

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



LA CARTOGRAFÍA DEL INEGI Y SU APLICACIÓN AL MODELADO



Francisco Javier Jiménez Nava

Fecha 16/octubre/2018



AGUASCALIENTES
GOBIERNO DEL ESTADO
Contigo al 100

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



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA
DEL AGUA

inirap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES



AMERD

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



ASOCIACIÓN DE USUARIOS JUNTA DE AGUAS
DEL DISTRITO DE RIEGO 01, 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.



Antecedentes

Dirección General Adjunta de Recursos Naturales y Medio Ambiente

Objetivo:

Proporcionar información sobre los principales recursos naturales y el medio ambiente a través de la generación de información geoespacial y estadística de interés nacional y la aplicación de modelos, para su integración al Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.



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



Antecedentes



La República Mexicana por su situación geográfica, forma, clima, orografía, geología y suelos, presenta una gran diversidad de condiciones ecológicas, lo que ha dado como resultado una riqueza y diversidad de recursos naturales.

Territorio nacional en km ²	
Superficie territorial	1 964 375
Superficie continental	1 959 248
Superficie insular	5 127
Superficie marítima	3 149 920
Océano Pacífico	2 320 380
Golfo de México y Mar Caribe	829 540
Total	5 114 295



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



Antecedentes



México es uno de los 10 países con mayor diversidad biológica, alberga entre 8 y 12% del total de especies del planeta.

Esta diversidad se debe a su situación geográfica, relieve, clima, geología y suelos.



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



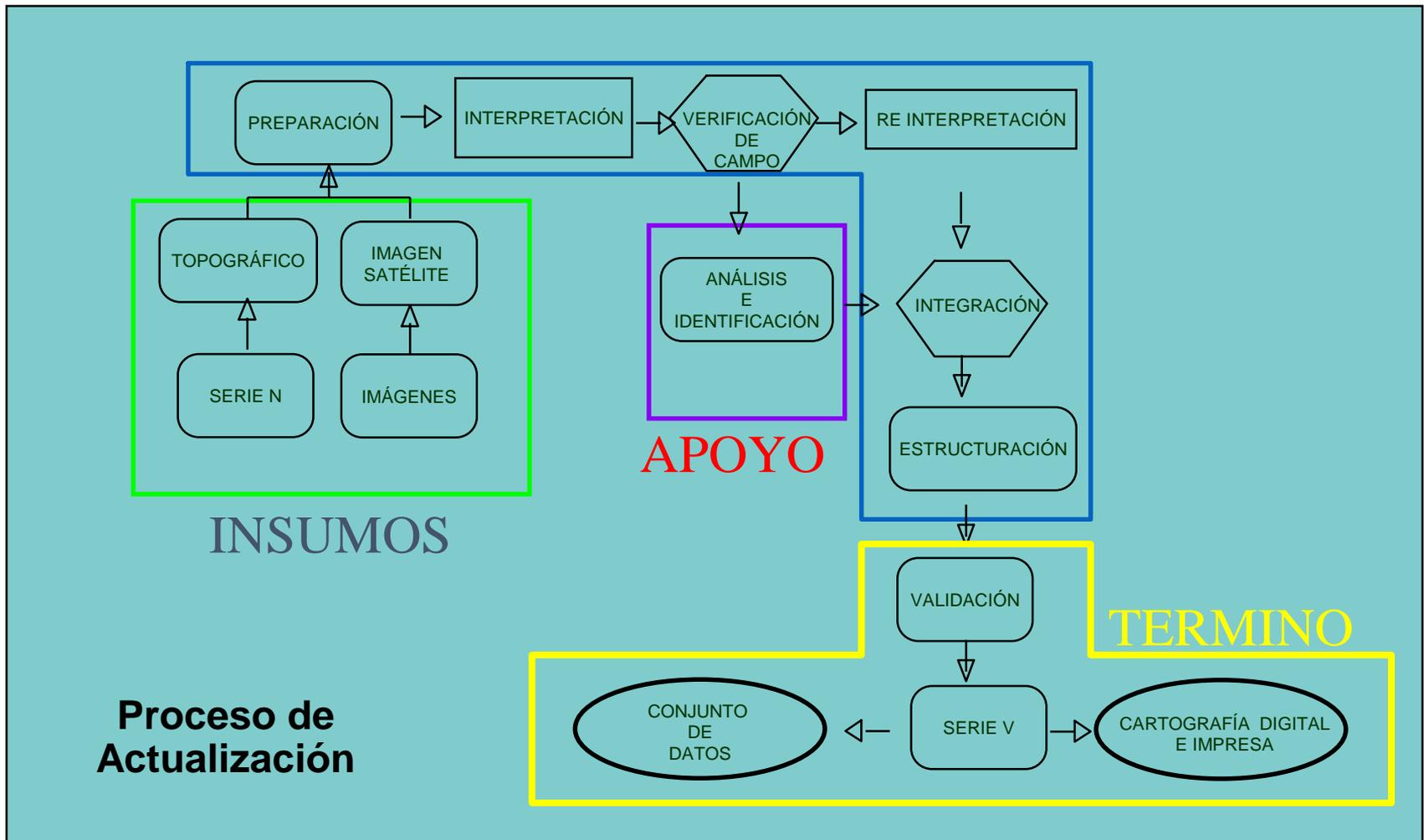
Antecedentes

RECURSO CARTOGRAFIADO	ESCALAS	REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA
ROCA	1:50 000 1:250 000 1:1 000 000	UNIDAD DE ROCA ASPECTOS ESTRUCTURALES. PUNTOS DE INTERÉS.
SUELOS	1:50 000 1:250 000 1:1 000 000	TIPOS DE SUELO LIMITANTES FISICO-QUIMICAS AL USO Y MANEJO DEL SUELO
VEGETACIÓN AGRICULTURA	1:50 000 1:250 000 1:1 000 000	TIPOS DE VEGETACIÓN TIPOS DE AGRICULTURA USOS PECUARIO Y FORESTAL
AGUA	1:250 000 1: 1 000 000	UNIDADES GEOHIDROLOGICAS UNIDADES DE ESCURRIMIENTO OBRAS DE EXPLOTACIÓN (MANANTIALES, NORIAS, POZOS, BORDOS, PRESAS)
CLIMA	1: 250 00 1: 1 000 000	TEMPERATURA MEDIA ANUAL PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL EVAPORACIÓN Y DÉFICIT DE AGUA. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA EFECTOS CLIMÁTICOS
BATIMETRÍA	1: 1 000 000	RELIEVE MARINO

50 años inventariando los recursos
naturales de México



Antecedentes





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



Hidrología





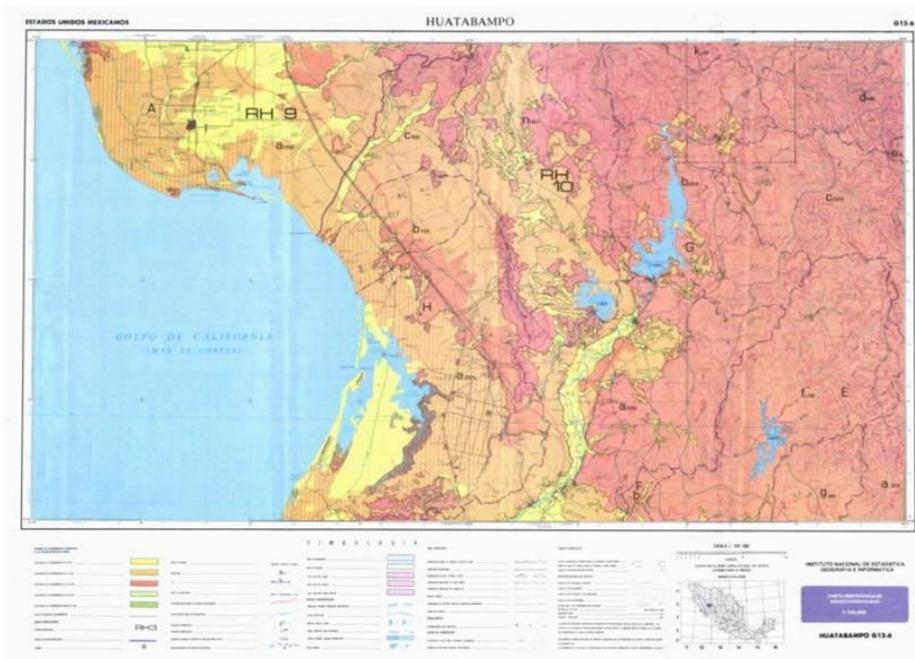
IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Hidrología Superficial

Productos Aguas Superficiales

- Cartografía escala 1:1 000 000 serie I
- Cartografía serie I escala 1:250 000
- Cartografía serie II escala 1:250 000



