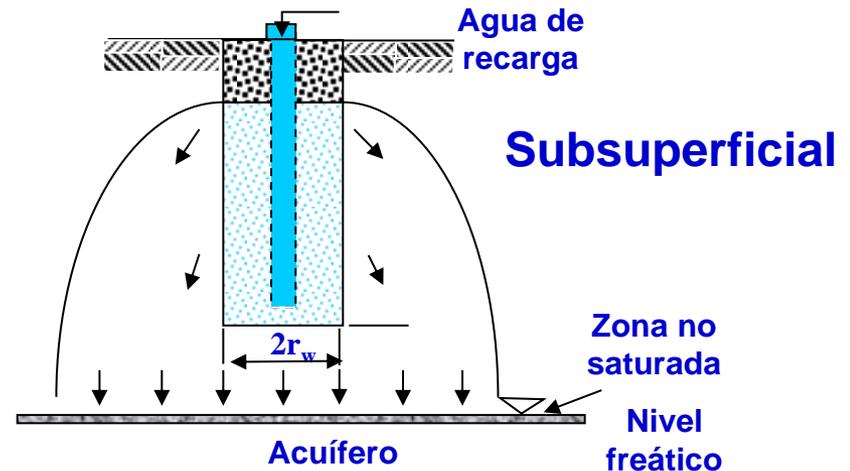
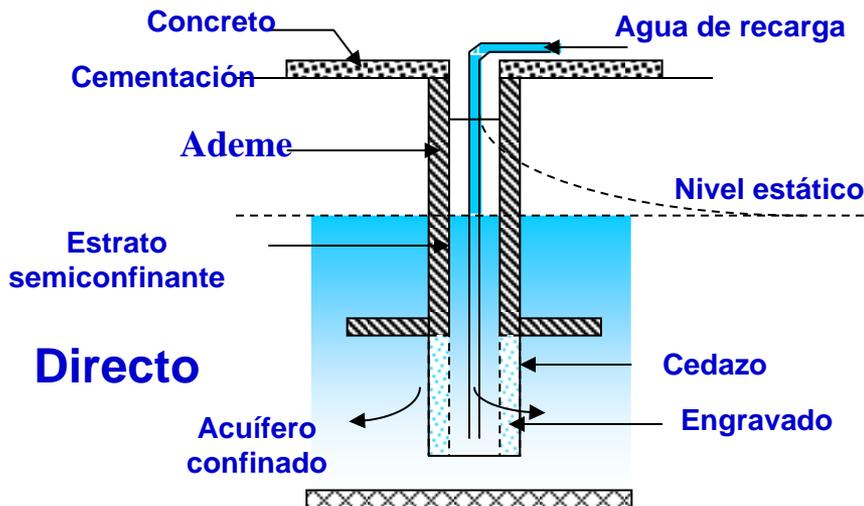
# Métodos de Recarga Artificial



## Superficial



## Inducida



# Fuentes de agua para recarga artificial

- a) Cuerpos de agua superficial (lagos, vasos, ríos, canales...).**
- b) Agua de lluvia colectada en zonas urbanas.**
- c) Agua residual tratada.**
- d) Continua (disponibilidad de agua permanente y de buena calidad) o discontinua( falta de agua o necesidad de aerear las superficies de infiltración).**
- e) Incidental: no controlada ni medida y menos controlable. Considerada como una pérdida. Ocurre en zonas de riego poco tecnificadas y en zonas urbanas.**

# Desarrollo de proyectos de recarga.

- ❖ **Caracterización del marco hidrológico-hidrogeológico local (suelo, zona no saturada, acuífero): modelo conceptual.**
- ❖ **Estimación/evaluación del impacto de la recarga sobre el balance hidráulico local/regional.**
- ❖ **Caracterización de agua nativa y de agua de recarga: ¿compatibilidad?.**
- ❖ **Evaluación de impacto aguas abajo de las instalaciones de recarga.**
- ❖ **Simulación de los efectos de la recarga sobre niveles y calidad del agua subterránea.**
- ❖ **Aspectos socioeconómicos, administrativos y legales.**

## **Marco regulatorio: aspectos institucionales.**

- a) Derechos de agua.**
- b) Propiedad de la tierra.**
- c) Aspectos legales y administrativos.**
- d) Costos y beneficios (económicos, sociales, ambientales...)**
- e) Operación y mantenimiento.**
- f) Manejo integrado (usuarios, autoridades, ONG's, empresas, ...)**

