

**IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE**  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.

## AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

**CONAGUA**  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

*Heber Saucedo*

Fecha 16/octubre/2018



**SEDRAE**  
SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL  
Y AGROEMPRESARIAL

**SEMARNAT**  
SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES

**CONAGUA**  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

**SAGARPA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL  
PESCA Y ALIMENTACIÓN



**inirap**  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES**



**AMERD**  
ASOCIACIÓN MEXICANA DE EMPRESAS DE RIEGO Y DRENAJE, A.C.



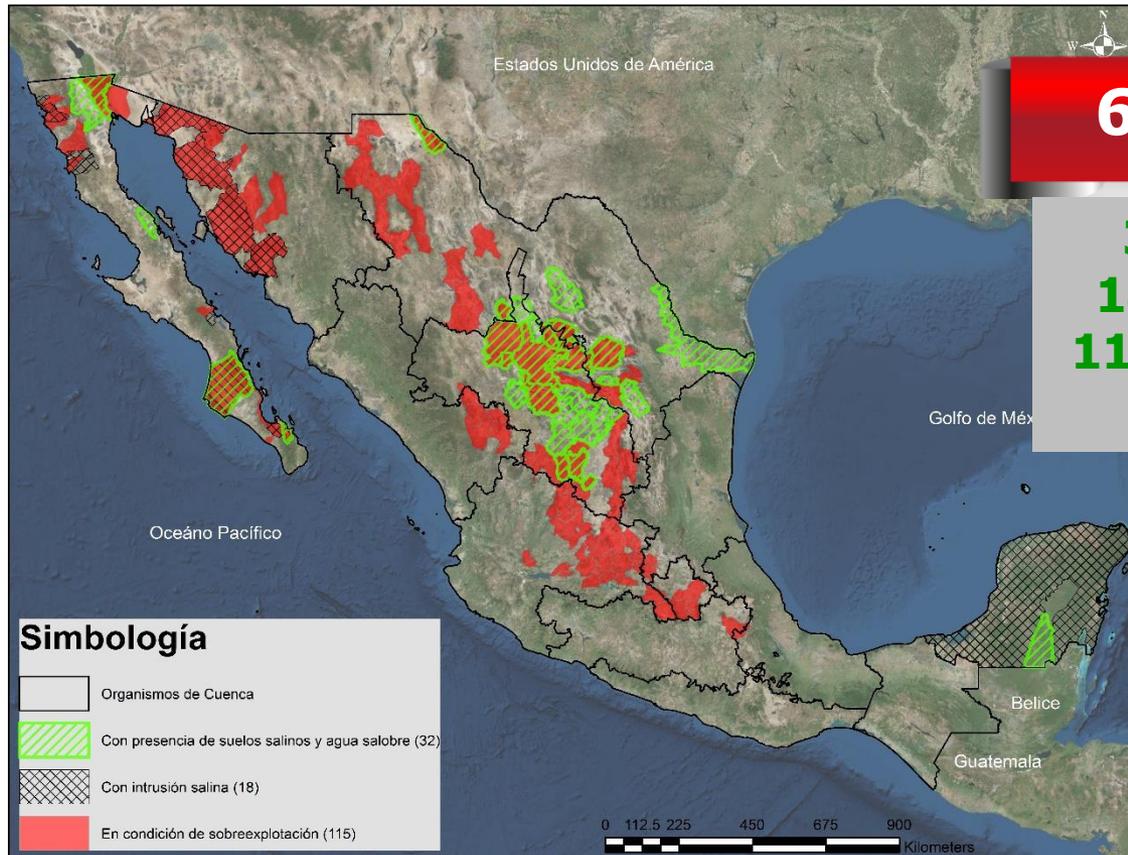
**SM GEODIM**  
MODELOS DE INFORMACIÓN DE LA TIERRA



**IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE**  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



# Diagnóstico de los acuíferos de México



**653 Acuíferos**

**32** Agua salobre  
**18** Intrusión salina  
**115** Sobreexplotados



**IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE**  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



## Uso público-urbano y doméstico del agua subterránea

**Para los usos público-urbano y doméstico, los acuíferos suministran:**

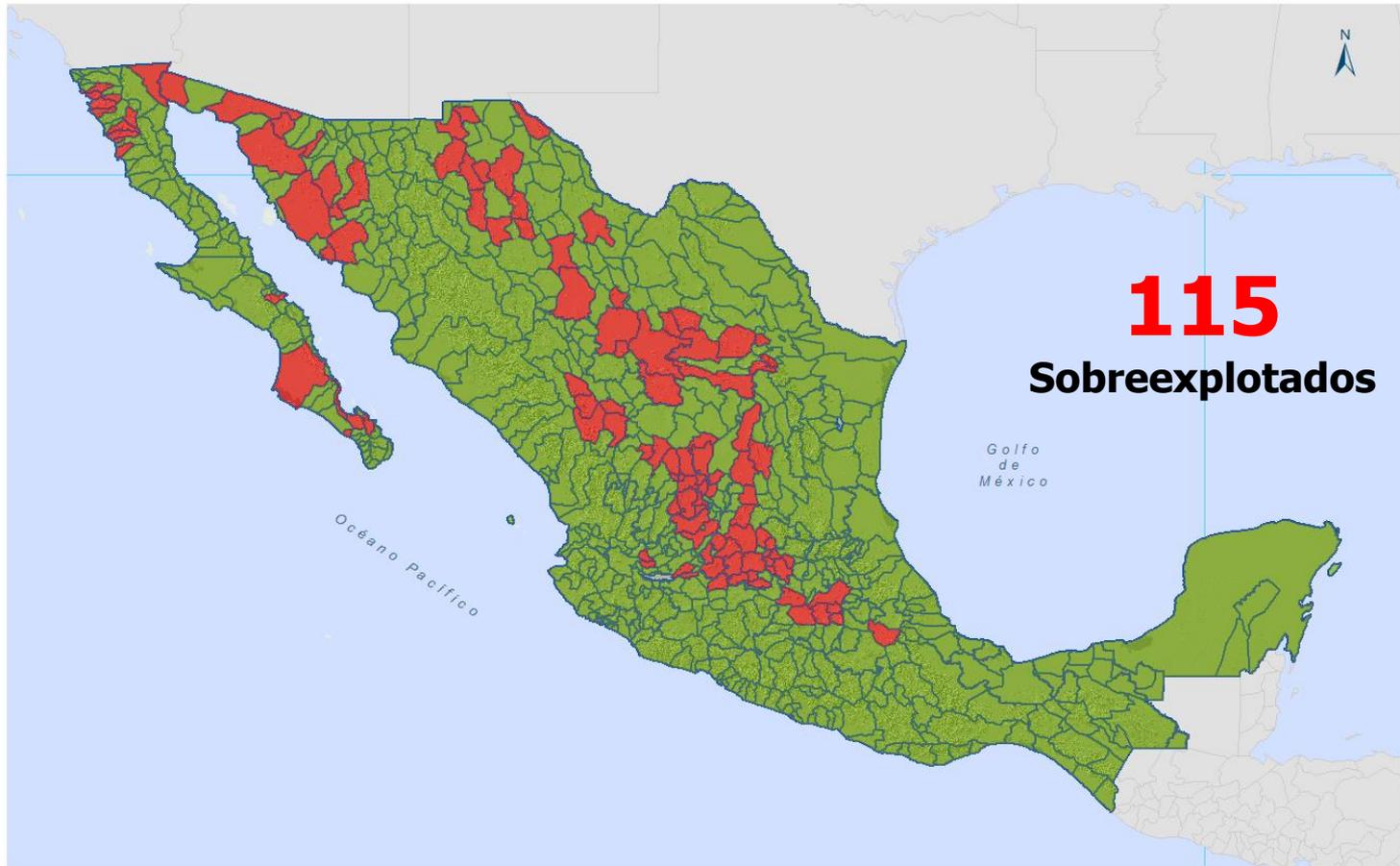
- **El 70% del volumen de agua utilizado en las ciudades (80 millones de habitantes)**
- **El 100% del volumen de agua utilizado en las poblaciones rurales (40 millones de habitantes).**



**IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE**  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



## Acuíferos sobreexplotados

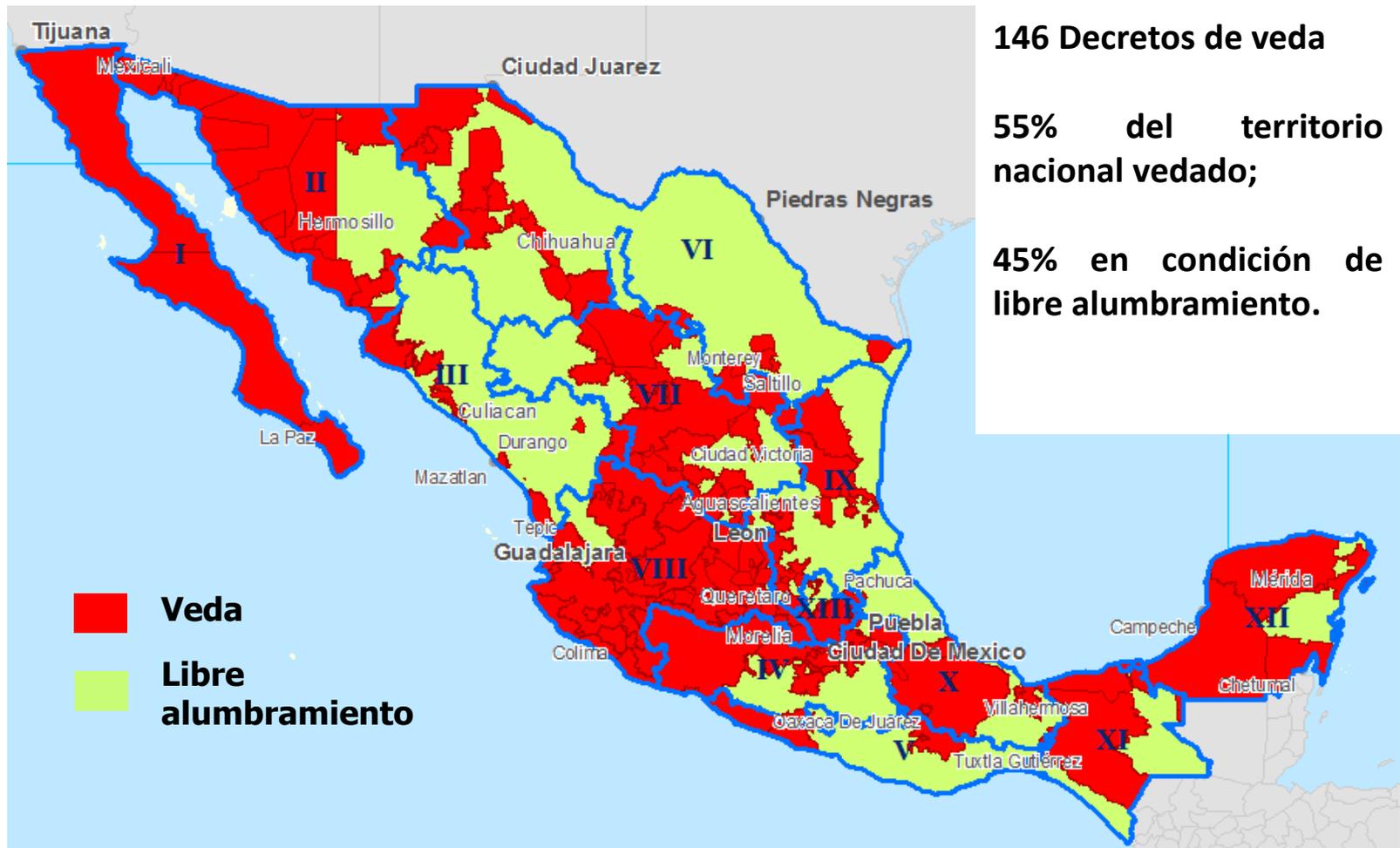




**IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE**  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



## Instrumentos Jurídicos





# IV CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE

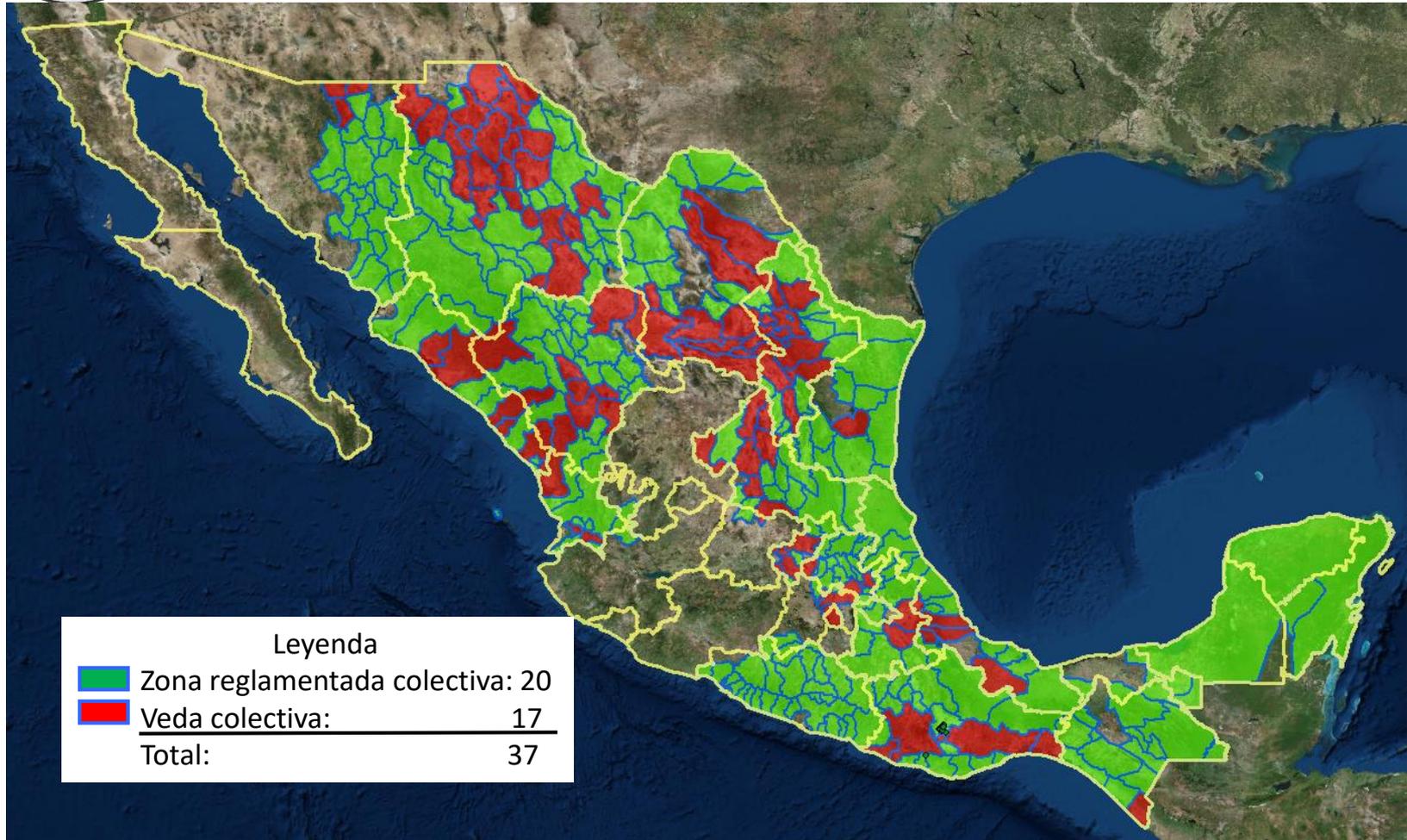
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.





# IV CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE

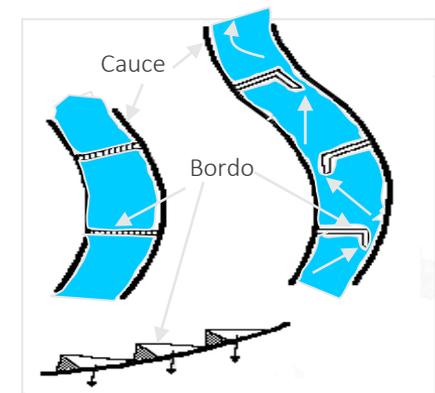
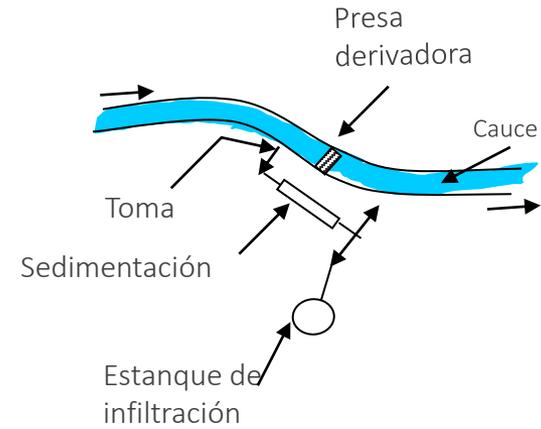
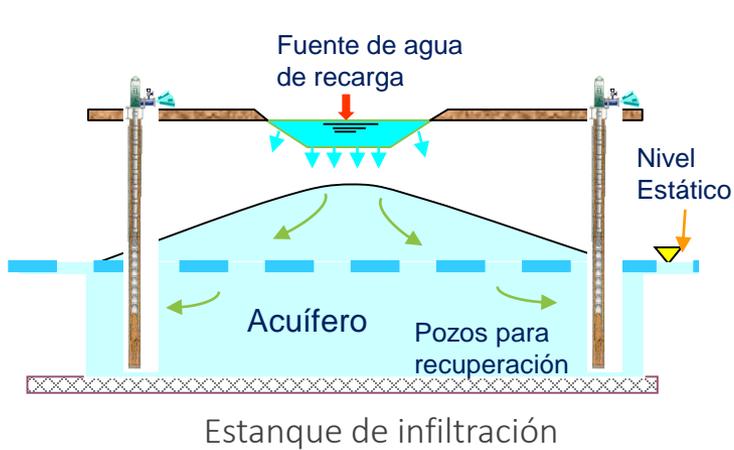
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