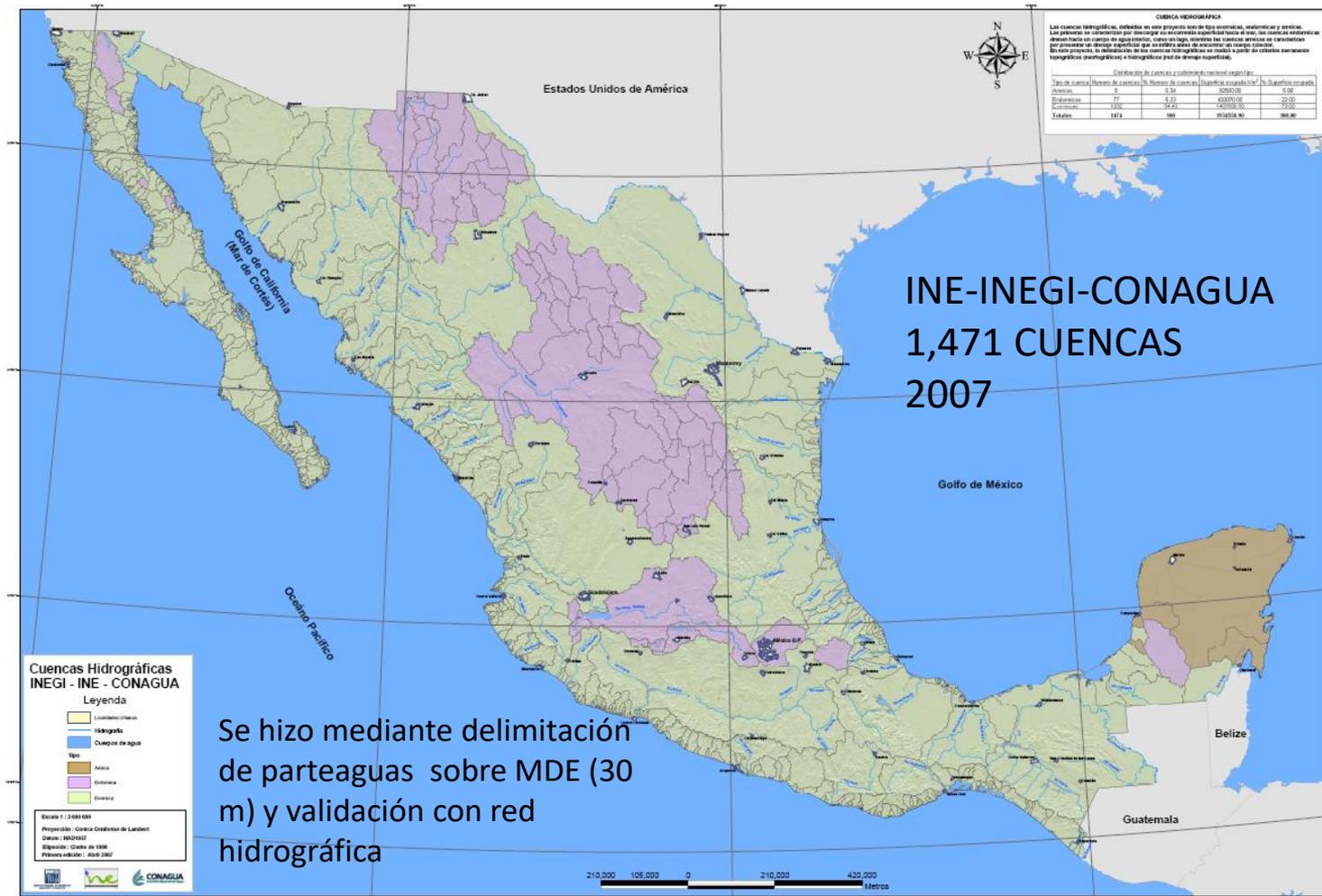


IV CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE

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

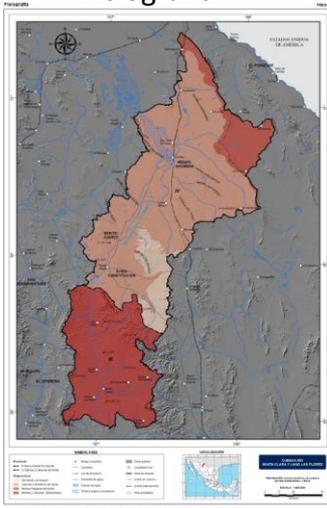


Cuencas hidrográficas INEGI-INE-CONAGUA

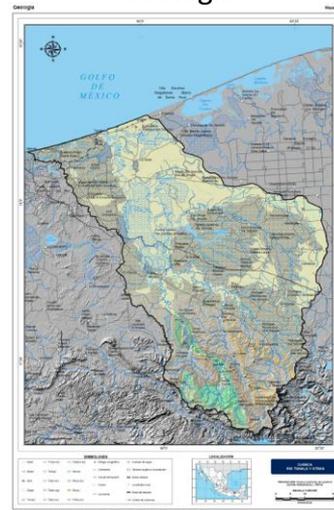


Información Integrada de las Cuencas Hidrográficas

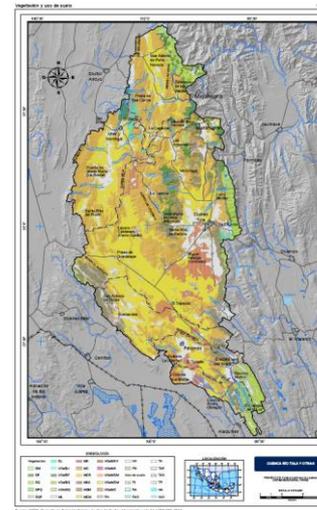
Fisiografía



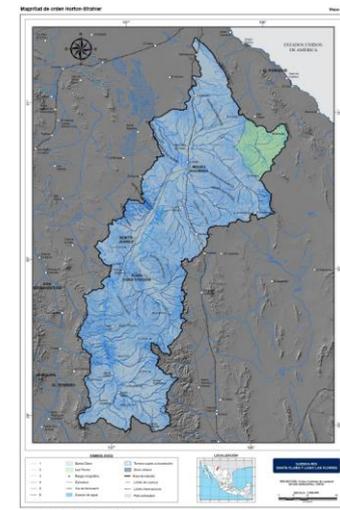
Geología



Vegetación y uso del suelo



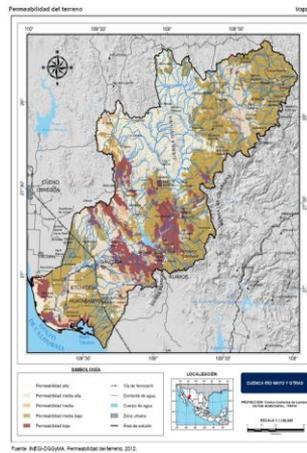
Morfometría



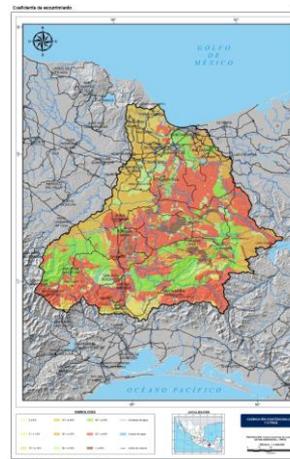
Zonas Funcionales



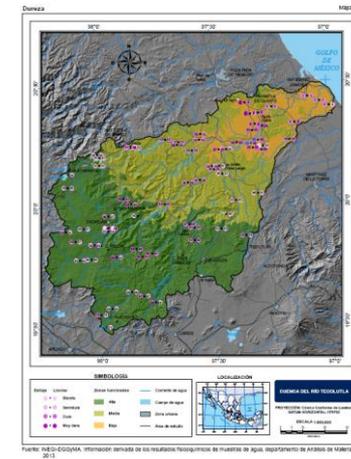
Permeabilidad del Terreno



Coefficiente de Ecurrimiento



Química del Agua





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



Continuo Nacional de Cuerpos de Agua Esc. 1:50,000



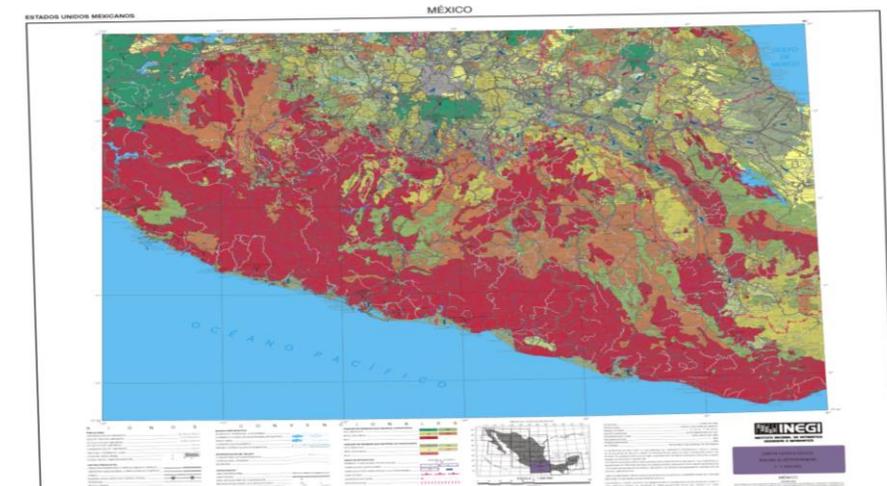
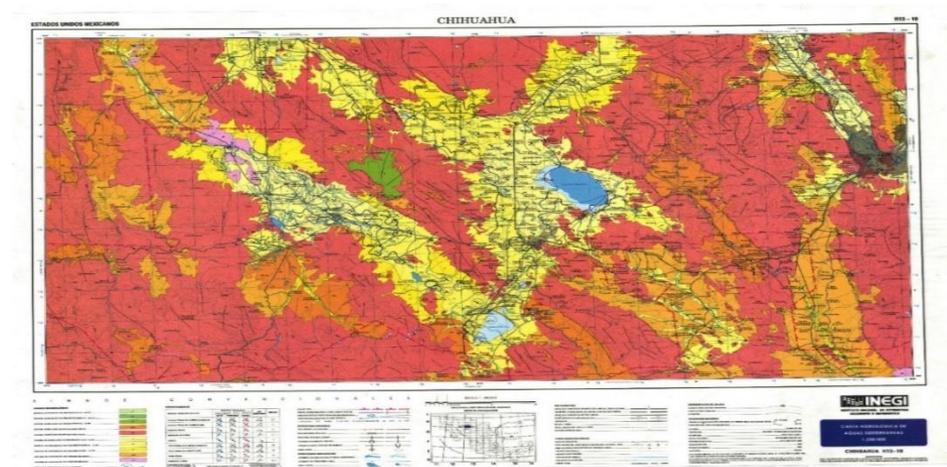


IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Hidrología Subterránea

- Cartografía escala 1:1 000 000 serie I
- Cartografía escala 1:1 000 000 serie II
- Cartografía serie I escala 1:250 000
- Cartografía serie II escala 1:250 000
- Estudios Hidrológicos estatales