# Protección de la calidad del agua subterránea

**NOM-001 (SEMARNAT): Límites máximos de contaminantes en las descargas de aguas residuales.**

**NOM-014: Especificaciones para la recarga artificial con agua residual tratada.**

**NOM-015: Especificaciones para la disposición al subsuelo de agua de lluvia y escurrimiento.**

**Objetivos: Proteger la salud pública y la calidad del agua de los acuíferos.**

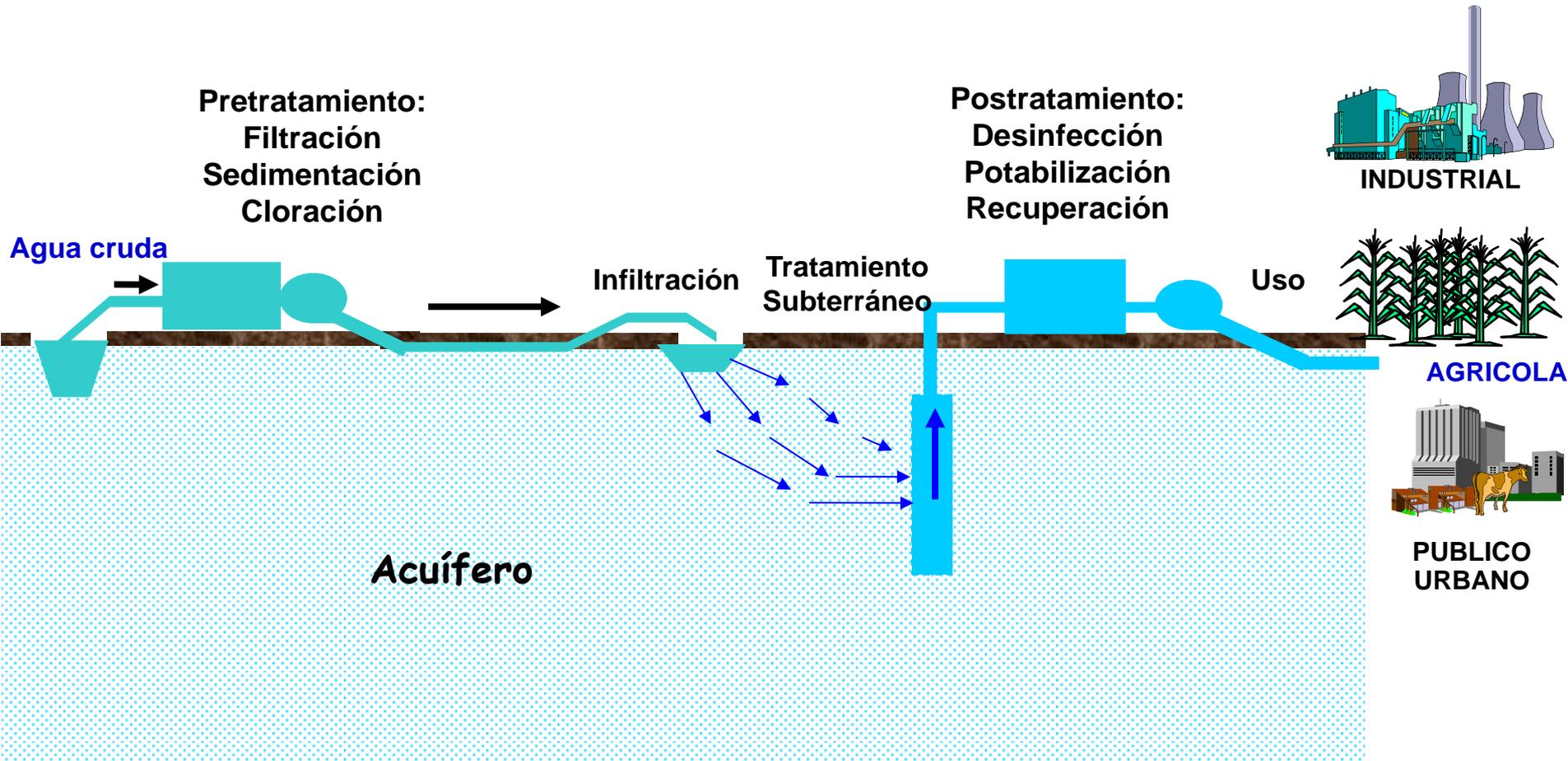
**Cumplimiento obligatorio a nivel nacional.**

