

# SISTEMA DE INFORMACIÓN DE EXTRACCIONES VOLUMÉTRICAS EN ACUÍFEROS (SIEVA)

**Alberto González-Sánchez, Arturo González-  
Casillas, José Miguel Rosales-Rodríguez**



I CONGRESO NACIONAL COMEII 2015 DE RIEGO Y DRENAJE  
23 Y 24 de noviembre de 2015  
Jiutepec, Morelos



# Contenido



## **Introducción**

## **Problemática**

## **Propuesta**

## **Antecedentes**

- Marco legal
- Consumo de energía y volumen extraído en sistemas de bombeo
- Trabajos relacionados

## **Metodología**

- Diseño, fuentes de información y bases de datos utilizadas

## **Desarrollo**

- Obtención de información de parámetros energéticos
- Desarrollo del SIEVA

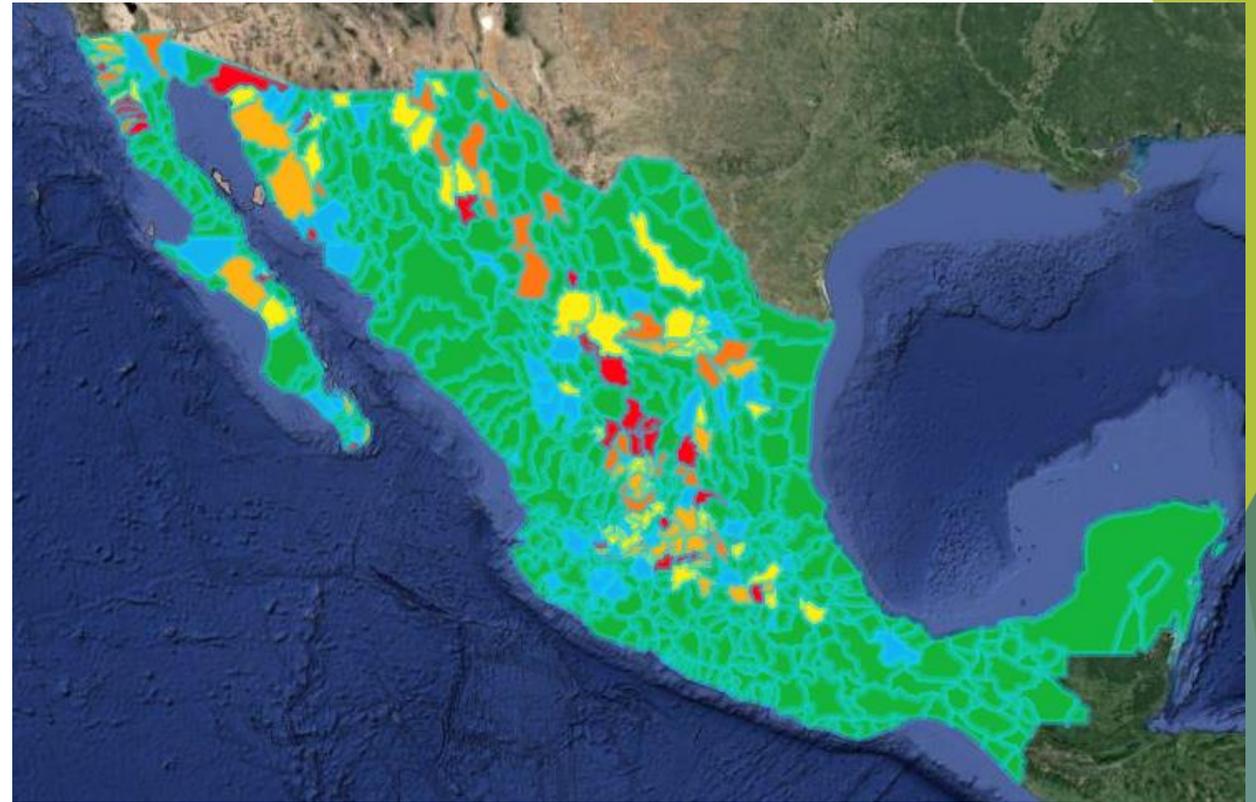
## **Resultados**

- Funcionamiento del SIEVA
- Comparación del SIEVA y otras aplicaciones

## **Conclusiones**

# Introducción

- Los acuíferos aportan el 35% del agua utilizada en la agricultura, y un 12% del agua para otros usos consuntivos (Estadísticas del Agua en México, 2014)
- Actualmente, se estima que una cantidad de 106 de 653 acuíferos encuentran sobre-explotados
- Su aprovechamiento óptimo y sustentable es de vital importancia