333 Acuíferos en 24 estados, con ordenamientos colectivos (ZR – ZV)  
Instrumento por cada acuífero

# Acciones tecnológicas: Recarga de acuíferos

## (1) Superficial:

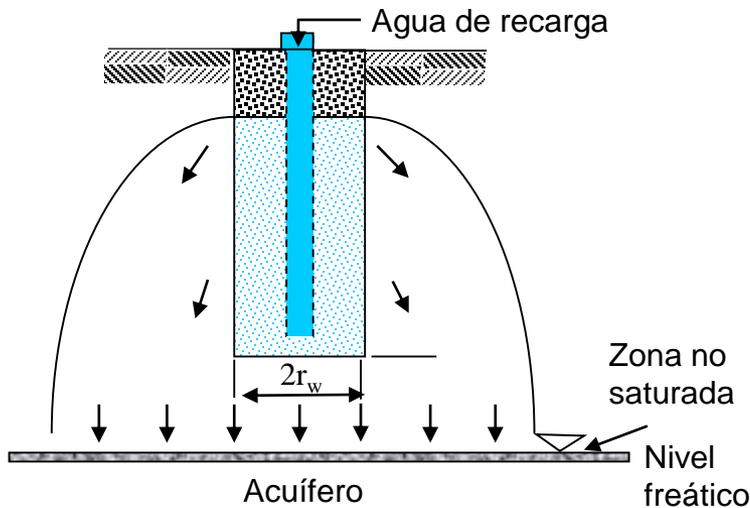


Acondicionamiento de cauces

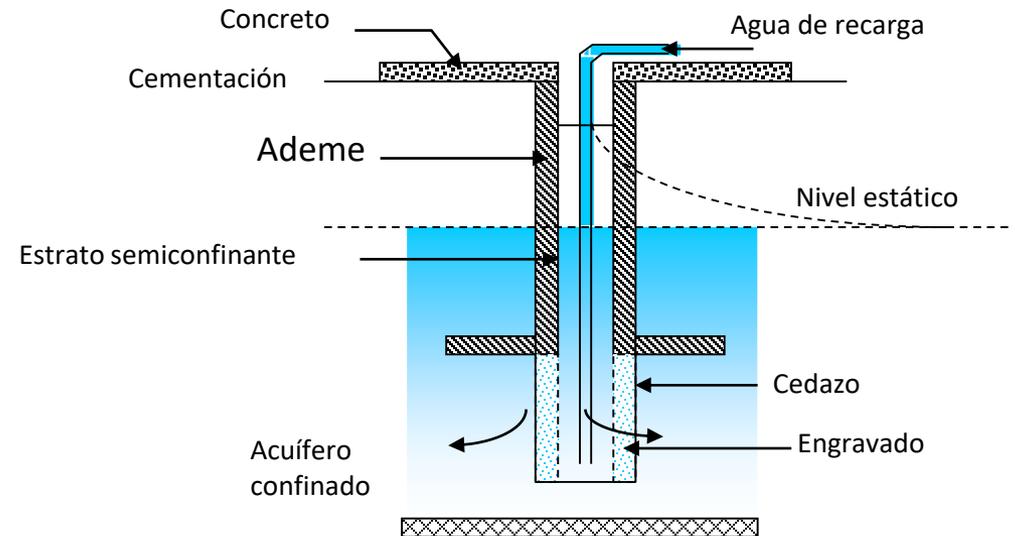


# Métodos de recarga de acuíferos

(2) Subsuperficial  
(entre el nivel freático y la superficie del terreno)



(3) Directo (al acuífero)