**No tan estricta que sea inviable o desaliente la aplicación de la tecnología de la recarga artificial, ni tan laxa que comprometa la salud pública.**

**Establece los requisitos de la calidad del agua utilizada, dependiendo del método de recarga y de los usos potenciales del agua recuperada.**

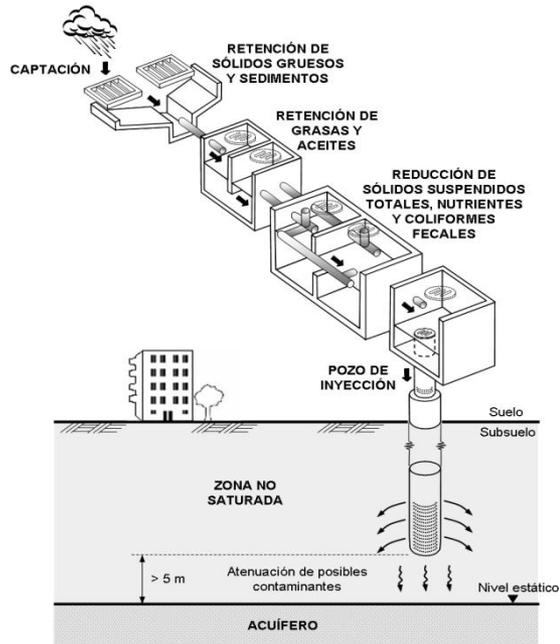
**Normativa dinámica: amplio campo a desarrollar en materia de determinación, tratamiento, normativa y remediación de contaminantes «emergentes»: farmacéuticos (hormonas, drogas, naproxeno...), cosméticos, plaguicidas, antibacterianos...**

# Nom 014 Tratamiento natural complementario para eventual recuperación y uso



Esquema de las etapas recarga/recuperación

# NOM 015.- Disposición a suelo y subsuelo de agua de lluvia y escurrimiento superficial

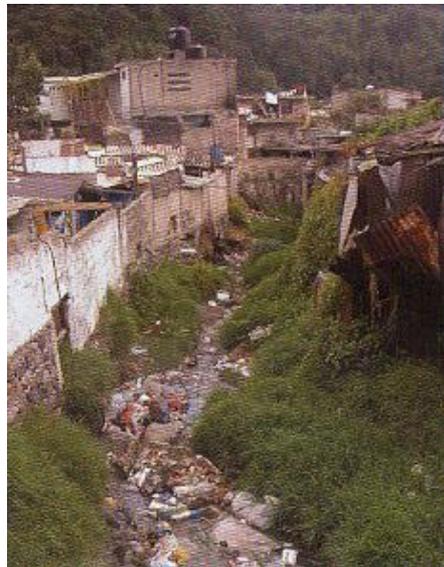
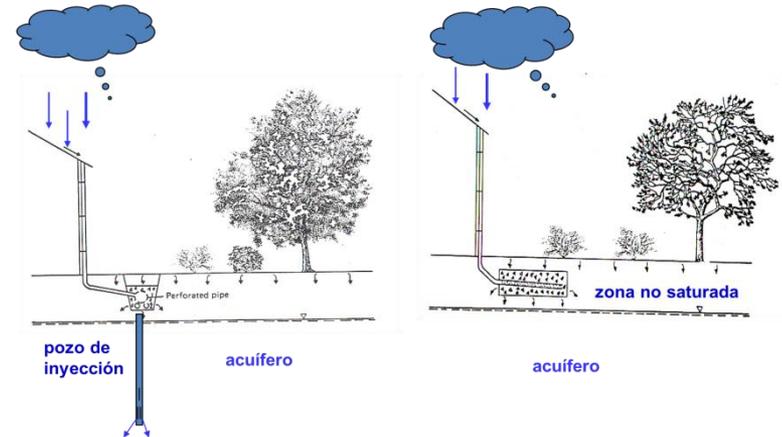