# Introducción

**Diversas medidas y políticas se han desarrollado para controlar y monitorear el problema:**

- Instrumentación de políticas para la explotación
- Estudios de disponibilidad y capacidad de recarga
- Equipamiento en unidades de riego (instrumentos de medición)



# Problemática

## **Respecto a la disponibilidad de la información:**

- Los datos en las publicaciones oficiales se ofrecen en formato tabular, con casi ningún tratamiento para su visualización o agrupamiento
- Dificulta que esta información pueda ser utilizada de forma inmediata para la toma de decisiones

## **Respecto a la medición del volumen:**

- La cantidad de extracciones a nivel de pozo son casi desconocidas
- Falta de medidores y de personal (González et al., 2014)
- Falta de interés de los productores

**Se requiere la creación de nuevas herramientas informáticas que faciliten la consulta del volumen disponible en los acuíferos, considerando también la estimación del volumen extraído a nivel de pozo.**

# Propuesta y objetivos

**Durante el año 2015 el IMTA emprendió el desarrollo del Sistema de Información de Extracciones Volumétricas en Acuíferos (SIEVA), con los siguientes objetivos:**

- Desarrollar una plataforma informática, con información georeferenciada, para dar seguimiento a las extracciones y a la disponibilidad de los volúmenes concesionados en pozos agrícolas
- Establecer un sistema de seguimiento y alerta sobre los volúmenes extraídos con respecto a las concesiones y volúmenes autorizados.
- Contar con una base de datos actualizada y georeferenciada para facilitar la ubicación de los pozos y su estado de consumo con respecto a la concesión.
- Estimar de forma indirecta, a través de los consumos de electricidad y el denominado Índice Energético ( $\text{kWh/m}^3$ ), las extracciones volumétricas de agua en pozos mensuales y acumuladas por periodos anuales o ciclos agrícolas.





# Antecedentes

**La Ley de Aguas Nacionales (LAN)** señala que para el otorgamiento de una concesión o asignación, debe tomarse en cuenta la disponibilidad media anual del agua del acuífero (deberá revisarse al menos cada tres años).

- Acuerdo por el que se establece y da a conocer al público en general la denominación única de los acuíferos (DOF, Dic. 2001)
- NOM-011-CONAGUA-2000: Método para la determinación de la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.
- La CONAGUA ha realizado varios estudios y actualizando la disponibilidad en los acuíferos desde el 2007. La última actualización fue en abril de 2015 (DOF).

**Ley Federal de Derechos 2014**, artículos 223 y 231: cobro por explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, en base a la zona de disponibilidad

# Metodología

Investigación documental para la obtención de volúmenes actualizados disponibles de acuíferos (DOF, abril 2015) y concesionados a usuarios (REPDA)

Método de estimación del índice energético (CONUEE, 2011)

$$E = \frac{Q}{P_a}$$

Q es el caudal expresado en metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h).

P<sub>a</sub> es la potencia activa en kilovatios (kW).

Tanto Q como P<sub>a</sub> son determinados en pruebas de eficiencia electromecánica.

- Índice energético para estimar extracciones (López Geta, 1998; Campos, 2002; González et al., 2014)



# Metodología

CONAGUA ha impulsado en la última década programas de equipamiento en unidades de riego (PMTUR)

- Es un requisito la elaboración de pruebas de eficiencia al momento de la entrega de la obra modernizada
- En Zacatecas, la información de este programa permitió obtener 1000 registros que facilitan el cálculo del índice energético.
- Para verificar la fiabilidad del índice, se programaron 70 pruebas de eficiencia en pozos seleccionados de los acuíferos de Chupaderos y Calera. Se obtuvieron también recibos CFE (consumos eléctricos).



# Metodología

**Para el desarrollo de software (Pressman,2002):**

1. Análisis de requisitos
2. Diseño
3. Codificación/implementación
4. Pruebas
5. Implantación y mantenimiento

**Enfoque de implementación en cascada y por prototipos  
(codificación y pruebas)**



# Desarrollo



## Información base SIEVA

Dato	Origen
Volúmenes disponibles en acuíferos	CONAGUA-Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos (2007-2009), DOF 20-Abr-2015. Información de 653 acuíferos actualizada al 2015.
Localización de pozos	REPDA (actualización al año actual en proceso). Información de 472,037 títulos de concesión.
Índices energéticos	Expedientes técnicos de unidades de riego modernizadas en el programa PMTEUR en Zacatecas, años 2013, 2014 y 2015. Aproximadamente 1000 registros.
Documentos de disponibilidad	CONAGUA-Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de evaluación y ordenamiento de acuíferos (2008-2009). 653 Documentos.
Mapas de acuíferos y organismos de cuenca	Subgerencia de Información Geográfica del Agua (Siga.conagua.gob.mx, 2015). Aprovechamientos subterráneos por Estado. 656 archivos KML de acuíferos y 13 de Organismos de Cuenca.
Límites Estatales y Municipales	Información de INEGI. 2443 archivos KML para la capa de municipios y 32 para los estados.
Mapas base	Imágenes Google Maps (compañía DigitalGlobe). Resolución variable.