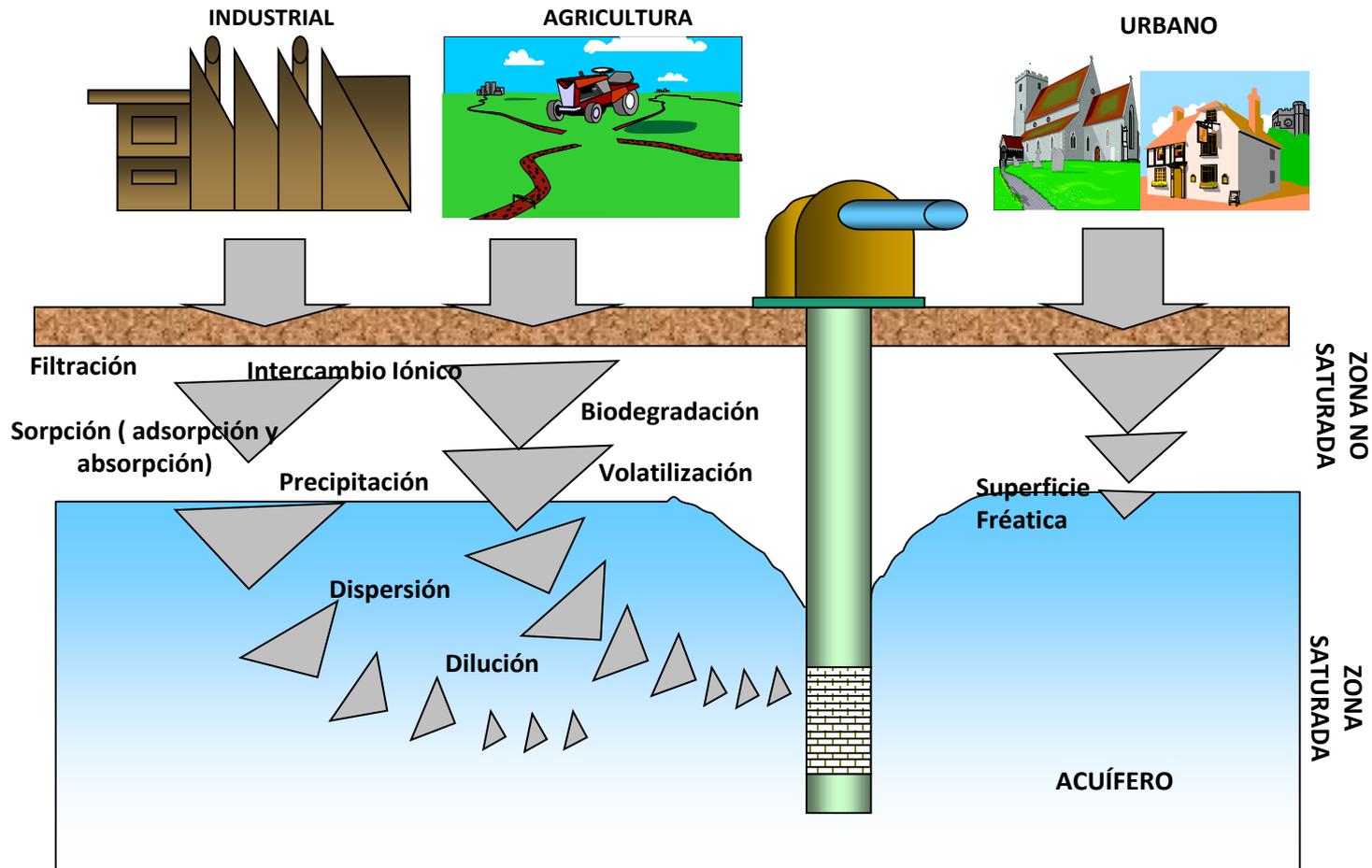




IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



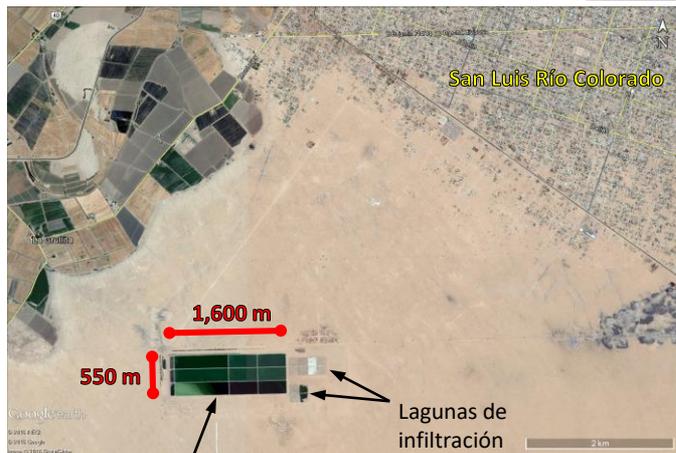
# Medio poroso – fracturado - Biofiltro



# Caso de éxito: OOMAPAS San Luis Río Colorado



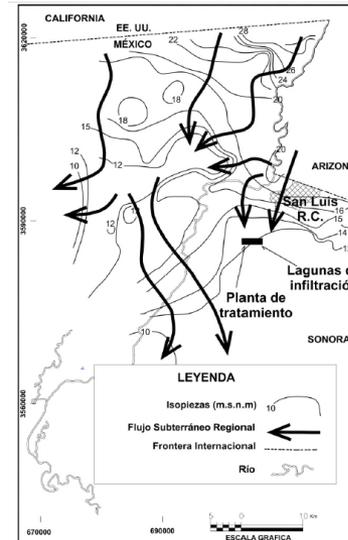
Lagunas de infiltración



Planta de tratamiento



Lagunas de infiltración



Dirección de flujo subterráneo regional en el área de estudio

**OOMAPAS NO OBTUVO CERTIFICADO DE CALIDAD PARA BENEFICIO FISCAL** **RETOS**  
**Se requieren estudios sobre:**

- Balance de cloruros
- Especies nitrogenadas
- Eliminación de patógenos
- Orgánicos (trihalometanos)
- Orgánicos tipo "emerging"
- Estimación de los volúmenes infiltrados
- Manejo adecuado de los estanques



IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



## Nuevas versiones de consulta NOM 014 -015

**Nuevas versiones de consulta de Normas Oficiales Mexicanas NOM-014-CONAGUA-2003** Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada, **y la NOM-015-CONAGUA-2007**, Infiltración artificial de agua a los acuíferos.-Características y especificaciones de las obras y del agua.

- En el caso de la primera se modificaron un total de ocho numerales y se añadió uno nuevo.