## Restricciones:

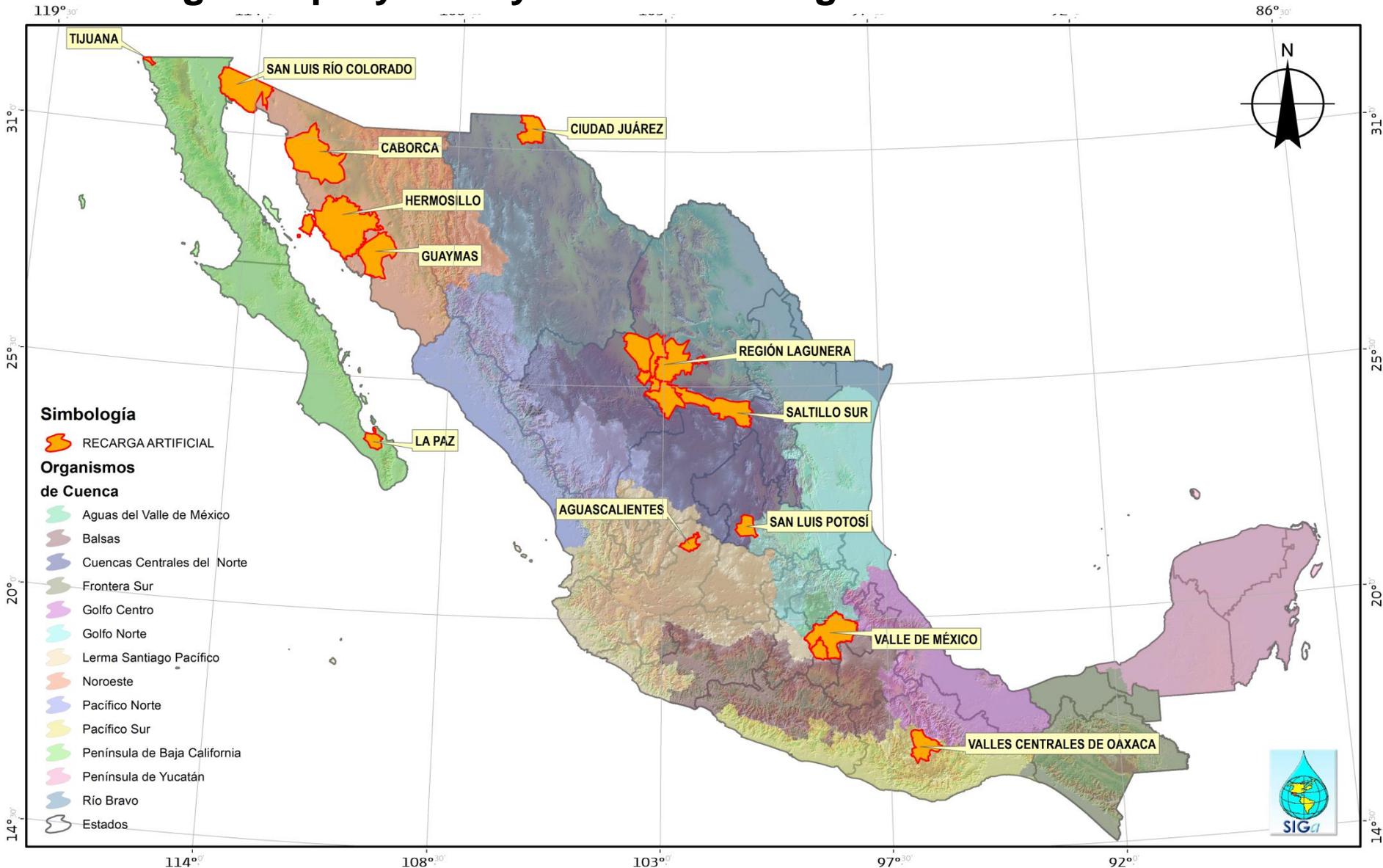
- ❑ Sólo permitido en zona no saturada,
- ❑ Requiere pre tratamiento,
- ❑ Remoción >30% de contaminantes,
- ❑ Monitoreo en superficie,
- ❑ Monitoreo del acuífero si  $Q > 100$  lps

## Cosecha de agua de lluvia

Restricciones: sólo requiere de pre tratamiento.