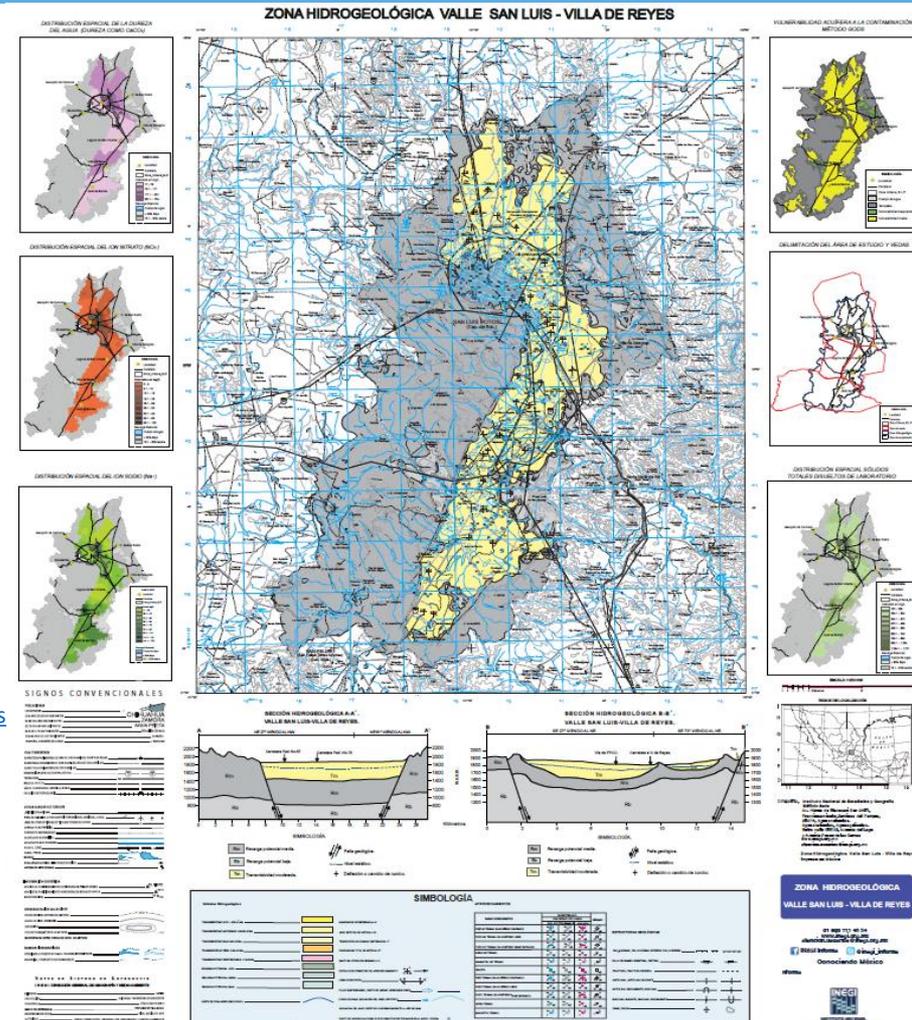


“Nueva versión” Aguas Subterráneas

- Zonas hidrogeológicas escalas varias
- Zonas hidrogeológicas serie II escalas varias

58 zonas hidrogeológicas
para descarga en internet
en pdf y shape file

<http://www.beta.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=zonas+hidrogeologicas>

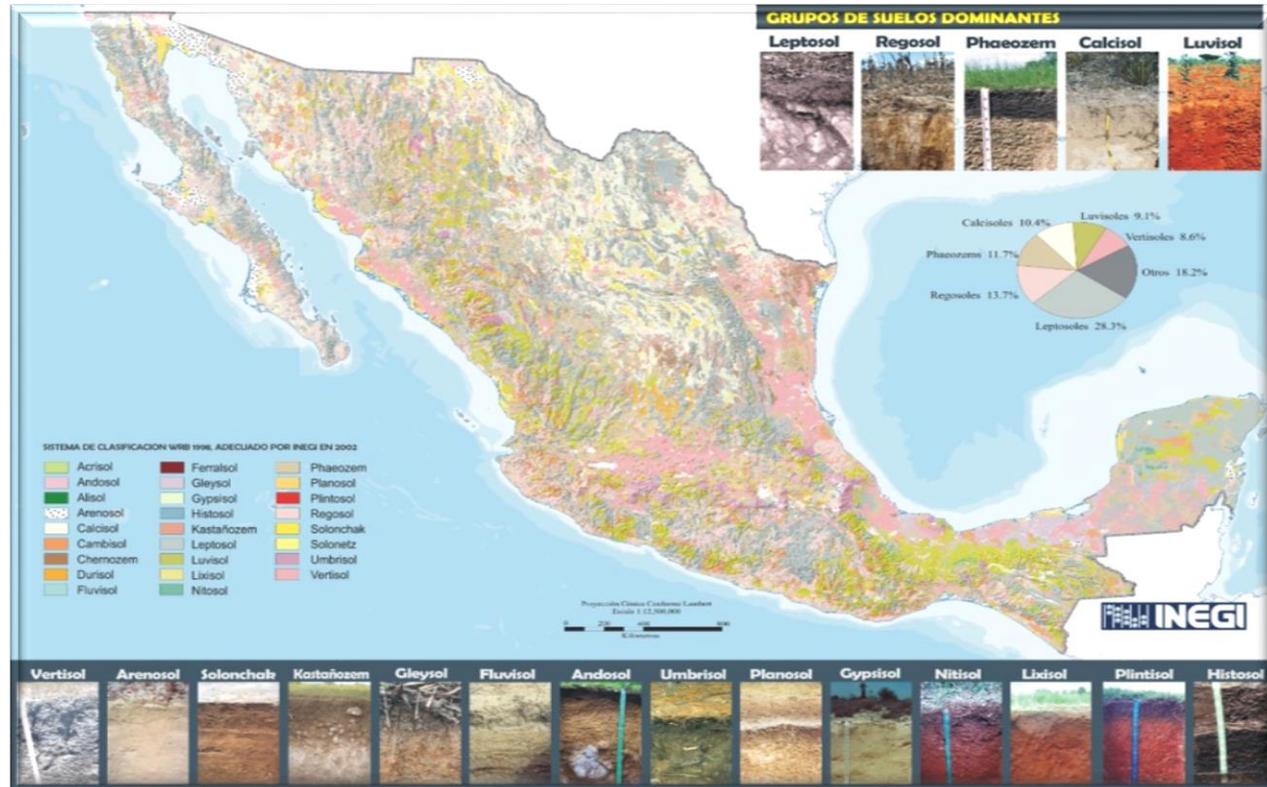




**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Principales Suelos de México



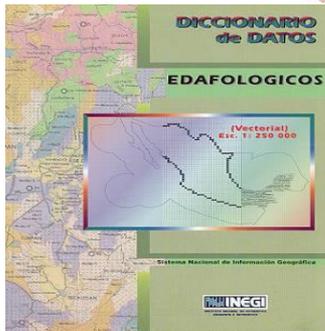


**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Suelos

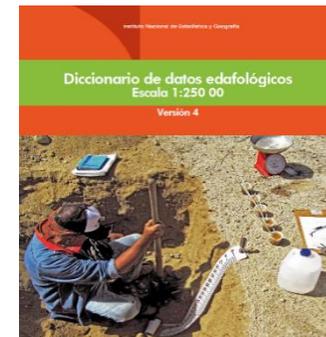
Serie I: 1980-1998
FAO-UNESCO 1968
(Modificada por DETENAL 1970)



Serie II: 2002-2007
WRB 1998
(Adecuada por INEGI 2000)