# Desarrollo

- La funcionalidad del sistema, por otro lado, fue definida en primera instancia por personal del IMTA con experiencia en la administración de información de acuíferos y extracciones en pozos
- En una etapa avanzada de esta definición, se consultó a personal de la CONAGUA de la Subdirección de Sistemas de Información Geohidrológicos



# Desarrollo



## **Las características que se incluyeron en la aplicación fueron las siguientes:**

- Ambiente distribuido
- Consulta en formato tabular de información del estado del volumen concesionado, la recarga, el volumen de extracción, déficit o disponibilidad y nivel de sobreexplotación de los acuíferos.
- Consulta de los documentos de la disponibilidad por acuífero (Aguas Subterráneas).
- Consulta en formato tabular de la estimación del volumen extraído en pozos en base al consumo de energía eléctrica (sujeto a disponibilidad del índice energético).
- Acumulación automática de la información a niveles superiores (Estados y Organismos de Cuenca).
- Cálculo automatizado totales y estadísticos (mínimos, máximos, promedios).
- Generación automatizada de gráficas (para atributos de interés pre-seleccionados).
- Visualización geográfica de los objetos en mapas de Google (Google Maps). Los objetos considerados son acuíferos, pozos, estados y municipios.



# Desarrollo



Se realizó el diseño y la implementación de la aplicación (paradigma orientado a objetos, diagramas de clase, entidad-relación, lenguaje PHP 5.2 y manejador MySQL 5.0)

# Resultados

Aplicación desarrollada en etapa de pruebas con la funcionalidad descrita anteriormente (VIDEO)

**Acuíferos - Disponibilidad**

Organismo de Cuenca ( 13 de 13 )    Estado ( 33 de 33 )    Municipio ( 2443 de 2443 )    Acuífero ( 652 de 652 )

Todos  
 I. Península de Baja California  
 II. Noroeste  
 III. Pacífico Norte  
 IV. Balsas  
 V. Pacífico Sur

Todos  
 Aguascalientes  
 Baja California  
 Baja California Sur  
 Campeche  
 Coahuila

Todos  
 Aguascalientes  
 Asientos  
 Calvillo  
 Cosío  
 Jesús María

Todos  
 (0101) Valle De Aguascalientes  
 (0102) Valle De Chicalote  
 (0103) El Llano  
 (0104) Venadero  
 (0105) Valle De Calvillo

Desglose ( 1 de 4 )    Muestra ( 2 de 3 )    Tipo Volumen    Ordenar Por    Color    Sobreexplotación

Todos  
 Organismo  
 Estado  
 Municipio

Tabla  
 Gráfica  
 Mapa

Concesionado  
 Extracción Estudios Técnicos

Seleccione    Sólido    Ascendente    Consultar

No Sobreexplotado  
 0% a 10%  
 10% a 30%  
 30% a 60%  
 60% a 100%  
 Mayor a 100%

**Acuíferos - Disponibilidad Calculado con el Volumen Concesionado** ( 1 hm<sup>3</sup> = 1,000,000 m<sup>3</sup> )

Acuífero	Recarga (hm <sup>3</sup> )	Descarga Natural Comprometida (hm <sup>3</sup> )	Volumen Concesionado (hm <sup>3</sup> )	Volumen de Extracción para Estudios Técnicos (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad (+) ó Deficit (-) (hm <sup>3</sup> )
<a href="#">0101 Valle De Aguascalientes</a>	235.00	10.00	335.42	430.00	-110.42
<a href="#">0102 Valle De Chicalote</a>	35.00	0.00	44.79	48.00	-9.79
<a href="#">0103 El Llano</a>	15.00	3.00	17.74	24.00	-5.74
<a href="#">0104 Venadero</a>	1.80	0.90	1.00	2.00	-0.10

Montada en sistema operativo CentOS, con servidor web Apache.