# Algunos proyectos y obras de recarga artificial en México



# **Recarga artificial: situación actual en México**

**Tecnología de interés y aplicación creciente tanto en el sector privado como en el gubernamental: número significativo de proyectos y obras sobre la materia, en diferentes contextos hidrológicos y con diversos objetivos.**

**Considerada entre las acciones a incluir en una estrategia de manejo integrado de los recursos hídricos: forma parte de varios programas encaminados a la sustentabilidad hídrica.**

**Aceptable o amplio conocimiento de métodos, objetivos, factores a considerar.**

**Generalmente, su aplicación en pequeña escala adolece de estudios básicos y de una conceptualización adecuada.**

**Marco regulatorio insuficiente: la LAN todavía no es explícita en varios aspectos y la normativa particular (NOM's) está sometida a prueba en la práctica (laxa en algunos aspectos y de aplicación no viable en otros).**

**Falta de interés del sector privado: que sea para mi provecho y no que beneficie a usuarios circunvecinos que pueden estar desperdiciando el agua.**

**Objeto de controversias: promotores vs detractores; “rudos vs técnicos”.**

**Altos costos (estudios básicos, proyectos, construcción, operación y mantenimiento) vs beneficios no visibles ni tangibles a corto plazo.**

**Relación costo/beneficio (contra qué se compara).**

**Falta de estímulos o incentivos para llevarla a cabo sin un beneficio tangible para el que la realiza, ya sea fiscales o en especie (concesión de agua adicional).**

**Insuficiente coordinación interdisciplinaria e interinstitucional**

# Recarga virtual?

En el balance hídrico de un acuífero, incrementar la recarga en un volumen dado,  $dR$ , equivale a reducir la extracción en el mismo volumen:

$$dR = - dB$$

Cierto, ... pero:

En la práctica la reducción de las extracciones no es fácil de controlar y conciliar.

Ajuste de extracciones requiere una concertación y un trámite burocrático prolongado.

No hay garantía de que la reducción aceptada en el papel sea aplicada en la realidad.

La recarga puede tener otros objetivos, además de restablecer el balance de un acuífero.

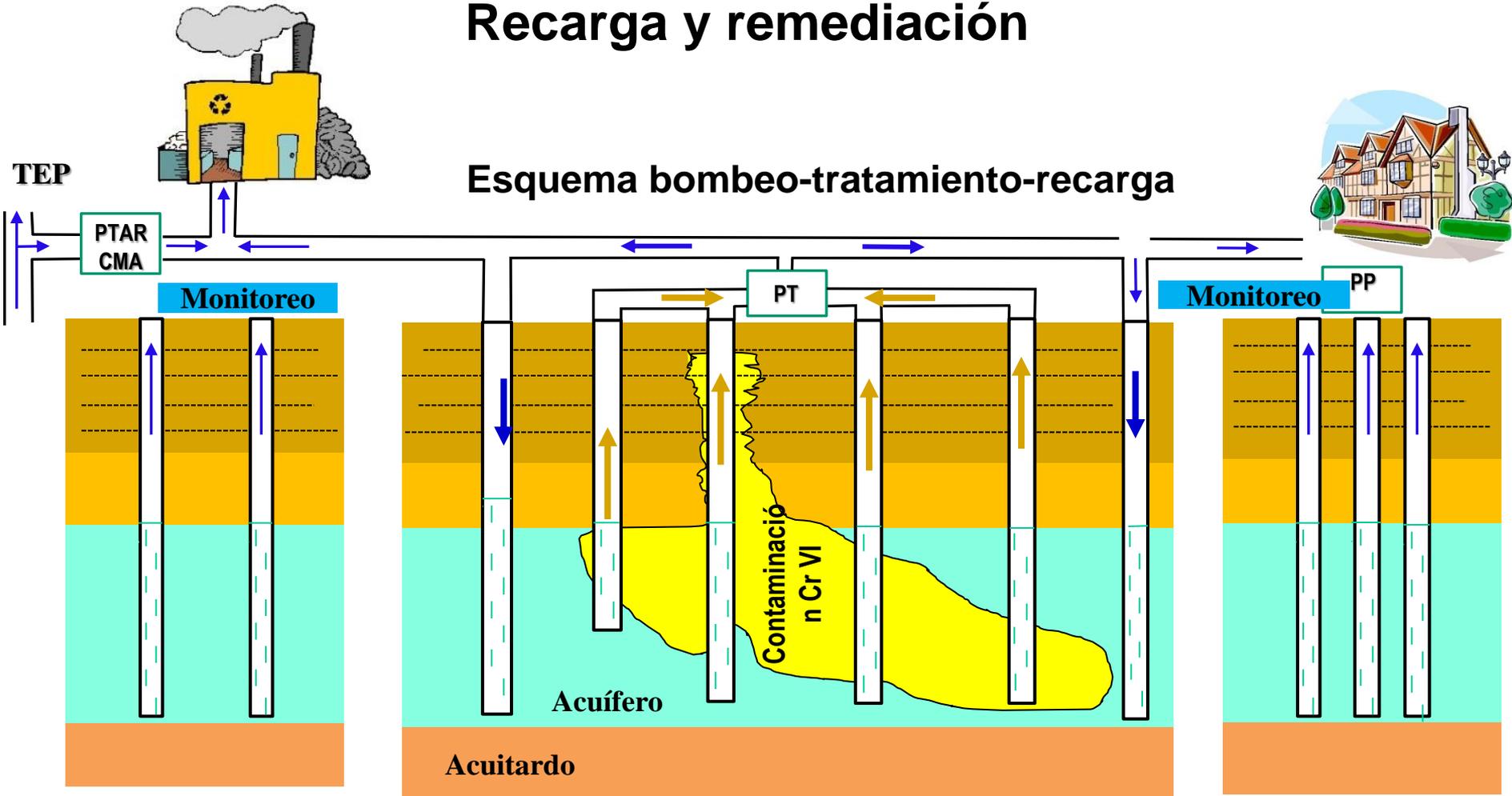
## **¿“Para qué la meto si la voy a volver a sacar?”**