Serie III: 2012-2018
WRB 2014

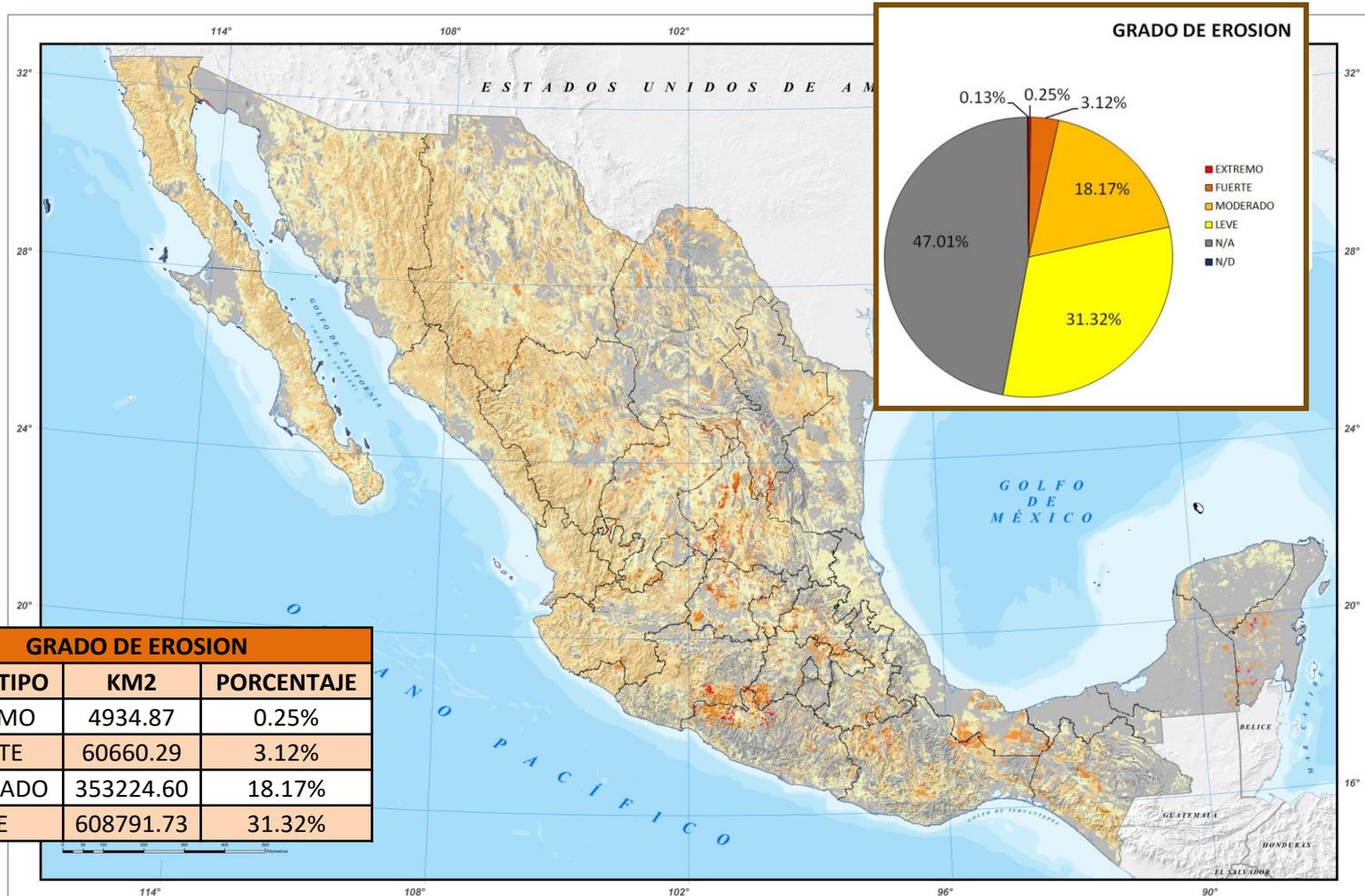




**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Erosión eólica

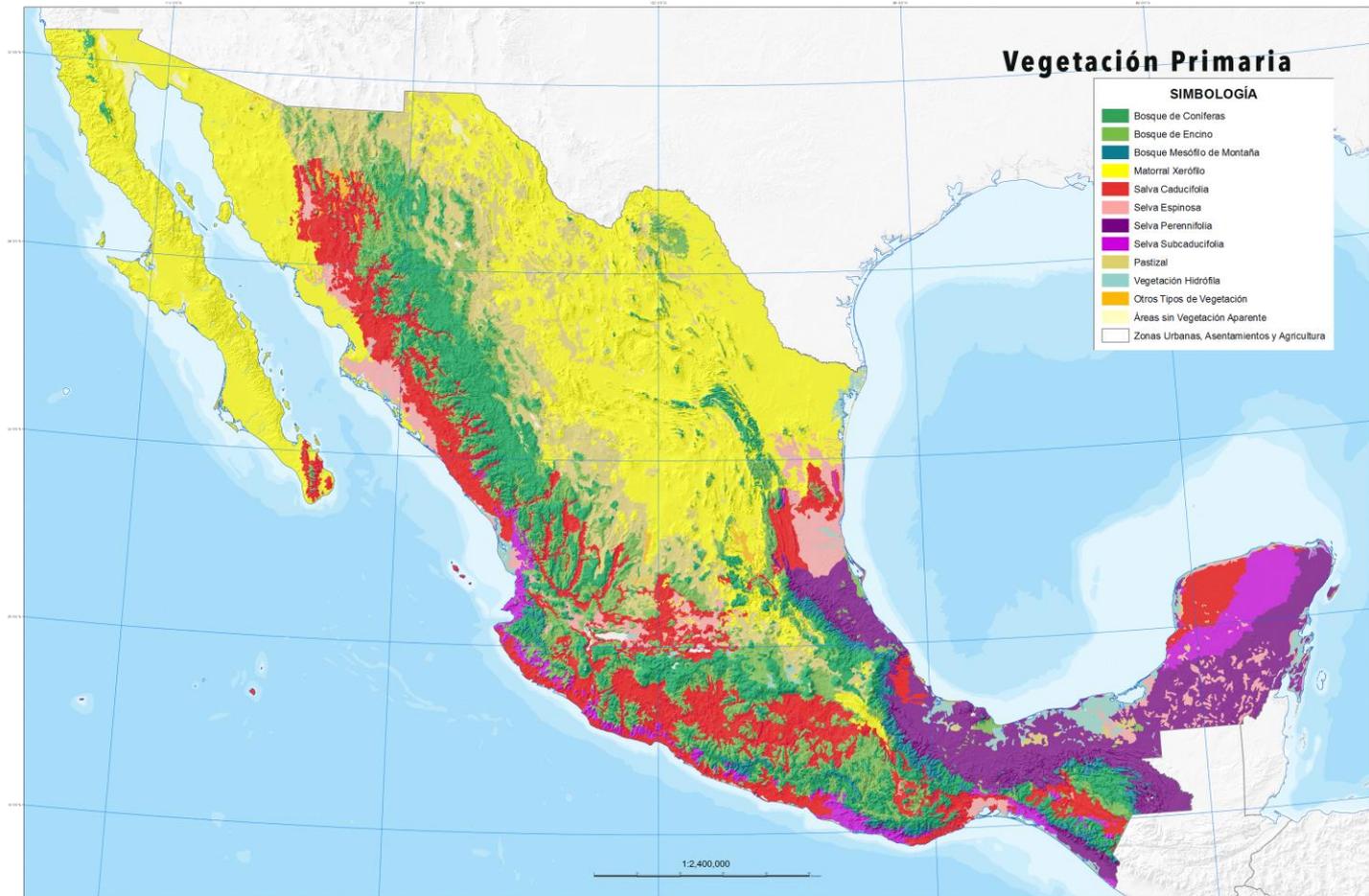




**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Uso del Suelo y Vegetación

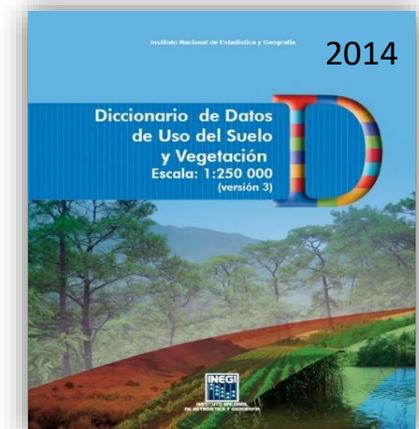
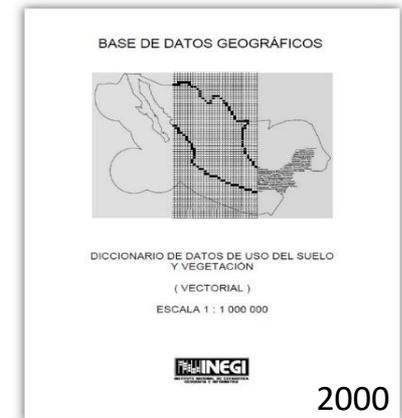
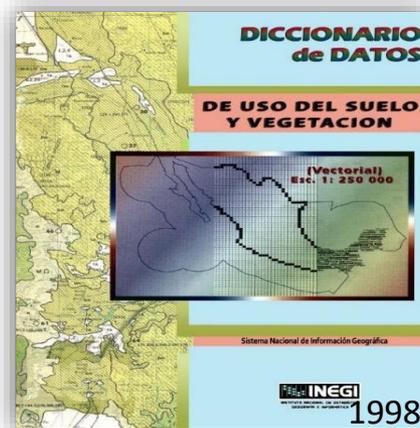
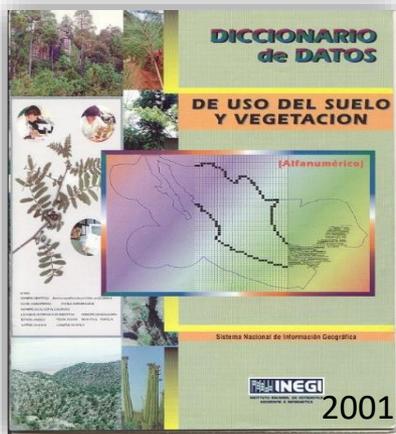