# Discusión



SIEVA fue comparado en sus características con las aplicaciones SILOG (Sistema de Localización Geográfica) y el Sistema de Información Geográfica de Acuíferos y Cuencas (SIGACUA), ambos a cargo de la Gerencia de Aguas Subterráneas de la CONAGUA

# SILOG

Sistema de consulta gráfico, que permite establecer en qué acuífero, municipio, subcuenca o zona de veda se ubica una captación de agua escribiendo las coordenadas geográficas

**SILOG, Sistema de Localización Geográfica** (Área de pantalla 1280 por 1024)

**CONAGUA**  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA  
SGT-GAS-SSIG

Mapa Base(1:700 000)  
Municipios  
Acuíferos  
Veda de Aguas Subterráneas

Selección por tema

Por Municipio:  
 Selecciona un Municipio  
 32001 Apozol  
 32002 Apulco  
 32003 Atolinga

Por Acuífero:  
 Selecciona un Acuífero  
 3215 ABREGO  
 3214 AGUANAVAL  
 3210 BENITO JUAREZ  
 3225 CALERA  
 3221 CAMACHO

Por Veda:  
 Selecciona una Zona de Veda  
 Cuenca media del río Aguanaval y otros  
 Municipios de Fresnillo y Villa de Cos

Información: **Acuífero : 3214 AGUANAVAL** Localización del puntero  
 Organismo de Cuenca: **VII CUENCAS CENTRALES DEL NORTE** Longitud (W) = **-103.02421 °**, Latitud (N) = **23.28193 °**

Zona de disponibilidad Ley Federal de Derechos: **1** Disponibilidad publicada el 20 de abril de 2015 en el DOF: **-90.249029** millones de metros cúbicos

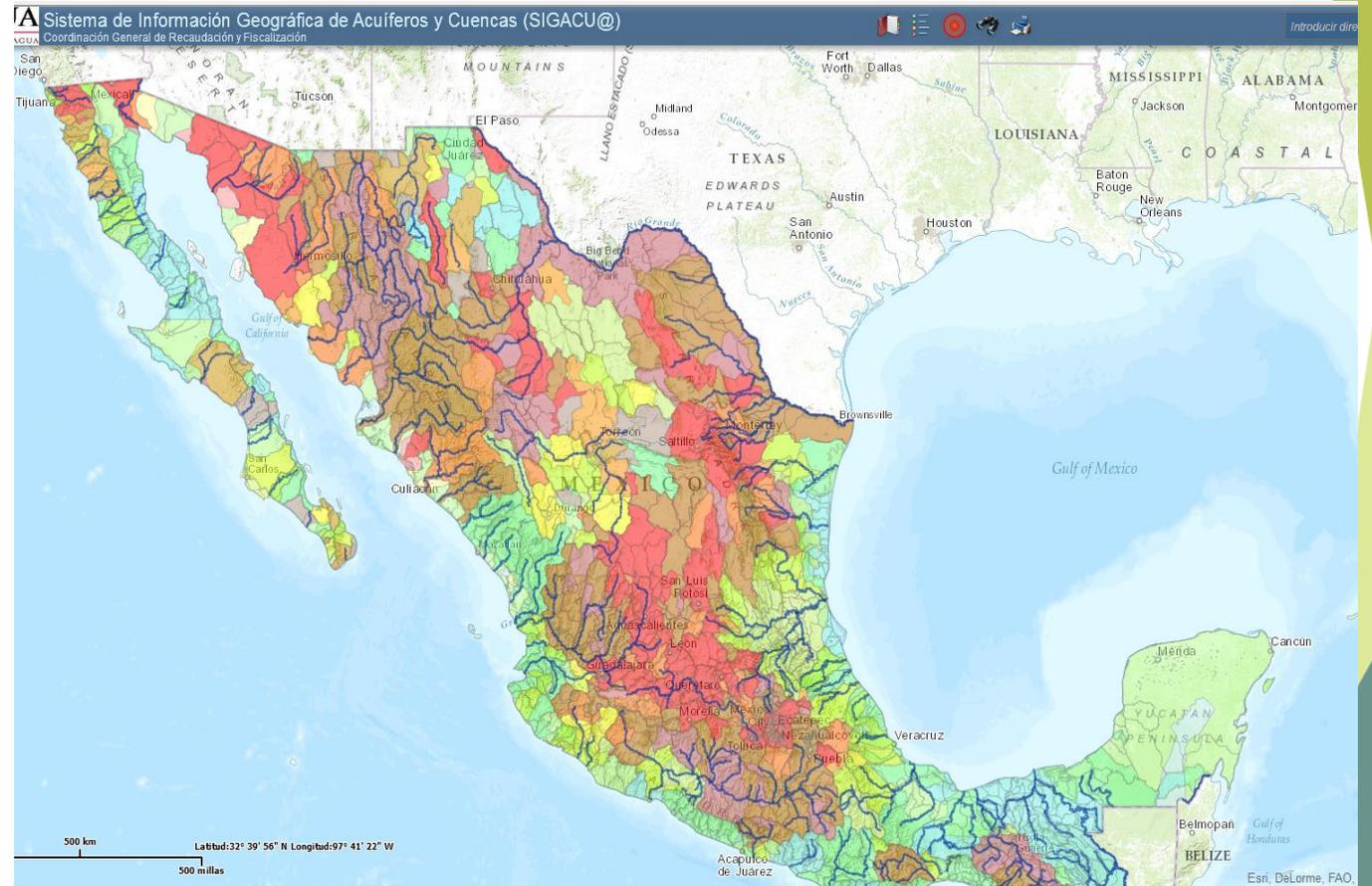
Introduce Coordenada (eg. -106.190... , 28.633...): longitud (W) = **-103.07** , latitud (N) = **23.26** **Ejecutar**