**Para aprovechar la capacidad de regulación del subsuelo. El régimen de oferta no coincide con el de demanda, además de que hay otros objetivos aparte de la posterior recuperación del agua: reserva, mejoramiento de la calidad, control de intrusión,....**

**“Es doble o triple gasto”. Está sujeto a un análisis costo/beneficio, pero no sólo en términos económicos, sino también ambientales, sociales, ecológicos, ... no tan tangibles, visibles y objetivos.**

**No olvidar los atributos naturales de un acuífero: vaso de almacenamiento y regulación, planta de tratamiento, red de acueductos.**

# Recarga y remediación



La recarga artificial es aplicable para dar un tratamiento natural complementario al agua introducida; pero también puede ser aplicada para mejorar la calidad del agua nativa o como parte de un programa de remediación de acuíferos.

# Recarga incidental Recarga intencional

**En las zonas agrícolas sustentadas por presas, un porcentaje significativo del agua destinada al riego se infiltra en la red de distribución y en los terrenos de cultivo, generando una recarga incidental que, generalmente, es considerada como una pérdida que se tiene a evitar con programas de tecnificación de gran costo.**



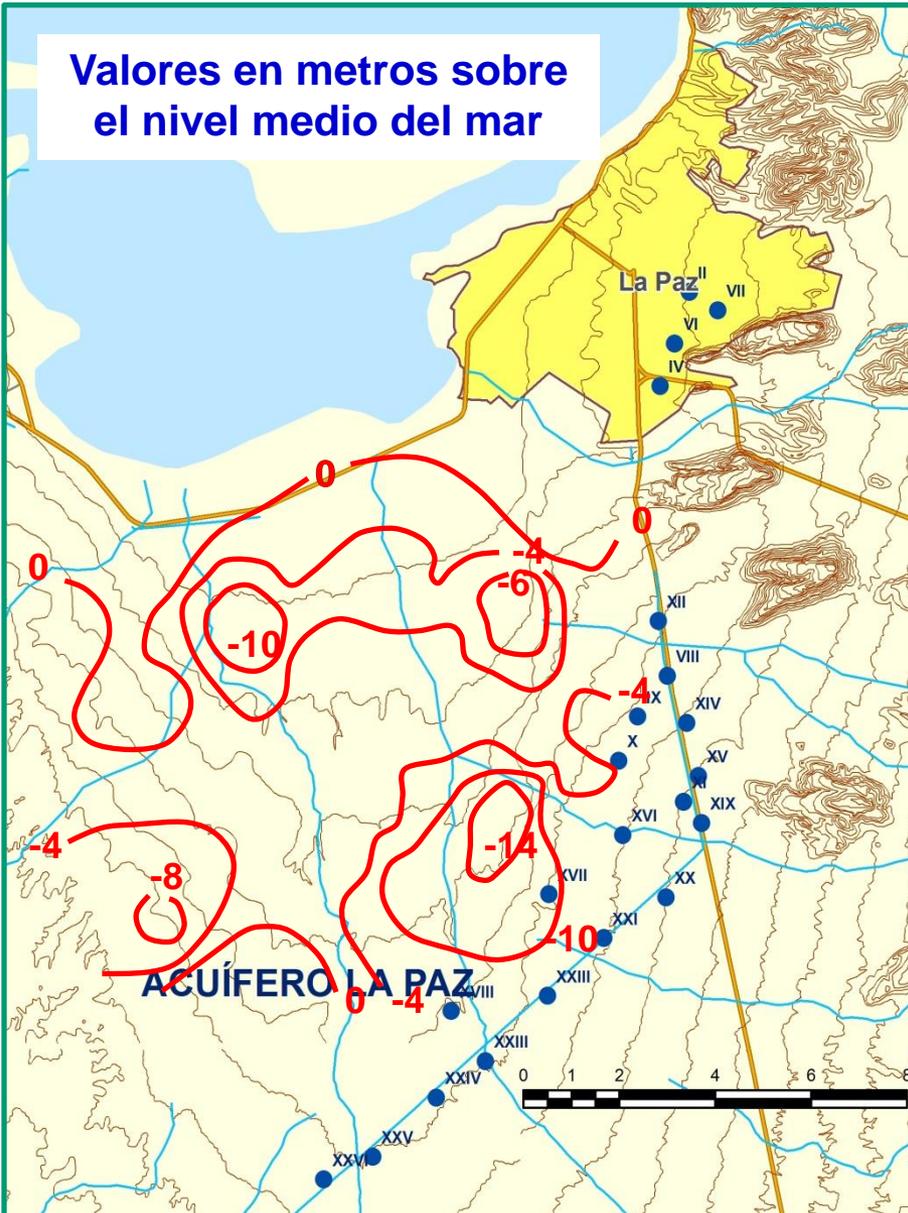
**Cabe la posibilidad de manejo combinado de presas y acuífero durante sequías o estiajes, evitando con el bombeo que los niveles freáticos someros provoquen problemas de drenaje y que cuantiosos volúmenes de agua escapen al mar o a través de las redes de drenaje agrícola?**