**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Uso de Suelo y Vegetación

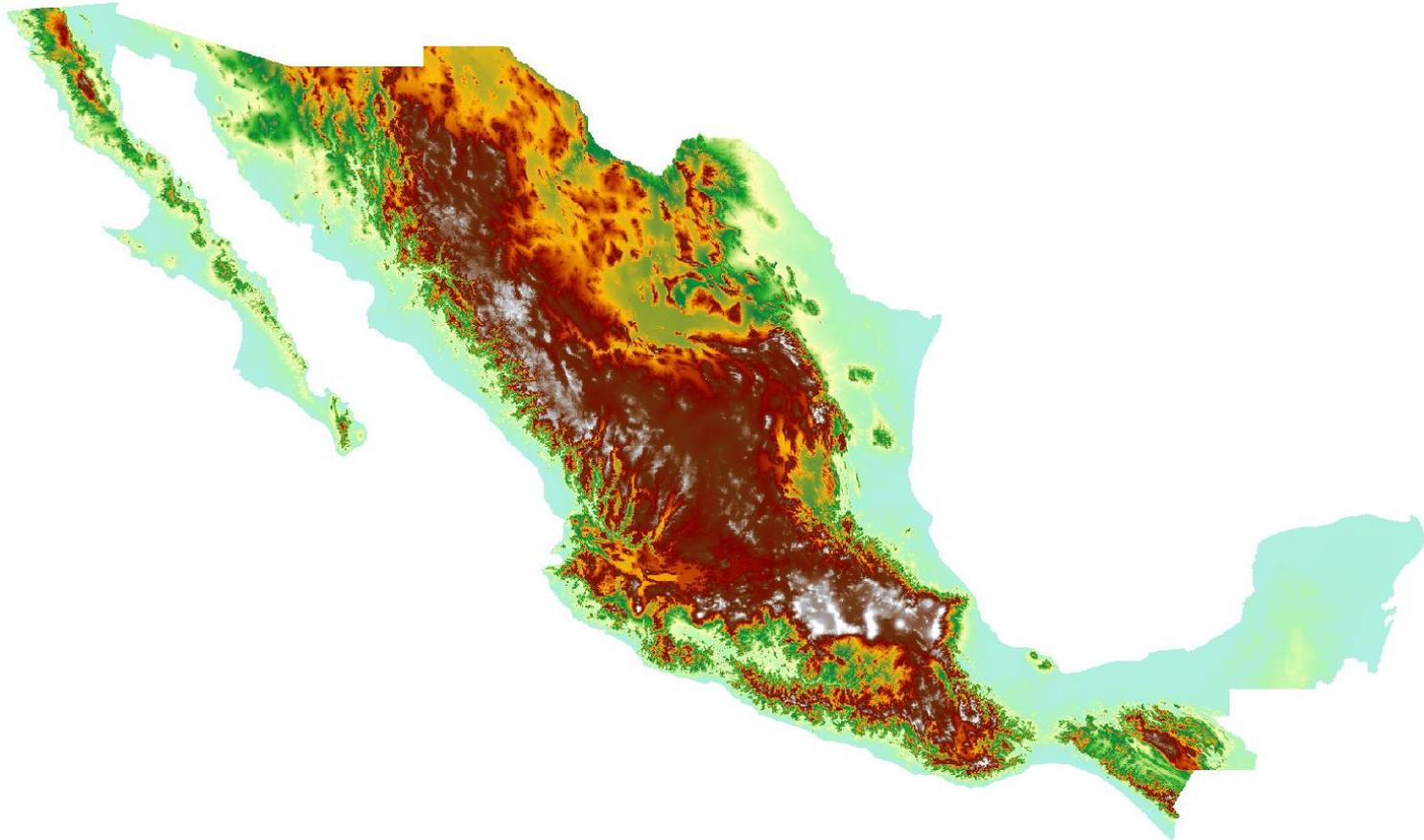




**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Modelos Digitales de Elevación Resolución 15 m

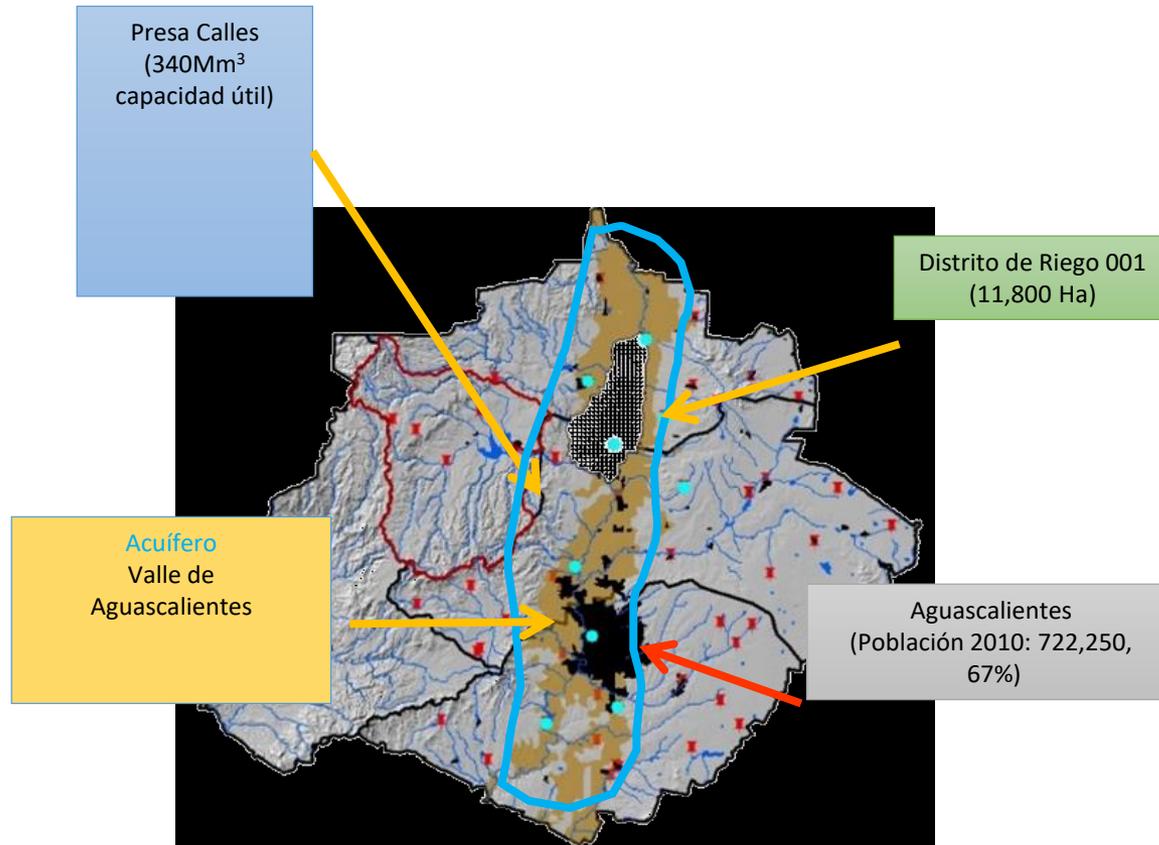




IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



El Modelo Dinámico Proyecto Valle de Aguascalientes





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



Objetivo

Desarrollar un modelo informático de dinámica de sistemas que refleje las interacciones de las variables biofísicas, demográficas y económicas, que impactan en la gestión del recurso agua.



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



Fundamento Teórico del Modelo

Los conceptos del Fundamento Matemático de *tiempo* y *sistemas dinámicos* permiten definir al tiempo como el índice que coordina la acción e interacción entre los sistemas y subsistemas que forman parte de sistemas complejos de gran escala, mientras que la dinámica permite trazar las variaciones del comportamiento con respecto al tiempo.





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



El Modelo Dinámico Proyecto Valle de Aguascalientes

$$\text{Agua disponible} = v_0 + \int_{t_0}^t [\text{oferta} - \text{demanda}] ds$$

Precipitación

Escurrimiento



Volumen de agua en la Presa

Distrito de Riego 001
Pabellón de Arteaga

Tecnificación



Agricultura

Población

Aguas Residuales

Acuífero de
Aguascalientes

Industria

Acuífero comportamiento



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



Subsistema Área de captación-Presa Calles-Distrito de Riego

Pabellón de Arteaga

Distrito de Riego 001

- El más antiguo del País (Est. en 1928)
- 11,800 Hectáreas Dominadas
- 6,100 Hectáreas Regables
- 2,439 Parcelas
- 2,100 Usuarios
- Capacidad Presa Calles 350.7 Mm³
- Volumen para Riego 32.5 Mm³
- Precipitación Normal Anual de 435 mm



Precipitación

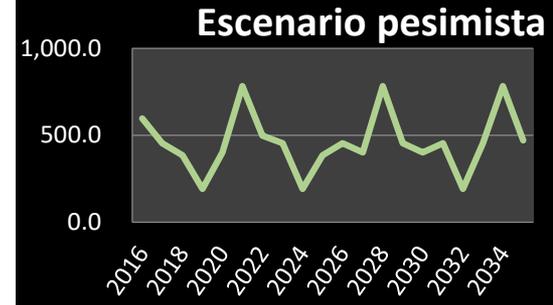
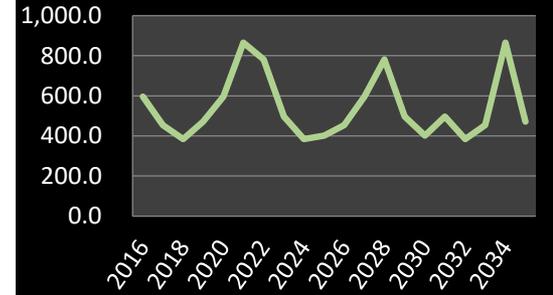
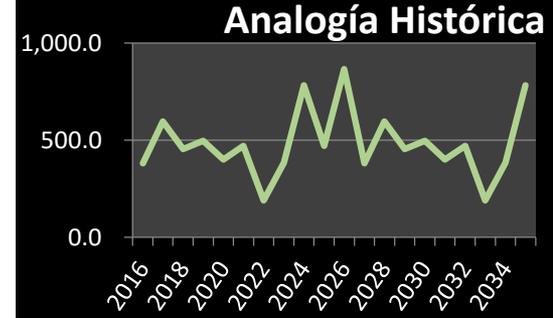
año base	año	mm/año
2006	2016	595.9
2007	2017	454.3
2012	2018	383.7
2010	2019	470.6
2006	2020	595.9
2015	2021	866.0
2013	2022	782.4
2008	2023	496.8
2012	2024	383.7
2009	2025	401.3
2007	2026	454.3
2006	2027	595.9
2013	2028	782.4
2008	2029	496.8
2009	2030	401.3
2008	2031	496.8
2012	2032	383.7
2007	2033	454.3
2015	2034	866.0
2010	2035	470.6

año base	años	mm/año
2006	2016	595.9
2007	2017	454.3
2012	2018	383.7
2011	2019	190.7
2009	2020	401.3
2013	2021	782.4
2008	2022	496.8
2007	2023	454.3
2011	2024	190.7
2012	2025	383.7
2007	2026	454.3
2009	2027	401.3
2013	2028	782.4
2007	2029	454.3
2009	2030	401.3
2007	2031	454.3
2011	2032	190.7

Escenario generado con base a la serie de los registros históricos del periodo 2005-2015 repitiendo el ciclo de lluvias

Escenario generado con base a la serie de los registros históricos del periodo 2005-2015 utilizando un ensamblaje con valores cercanos a 400 mm anuales como mínimos, en ciclos de 7 años.

Escenario generado con base a la serie de los registros históricos del periodo 2005-2015 utilizando un ensamblaje con valores mínimos anuales históricos (200 mm), en ciclos de 7 años.