Introduce Coordenada (eg. -106° 11' 24.00... , 28° 37' 58.80...): Longitud (W) = **-102 °33 '27.817 ''** , Latitud (N) = **23 °6 '28.201 ''** **Ejecutar**

Nota: Se debe introducir en los minutos y segundos valores menores o iguales a 59 para conservar las equivalencias en grados  
 Comentarios y/o sugerencias: [domingo.silva@conagua.gob.mx](mailto:domingo.silva@conagua.gob.mx)

Aplicación visual  
interactiva guiada por un  
mapa.

Permite visualizar distintos  
elementos (cuencas y  
acuíferos), así como sus  
nombres oficiales y zona  
de disponibilidad, la  
delimitación territorial de  
los estados y municipios,  
las principales localidades  
urbanas y cuerpos de agua



# Discusión

## Entre los puntos que tienen en común las tres aplicaciones destacan los siguientes:

- Los tres sistemas ofrecen la consulta por lista de estados, municipios, acuíferos. Sin embargo, SIEVA incluye el nivel organismo de cuenca, no contemplado por SILOG ni SIGACUA.
- Las tres aplicaciones muestran objetos de interés (estados, municipios, ríos, acuíferos). Sin embargo, ni SILOG ni SIGACUA muestran pozos, ni organismos de cuenca. El nivel de detalle en los mapas es mayor en SILOG y SIGACUA que en SIEVA, al mostrar la cuenca y los poblados rurales.
- SIEVA y SILOG muestran los documentos PDF de los acuerdos para la estimación de la disponibilidad de agua en los acuíferos. En el caso del SILOG, es el sitio de la CONAGUA el que proporciona la información, y no la aplicación SILOG por sí misma. Esta funcionalidad no está presente en SIGACUA.

# Discusión

## Características que SIEVA presenta como únicas frente a los otros dos sistemas:

- a) Acumulación de volúmenes concesionados, recargados, extracciones y déficits desde el nivel de acuífero hasta organismo de cuenca. Esta información se presenta en forma tabular y se calculan algunas estadísticas de manera automática.
- b) Consulta de volúmenes concesionados y extraídos de pozos por nombre de usuario o título de concesión.
- c) Generación automática de gráficas de la información numérica consultada (de acuerdo al nivel de consulta).
- d) Determinación del volumen extraído en base al indicador  $\text{m}^3/\text{kWh}$  (sujeta a disponibilidad del indicador).
- e) Control jerárquico de usuarios, considerando niveles desde pozo hasta organismo de cuenca, gerencia nacional y administrador.

# Conclusiones

- La mayor parte de las coincidencias entre sistemas se da en el manejo gráfico de los datos: los tres sistemas localizan entidades, municipios y acuíferos en el mapa.
- SIEVA se diferencia claramente de las otras aplicaciones al ofrecer una tabla con el resultado cuantitativo de la consulta, ofreciendo la posibilidad al usuario de acumular las cantidades.
- SIEVA es la única aplicación que ofrece la estimación del volumen extraído en base al consumo energético y al indicador  $\text{m}^3/\text{kWh}$ .
  - Este dato también puede acumularse desde el nivel de pozo hasta el nivel de organismo de cuenca.
- SIEVA puede llegar a ser una herramienta de apoyo para la toma de decisiones en materia de políticas de operación de acuíferos de México
  - Permitirá establecer medidas de control en las extracciones, sobre todo en aquellos acuíferos con un alto grado de sobreexplotación.