**La extracción de agua subterránea equivaldría a una remediación de la contaminación difusa generada por el desarrollo agrícola.**

# Configuración de niveles y salinidad del agua subterránea

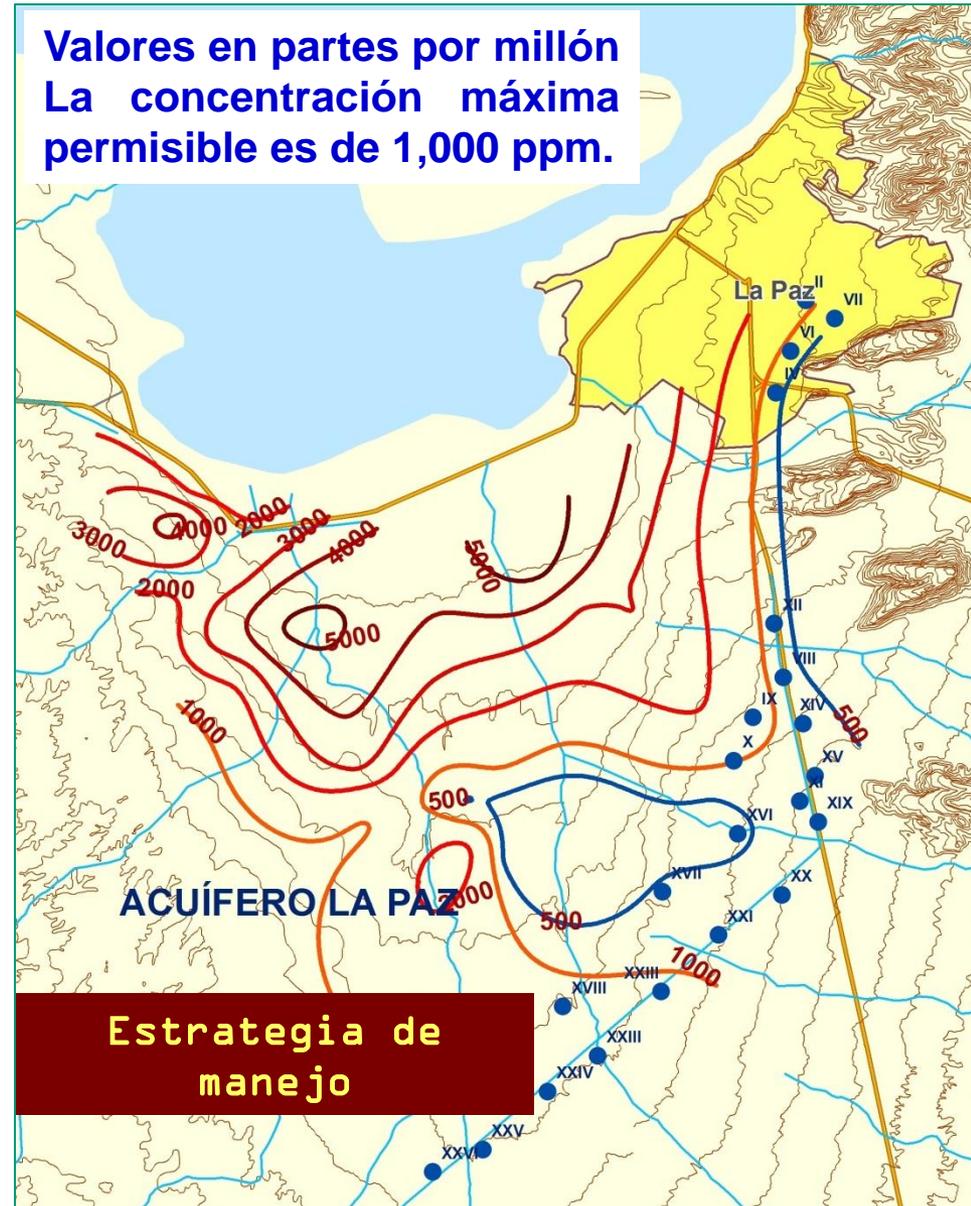
2009

Valores en metros sobre el nivel medio del mar



2009

Valores en partes por millón  
La concentración máxima permisible es de 1,000 ppm.

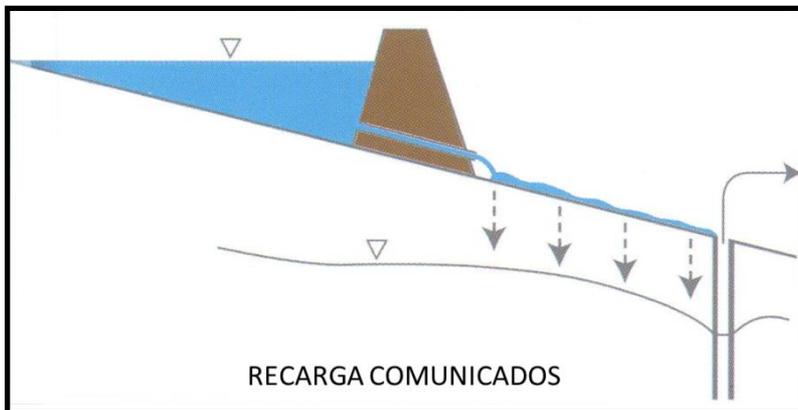


# Pragmatismo vs tecnología

Para qué tanta complicación. Con que haya agua y material superficial permeable es suficiente.

No puede soslayarse que hay un marco regulatorio, derechos de agua, riesgo de afectación a terceros, efectos perjudiciales reales o potenciales...

Una sobresimplificación puede llevar a infraestructura ociosa, inversiones perdidas y afectaciones a terceros.....



# Conclusiones

- ❑ Su aplicación requiere de un conocimiento general del contexto hidrológico-hidrogeológico, de objetivos claros, de una conceptualización y caracterización básica y de un enfoque no meramente local.
- ❑ En su aplicación deben aprovecharse los atributos naturales del subsuelo (zona no saturada-acuífero): vaso regulador y almacenador, planta de tratamiento, red de acueductos....
- ❑ Su justificación requiere de una evaluación de costo vs beneficio, no sólo en términos económicos, sino también ambientales y sociales, entre otros.
- ❑ Proyectos en mediana o gran escala deben tener un enfoque integral y considerar oportunamente el marco legal y normativo.

# Conclusiones

- ❑ Los proyectos de recarga en gran escala requieren de un enfoque interdisciplinario e interinstitucional y de la conciliación de autoridades, usuarios, especialistas y operadores.
- ❑ No es una panacea; pero puede ser una acción efectiva para resolver un problema local o una componente de un programa regional orientado a la sustentabilidad hídrica.
- ❑ Es indispensable dar mayor difusión a los resultados de las obras de recarga, ya sean exitosas o fallidas, y propiciar el intercambio entre los especialistas nacionales y extranjeros.



**CONAGUA**  
Comisión Nacional del Agua



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