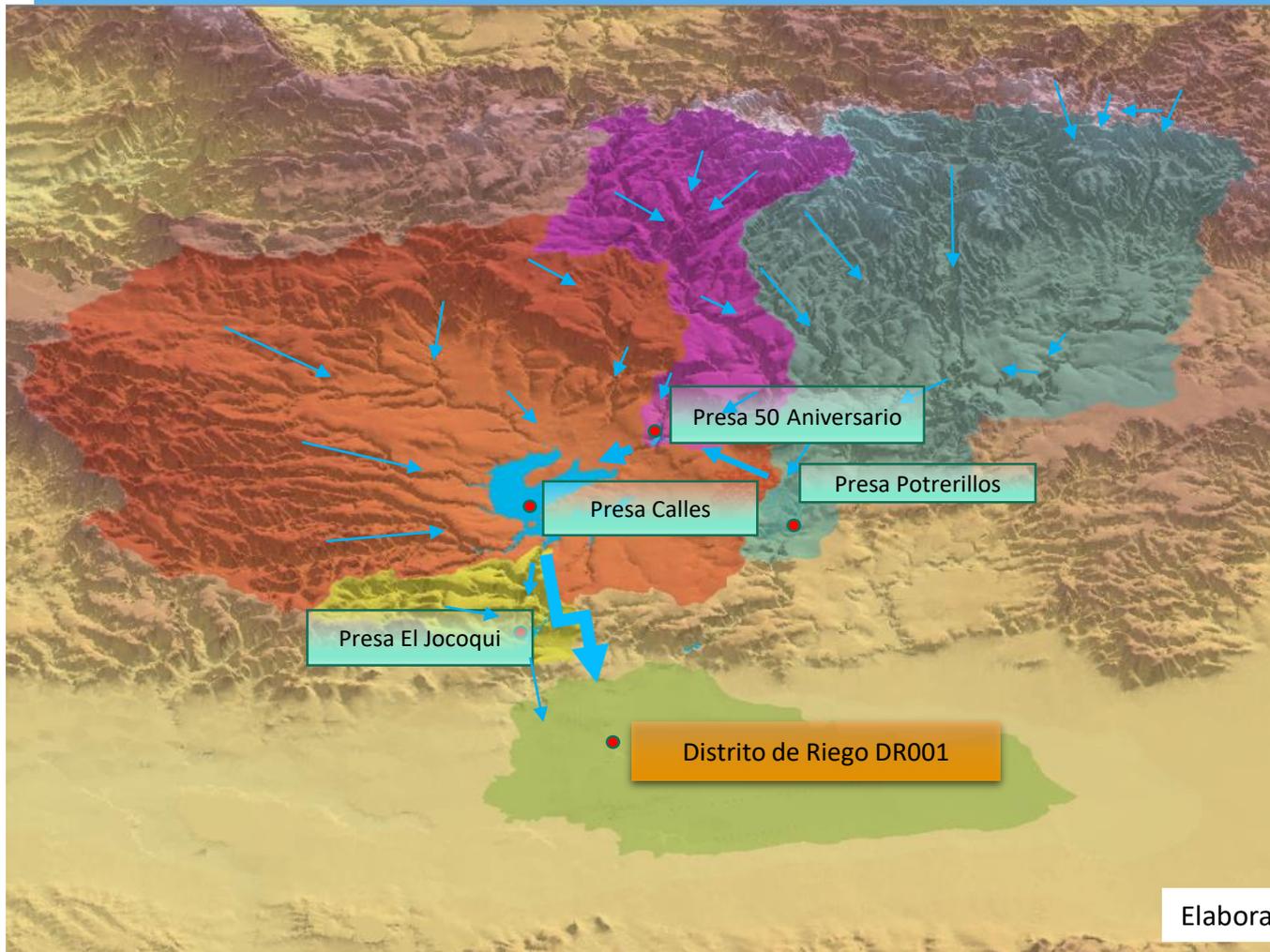




**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.

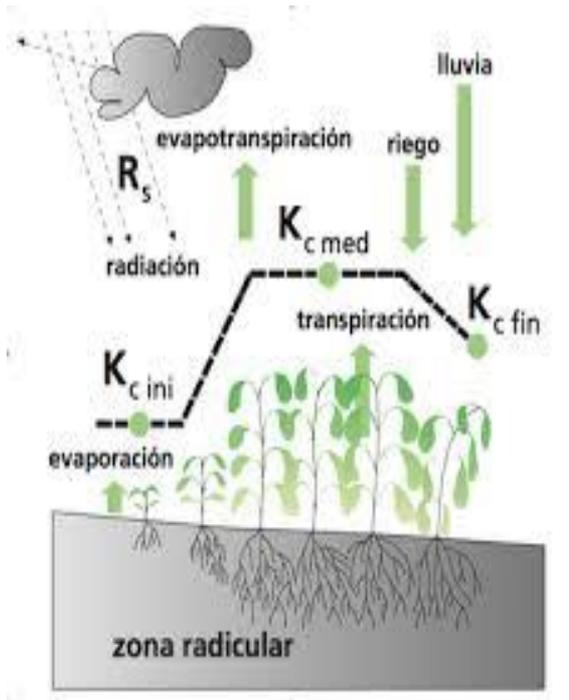


Área de Escurrimiento de la Presa Calles

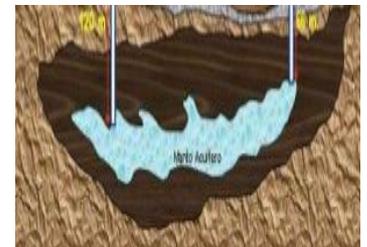
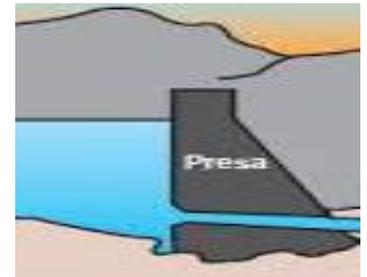
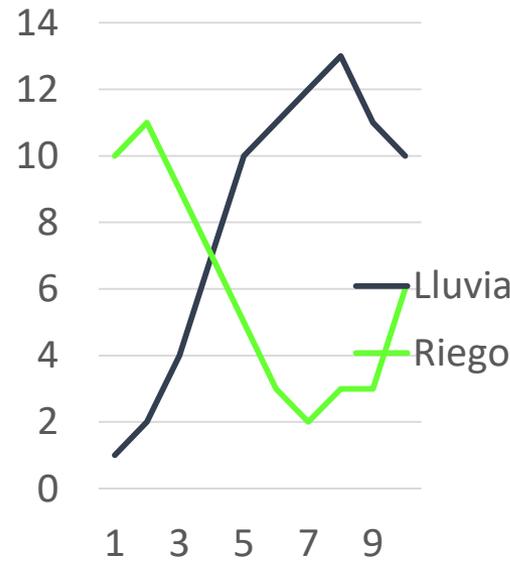


Elaborado por INEGI.

El Submodelo Agrícola



Requerimiento de agua



Método: Penman - Monteith

Sub-sistema Valle de Aguascalientes

$$\text{Agua disponible} = v_{\text{acuifero}_0} + \int_{t_0}^t [\text{recarga acuifero} - \text{demanda agrícola, urbana, industrial}] ds$$

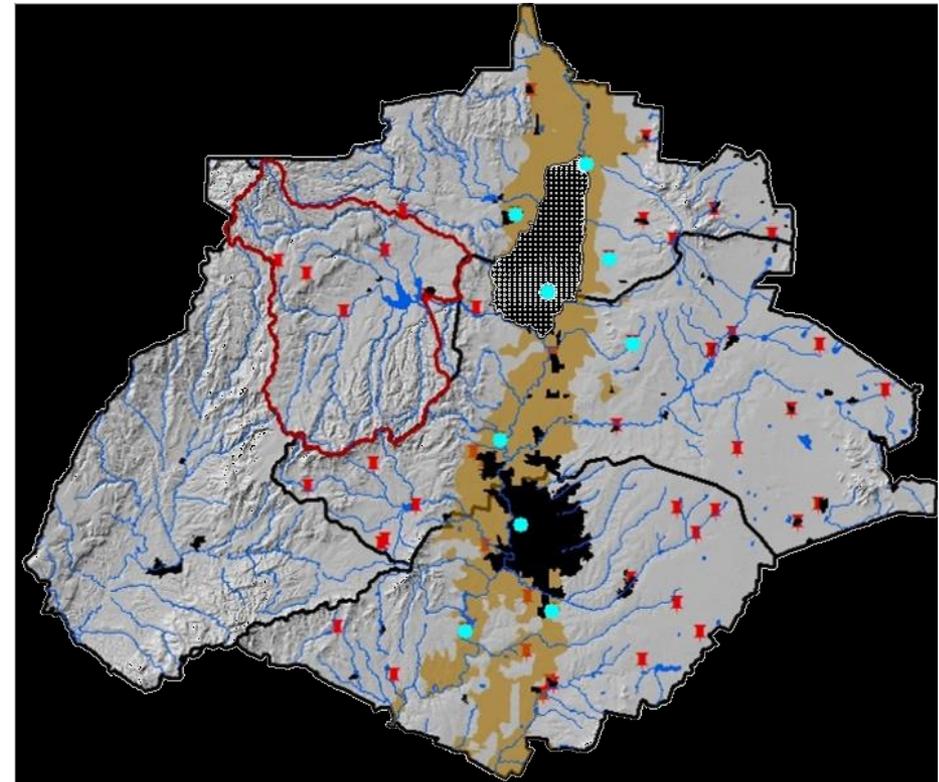
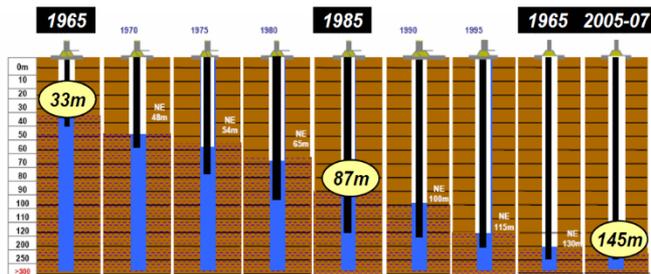
Problemáticas del agua

Acuífero de Aguascalientes

Época pasada con gran disponibilidad del agua

VS.

Inercia histórica de derroche, escasez y mayor demanda

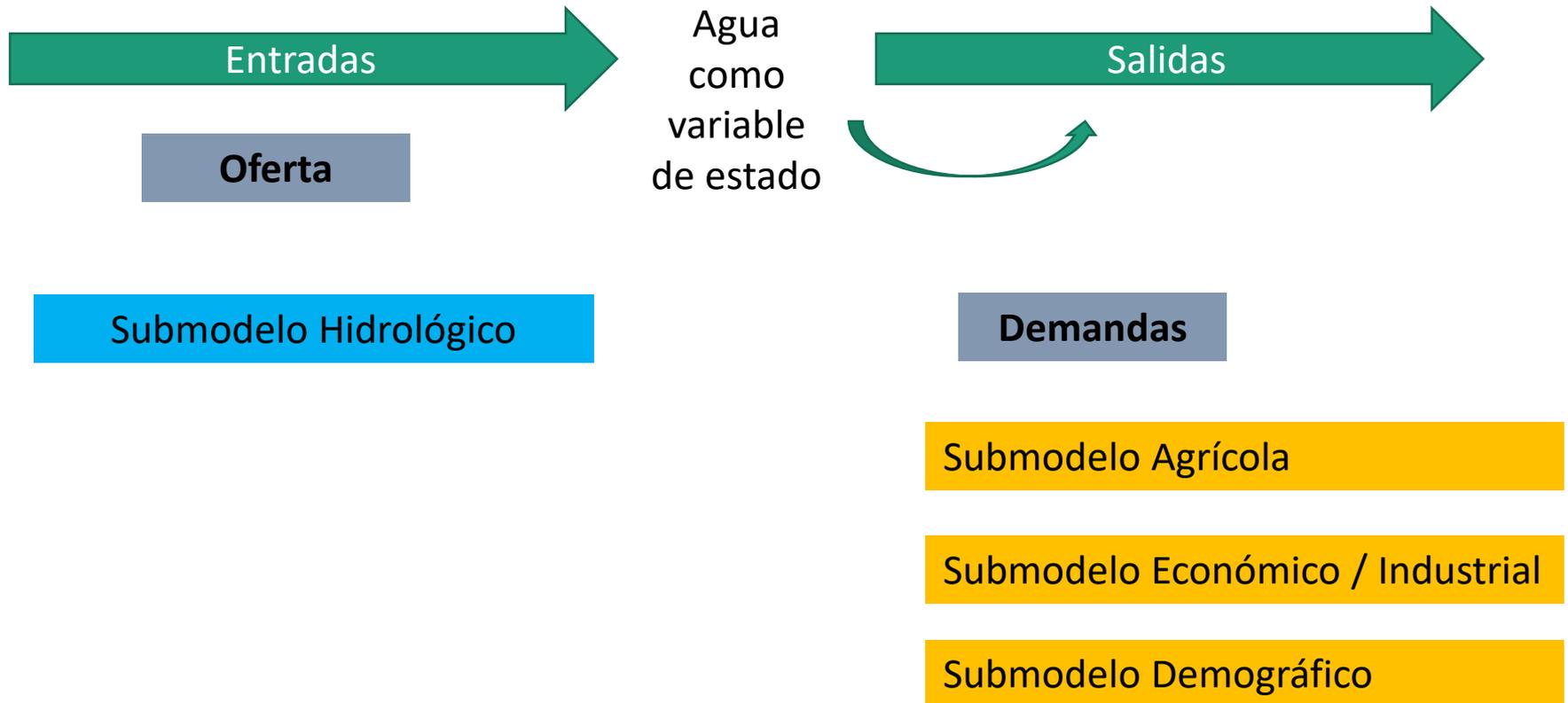




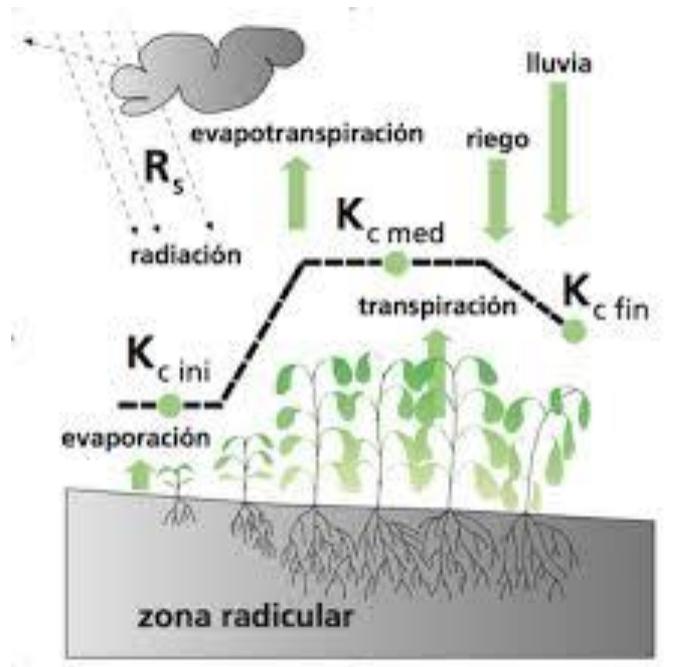
IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Submodelos aplicados en el Valle de Aguascalientes