- Para la segunda, se reformularon cinco numerales.

Estas modificaciones tienen como beneficio principal **evitar la exigencia de recargar agua de mayor calidad que la presente en el acuífero**, sin dejar de tener en cuenta la protección de la calidad del agua subterránea empleada en los usos público-urbano y doméstico.



**IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE**  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



## Usos consuntivos por fuente de suministro

Uso agrupado	Origen		Volumen total (miles de hm <sup>3</sup> )	Porcentaje de extracción
	Superficial (miles de hm <sup>3</sup> )	Subterráneo (miles de hm <sup>3</sup> )		
Agrícola	42.21	23.84	66.05	76.30
Abastecimiento público	5.22	7.36	12.58	14.50
Industria autoabastecida	1.64	2.16	3.80	4.40
Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad	3.70	0.45	4.15	4.80
<b>Total</b>	<b>52.77</b>	<b>33.81</b>	<b>86.58</b>	<b>100.00</b>

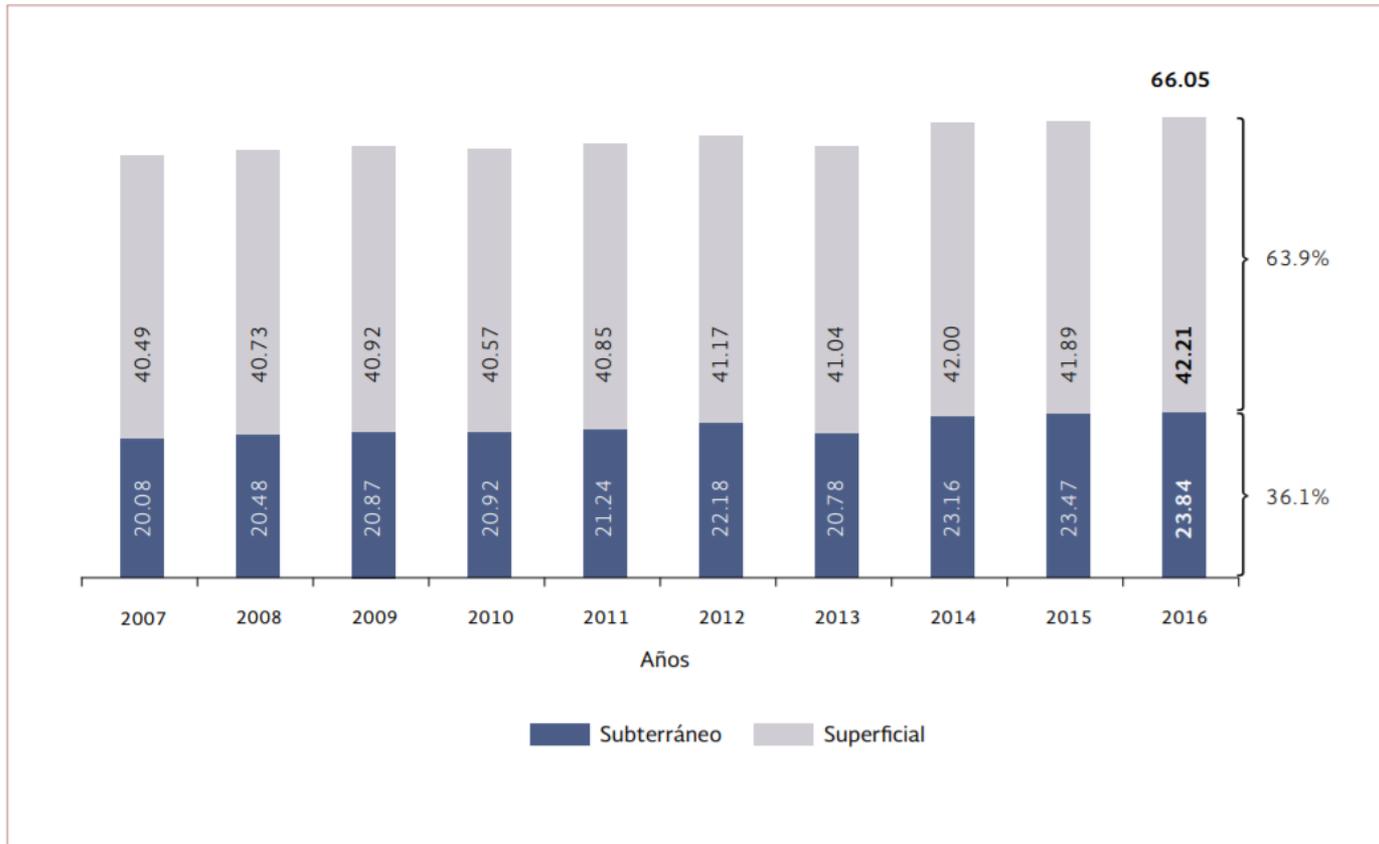
Fuente: Elaborado con base en CONAGUA (2016c).



**IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE**  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



## Evolución del volumen concesionado para uso agrícola (miles de hm<sup>3</sup>)



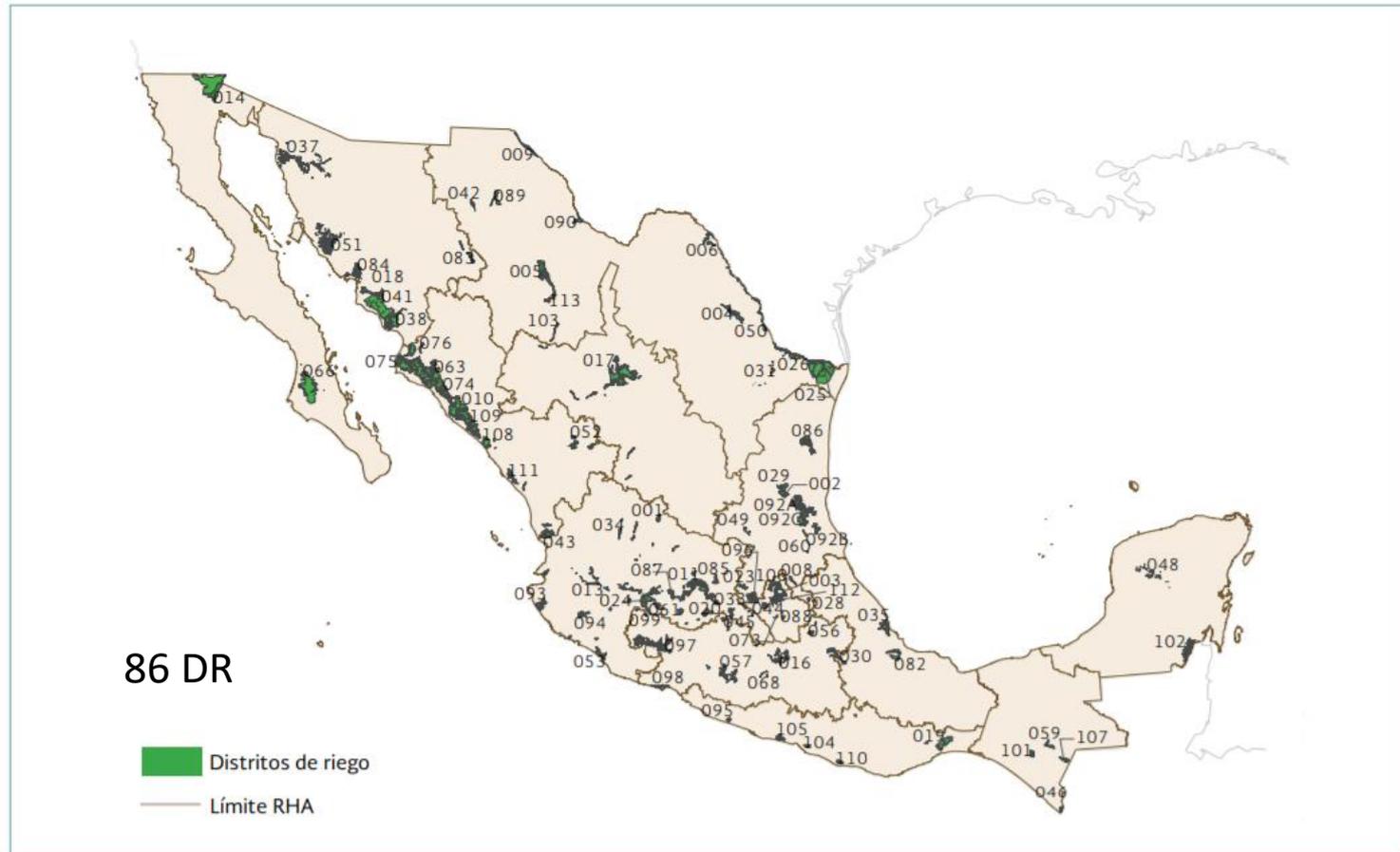
Fuente: Elaborado con base en CONAGUA (2016c).



IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



## Aplicación del agua para riego: distritos de riego



Fuente: CONAGUA (2016i).



**IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE**  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



## Aplicación del agua para riego: unidades de riego



Fuente: CONAGUA (2016i).



IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.