El Submodelo Agrícola



Método: Penman - Monteith



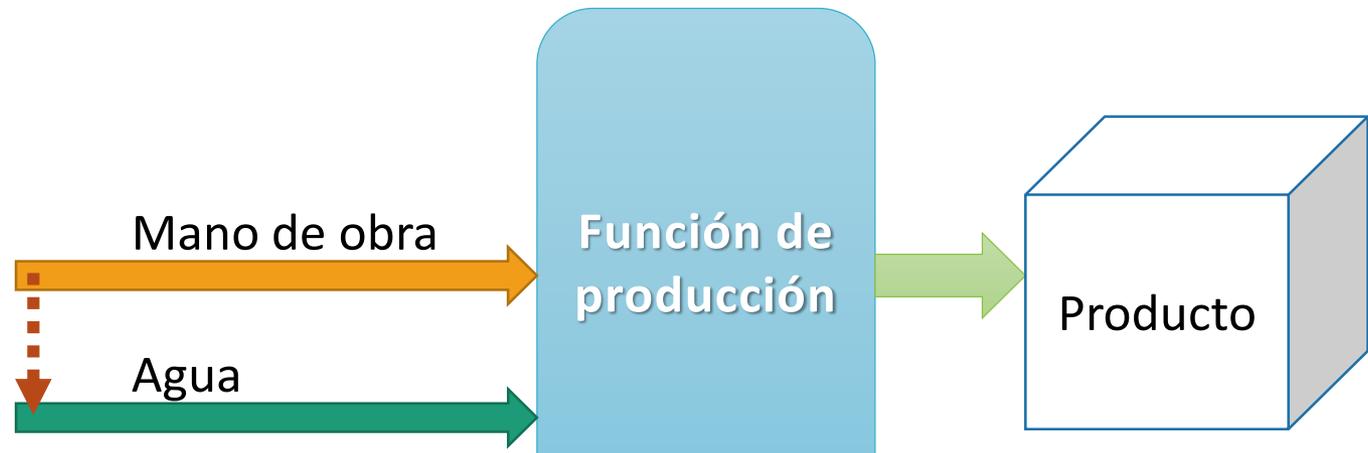


**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



El Submodelo Económico / Industrial

El Submodelo Económico produce el forzamiento del sistema ambiental a través de la demanda de agua por tipo de industria y número de empleados (Pacific Institute).



Water Use per Gallon of Milk Produced			Employment and Water Use in the Preserved Fruits and Vegetables Industry (2000)				
Water Use	Gal/gal of Milk ^{1,2}		Sub-industry	SIC code	GED ^{1,2}	Employees	Water Use (TAF)
	1970's	1990's					
Efficient	2.28	0.5-1.03	Preserved Fruit and Vegetables	203	2,487	40,500	69.5
Median	3.35	1.4-2.6					
High	9.74						
			1 Average across all regions, based on a 225-day year.				
			2 The GEDs estimated for 1995, were decreased by 6% to obtain the GED coefficients in 2000, for the industrial sector.				

1 COWI 1991 (reported in liters)

2 Using 1 gallon of water = 3.78 liters, 1 gallon of milk = 3.9 kg

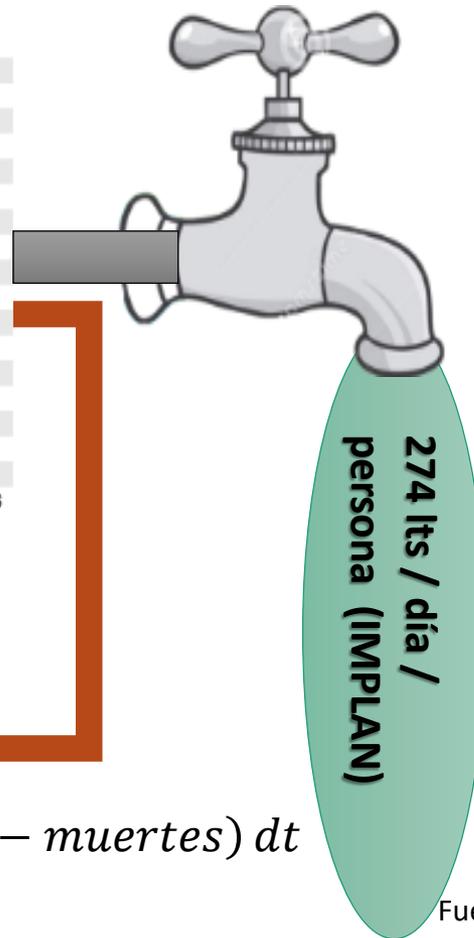
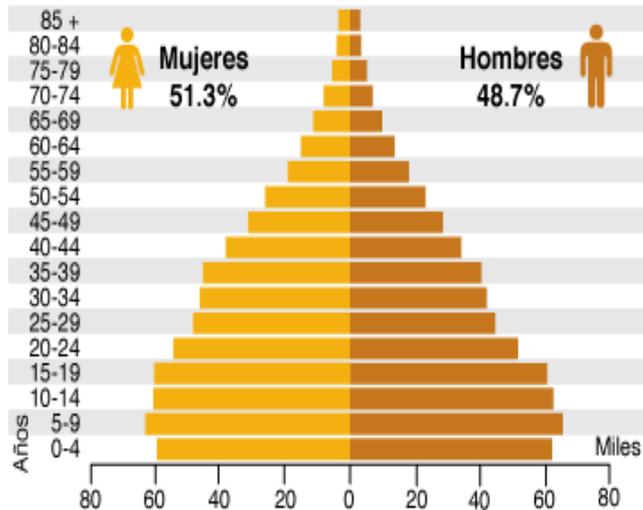
3 Bough and Carawan 1992; NC Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance 1998 (<http://www.p2pays.org/ref/01/0069206.pdf>).



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



Submodelo Demográfico y Demanda Urbana



El Submodelo Demográfico y de Demanda Urbana se basa el modelo dinámico DEMODIN del Valle de Aguascalientes, que se calcula mediante los cambios en función del tiempo que ocurren por nacimientos, muertes, emigración e inmigración, y con ello se estima la demanda de agua al aplicar una dotación de consumo *per cápita*.

$$\int_1^n (\text{nacimientos} + \text{migración} - \text{muertes}) dt$$

Fuente: comunicación personal



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



Diseño del Escenario 2005-2035

- 2005 – 2015 Datos históricos
- Generación y Calibración del Modelo
- CONAGUA escenarios al 2035



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



Primer Escenario

Tendencia Actual Distrito de Riego sin Concluir

Precipitación:

Datos históricos: 2005 – 2015

Clon: 2016 – 2026; 2027 – 2035

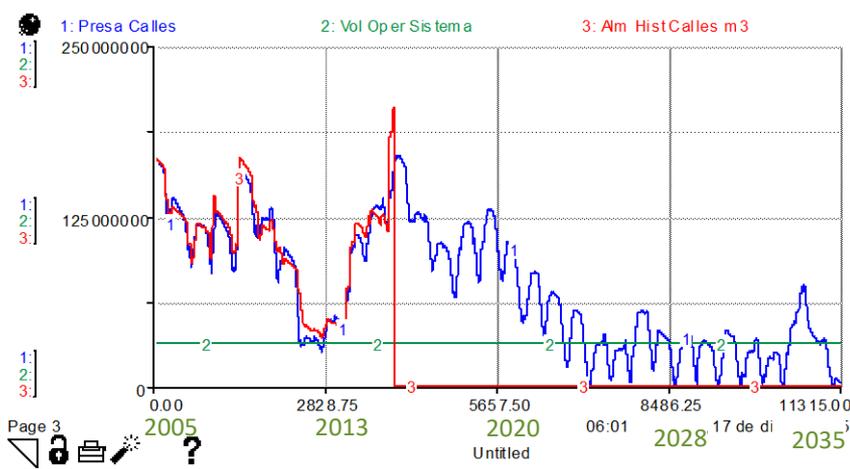
Tendencia de disminución: 0.0037

Distrito de Riego: Sin terminar el proyecto de tecnificación



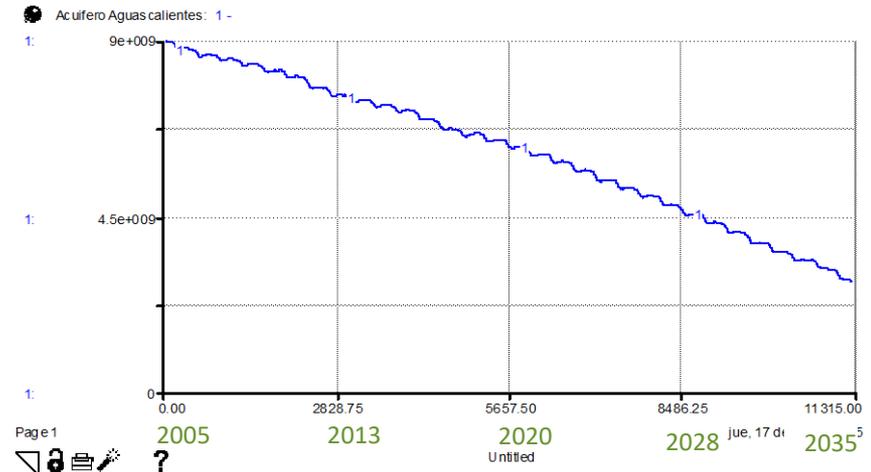


Primer Escenario



Comportamiento del Volumen de Agua en la Presa

En el eje de las "X" tenemos el número de días:
De 0 a 3,894 (enero 1 de 2005 a agosto 31 de 2015)
De 3,895 a 11,315 (septiembre 1 de 2015 a diciembre 31 de 2035).