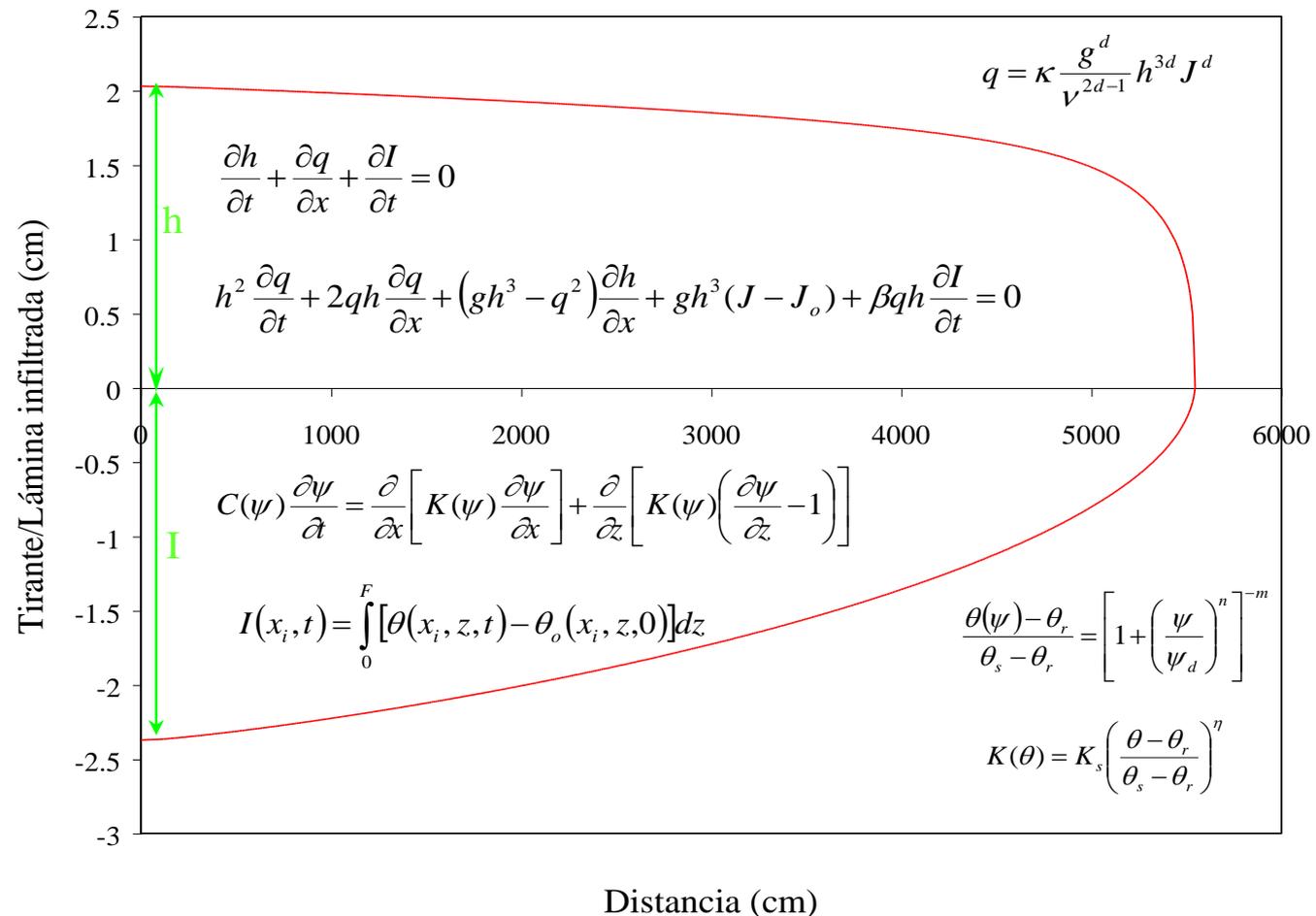


## Modelación del riego por gravedad





# Acoplamiento numérico interno de las ecuaciones de Saint-Venant y Richards





## Formas discretas

### Continuidad

$$\begin{aligned} & [\omega \delta t] \delta q_\ell + [-\omega(x_m - x_j) - \phi(x_r - x_\ell)] \delta h_\ell + [-\omega \delta t] \delta q_r + [(\omega + \phi - 1)(x_r - x_\ell)] \delta h_r = \\ & \delta t(q_m - q_j) - [\phi h_j + \phi I_j + (1 - \phi)h_m + (1 - \phi)I_m - \omega(h_j + I_\ell) + (1 - \omega)(h_j + I_j)](x_m - x_j) \\ & - [\omega(h_m + I_r) + (1 - \omega)(h_m + I_m) - \phi h_j - \phi I_\ell - (1 - \phi)h_m - (1 - \phi)I_r](x_r - x_\ell) \end{aligned}$$

### Cantidad de movimiento

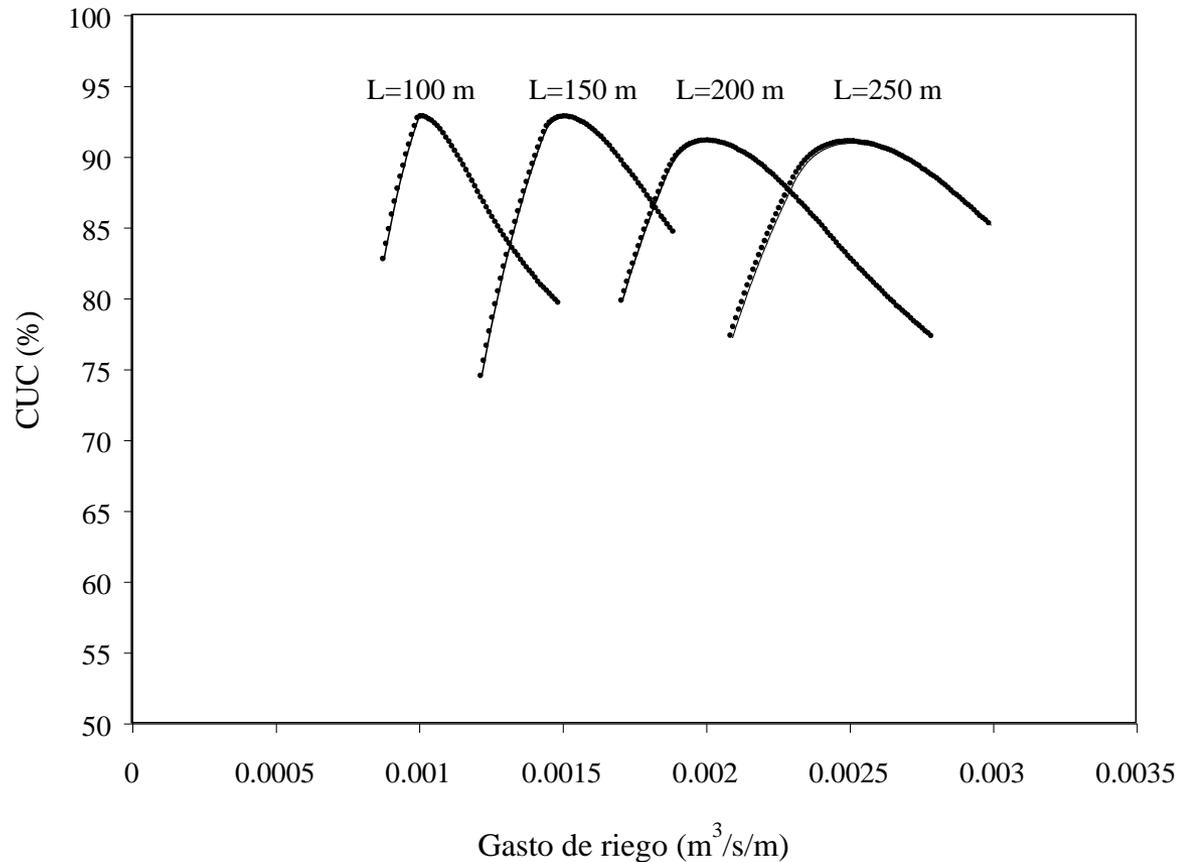
$$\begin{aligned} & \left[ -\frac{2\bar{q}}{h^2} \delta t + \phi \frac{g \delta t}{d} (x_r - x_\ell) \frac{J_j}{q_j} + \phi \frac{(x_r - x_\ell)}{\bar{h}} \right] \delta q_\ell + \left[ -\delta t \left( g - \frac{\bar{q}^2}{h^3} \right) - 3\phi g \delta t (x_r - x_\ell) \frac{J_j}{h_j} \right] \delta h_\ell + \\ & \left[ \frac{2\bar{q}}{h^2} \delta t + (1 - \phi) \frac{g \delta t}{d} (x_r - x_\ell) \frac{J_m}{q_m} + (1 - \phi) \frac{(x_r - x_\ell)}{\bar{h}} \right] \delta q_r + \left[ 2\delta t \left( g - \frac{\bar{q}^2}{h^3} \right) - 3(1 - \phi) g \delta t (x_r - x_\ell) \frac{J_m}{h_m} \right] \delta h_r = \\ & -\frac{2\bar{q}}{h^2} \delta t(q_m - q_j) - \delta t \left( g - \frac{\bar{q}^2}{h^3} \right) (h_m - h_j) - g(x_r - x_\ell) \delta t((1 - \phi)J_m + \phi J_j - J_o) \\ & -\beta \frac{\bar{q}}{h^2} (x_r - x_\ell) \{ [(1 - \phi)I_r - \phi I_\ell] - [(1 - \phi)I_m - \phi I_j] \} \end{aligned}$$



IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



## Variación del coeficiente de uniformidad según el gasto de aporte y la longitud de la melga





IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.