Comportamiento del abatimiento del acuífero

Se observa que a partir del día 6379 (julio de 2026) la presa ya no tiene el volumen mínimo requerido para su funcionamiento.



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



Segundo Escenario

Si... se concluye el proceso de tecnificación en el Distrito de Riego

Precipitación:

Datos históricos: 2005 – 2015

Clon: 2016 – 2026; 2027 – 2035

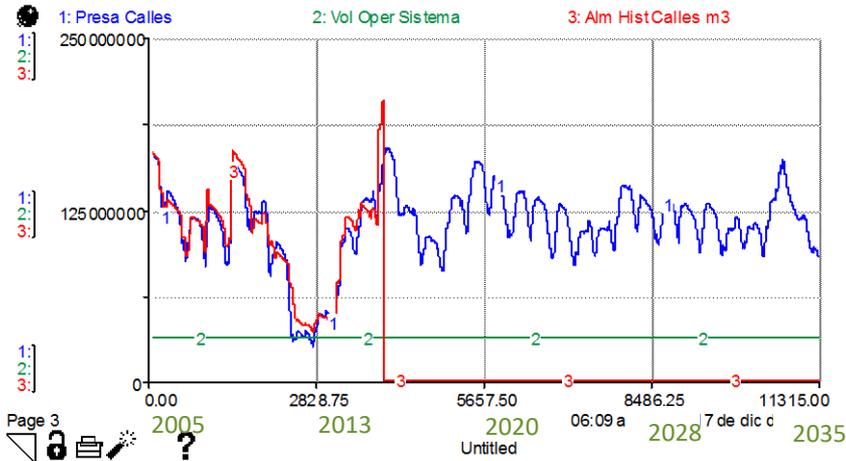
Tendencia de disminución: 0.0037

Distrito de Riego: Proyecto de tecnificación concluido; ya no hay riego rodado en el distrito

Riego: Presa Calles	Riego Pozo	
6,100 ha Tecnificadas	No tecnificable: 1,819 ha	Desincorporada: 3,901 ha



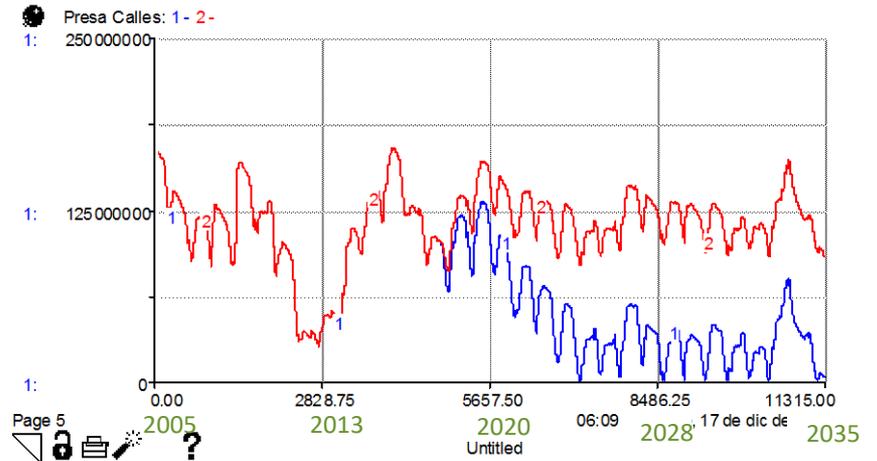
Segundo Escenario



Comportamiento del Volumen de Agua en la Presa



Comportamiento comparativo del abatimiento del acuífero



Comportamiento comparativo del comportamiento del volumen de la presa.



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



Tercer Escenario

Si... se da un segundo uso al agua tratada

Precipitación:

Datos históricos: 2005 – 2015

Clon: 2016 – 2026; 2027 – 2035

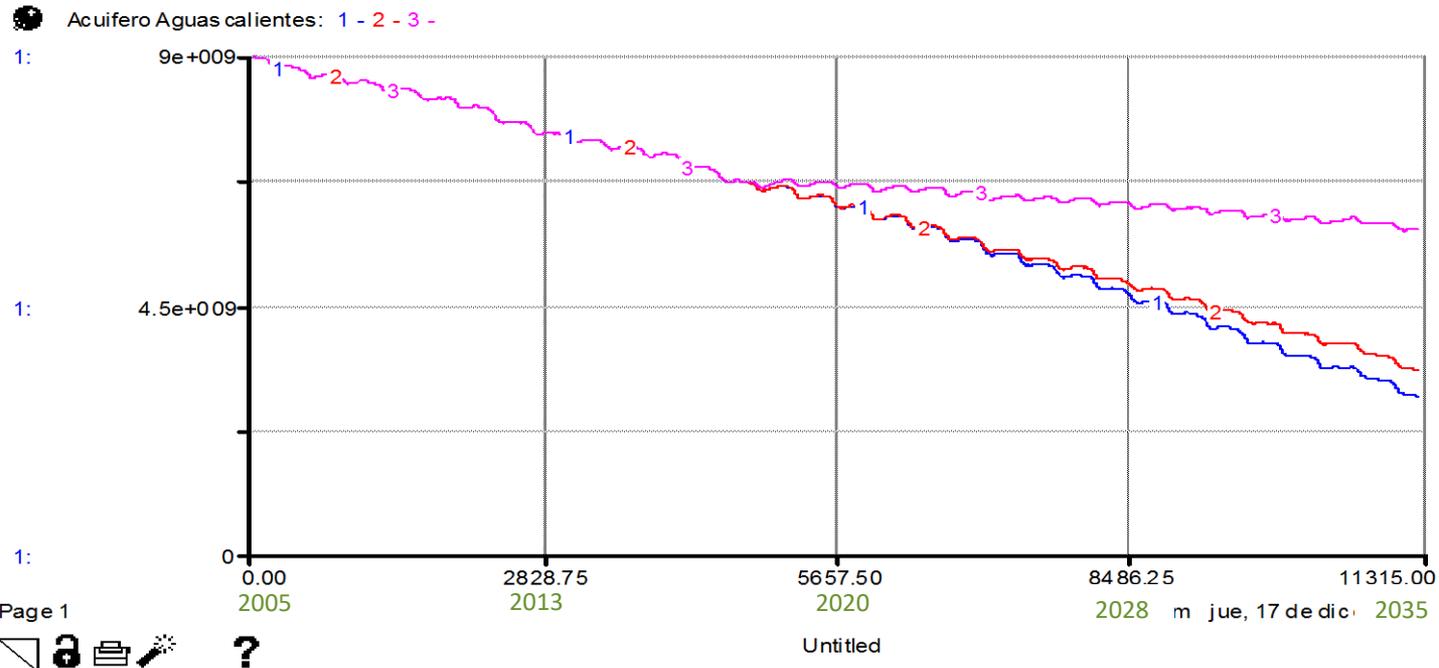
Tendencia de disminución: 0.0037

Distrito de Riego: Proyecto de tecnificación concluido, si riego rodado

Riego: Presa Calles	Riego Pozo	
6,100 ha Tecnificadas	No tecnificable: 1,819 ha	Desincorporada: 3,901 ha



Tercer Escenario



En este escenario, si consideramos que a partir del 2017 el agua tratada se incorpora a la industria y a algunos cultivos, se deja de extraer agua al acuífero y el abatimiento deja de ser tan pronunciado (línea rosada).



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



Futuro

- Modelado de diversos tópicos de uso del agua.
- Modelado de políticas propuestas.

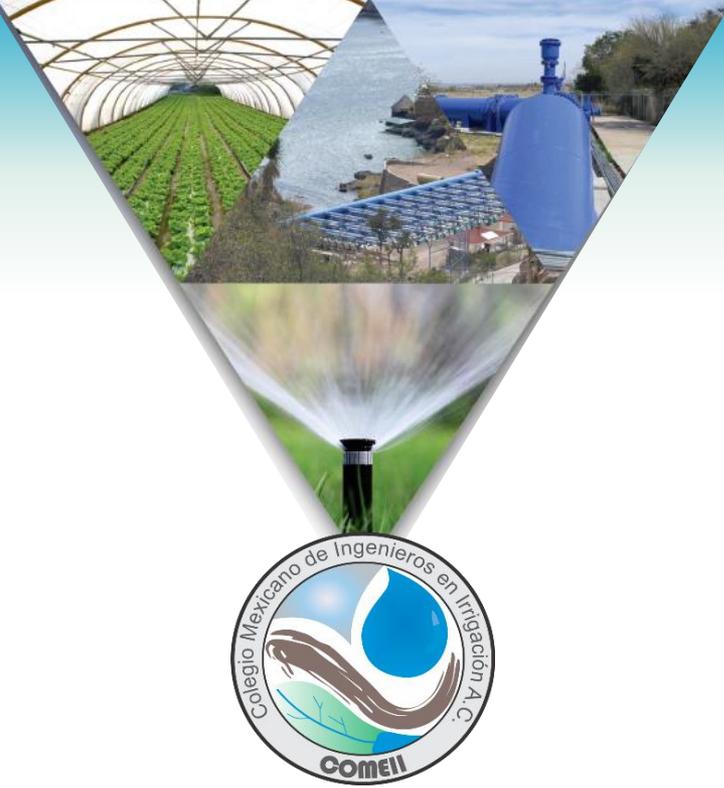


IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Conclusiones

- La dinámica de sistemas es una herramienta útil para modelar el comportamiento de sistemas naturales y antrópicos y sus posibles interrelaciones. En este caso resultó factible emular la relación entre la demanda regional de agua, generada por diversos sectores (urbano, industrial y agrícola), y la capacidad del sistema natural (precipitación, reservorios superficiales y acuífero) para satisfacer dicha demanda a lo largo de un periodo de tiempo y bajo el supuesto que todos los procesos (demandantes) tienen un crecimiento continuo según tasas esperadas.
- Es importante señalar que esta metodología proporciona tendencias, y en ese contexto debe ser considerada.



Gracias

ING. FRANCISCO JAVIER JIMÉNEZ NAVA
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA
 FRANCISCO.JIMENEZ@INEGI.ORG.MX



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 REGO Y TERRESTRE A.C.



SM GEODIM
 MODELOS DE INFORMACIÓN DE LA TIERRA