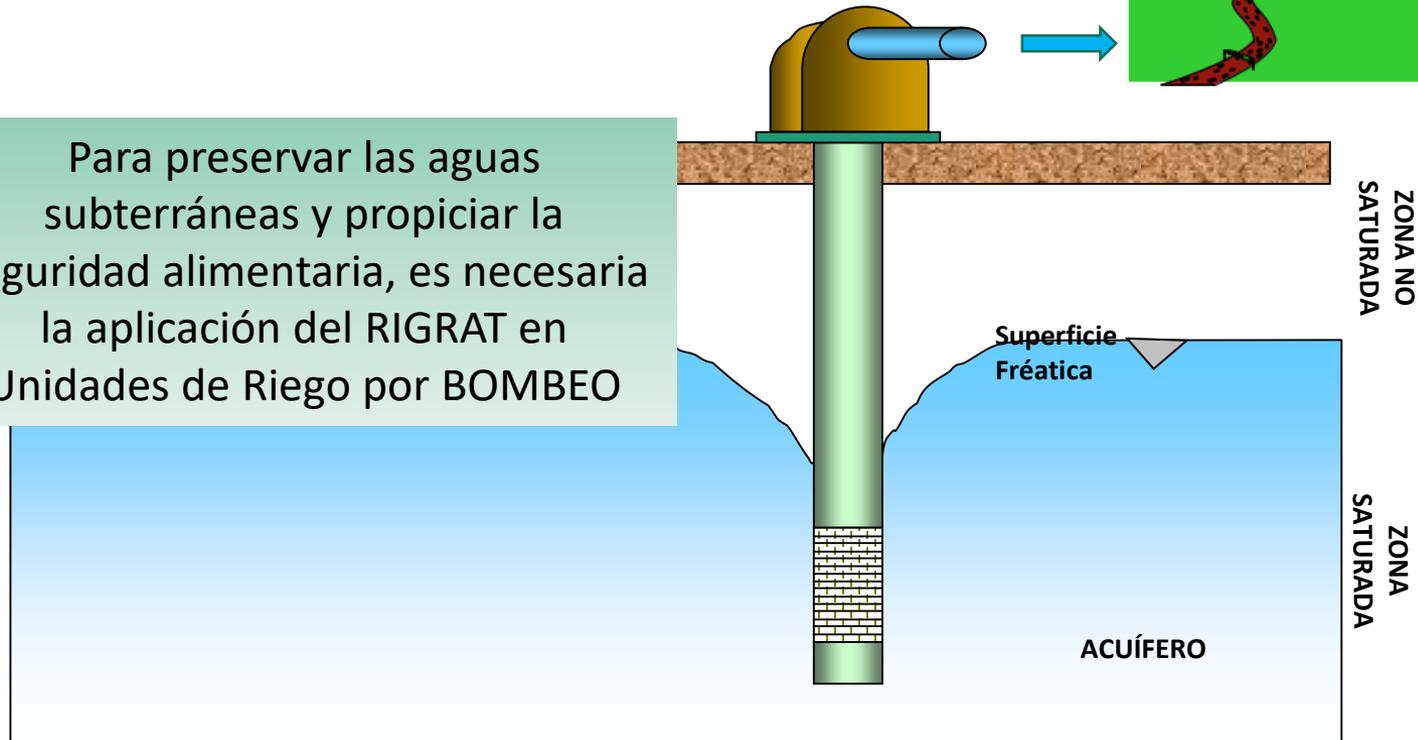


## RIGRAT – DR - UR

Acciones de mejoramiento del riego a nivel parcela: nivelación de tierras, pronóstico del riego, receta de riego, capacitación y asesoría



Para preservar las aguas subterráneas y propiciar la seguridad alimentaria, es necesaria la aplicación del RIGRAT en Unidades de Riego por BOMBEO





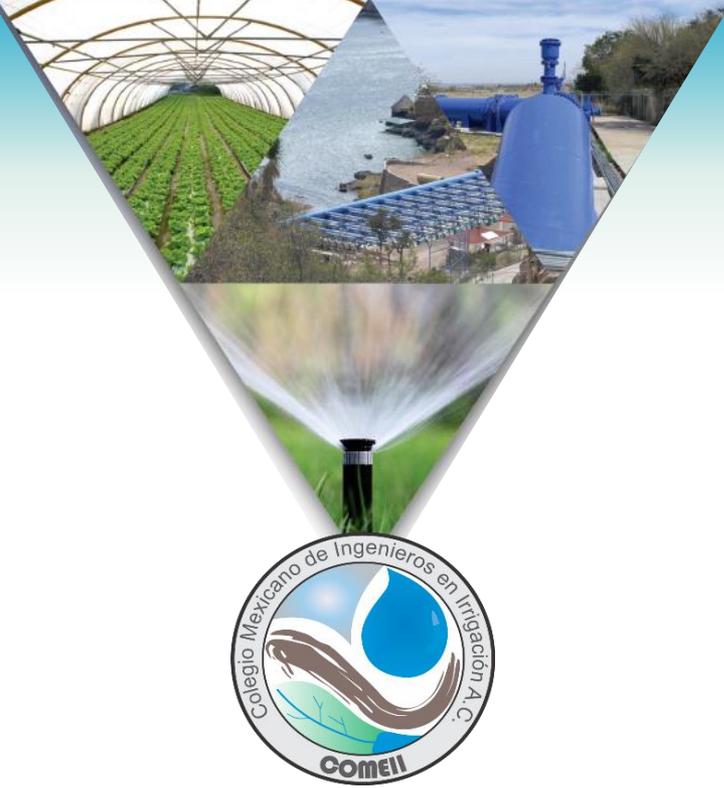
IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE  
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



## CONCLUSIONES

Para contribuir a la preservación de las aguas subterráneas y fomentar la seguridad alimentaria de México, es necesaria la aplicación del RIGRAT en Unidades de Riego por BOMBEO, donde el riego se aplique por gravedad

El impacto positivo a la economía de los regantes es directo al reducir los gastos en energía eléctrica



# Gracias

DR. HEBER E. SAUCEDO ROJAS  
GERENTE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS  
SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA  
CONAGUA  
HEBER.SAUCEDO@CONAGUA.GOB.MX

