

USO DEL ÍNDICE ENERGÉTICO PARA LA ESTIMACIÓN DE EXTRACCIONES VOLUMÉTRICAS EN UNIDADES DE RIEGO DE ZACATECAS

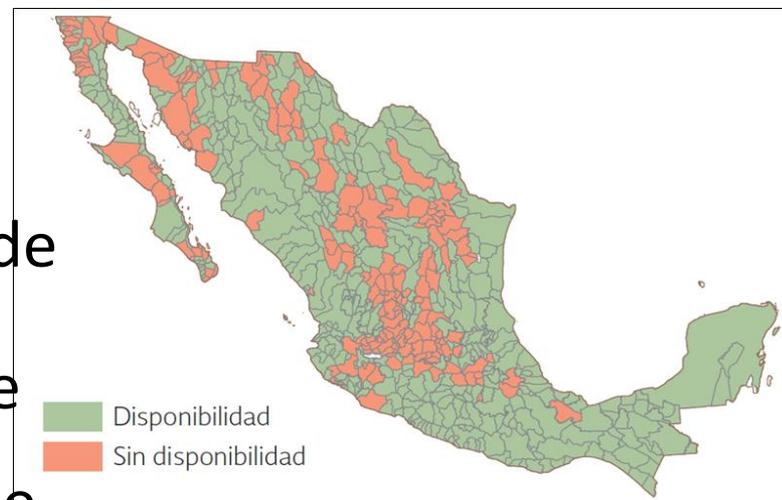


Alberto González Sánchez
IMTA

30/Nov/2017

- Introducción
 - Propuesta
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones

- Los acuíferos aportan el 35.9% del volumen total utilizado en la agricultura y el 38.9% del volumen total concesionado para usos consuntivos.
 - Su aprovechamiento óptimo y sustentable resulta de vital importancia
- 106 acuíferos sobreexplotados de un total de 653
- La CONAGUA realiza estudios de disponibilidad y capacidad de recarga en los acuíferos son base para el otorgamiento (o limitación) de permisos de explotación de agua subterránea.



- En la práctica, no hay un mecanismo de monitoreo a nivel de pozo que verifiquen las concesiones
- Las extracciones subterráneas no son medidas, y en general se desconocen los verdaderos niveles de sobreexplotación de la mayoría de los acuíferos (Flores-López & Scott, 2000; Oswald, 2011)
- Se requieren métodos indirectos de aplicación masiva que permitan estimar las extracciones a nivel de pozo, con el fin de verificar que no se excedan las concesiones.

- Una alternativa a la medición directa se encuentra en el uso del índice energético (IE)

$$IE = \frac{P_a}{Q} \quad (1)$$

Donde:

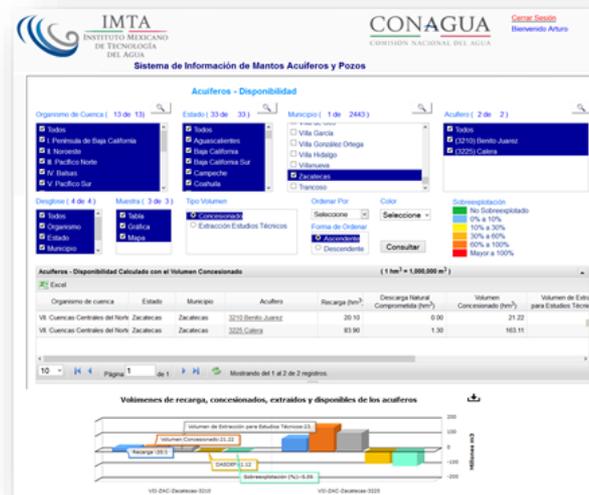
Q Es el caudal expresado en metros cúbicos por hora (m³/h)
Pa es la potencia activa en kilovatios (kW)

- Representa la relación entre la energía utilizada por un sistema de bombeo para producir la cantidad de agua necesaria para riego durante un año o un periodo de referencia (SENER, 2011)

- La aplicación masiva del IE para fines de monitoreo de extracciones requiere de una infraestructura informática que:

- a) Facilite el cálculo de este dato a nivel de pozo
- b) Concentre dicha información a niveles superiores
- c) Facilite la consulta de la información agrupada por niveles organizacionales y geográficos.

- Con estos objetivos, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) desarrolló en el año 2015 el Sistema de Información de Extracciones Volumétricas en Acuíferos (SIEVA) (González Sánchez, González Casillas, & Rodríguez Rosales, 2015)



- SIEVA ha sido aplicado en los últimos dos años para monitorear las extracciones de una muestra de 80 pozos del estado de Zacatecas, calculando:
 - El nivel promedio de desgaste en los sistemas de bombeo
 - La disminución de eficiencia electromecánica
 - El comportamiento del índice energético
 - El nivel de sobreexplotación de los pozos monitoreados.



Los 80 pozos fueron tomados de un listado de pozos beneficiados por el Programa de Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego (PMTEUR)

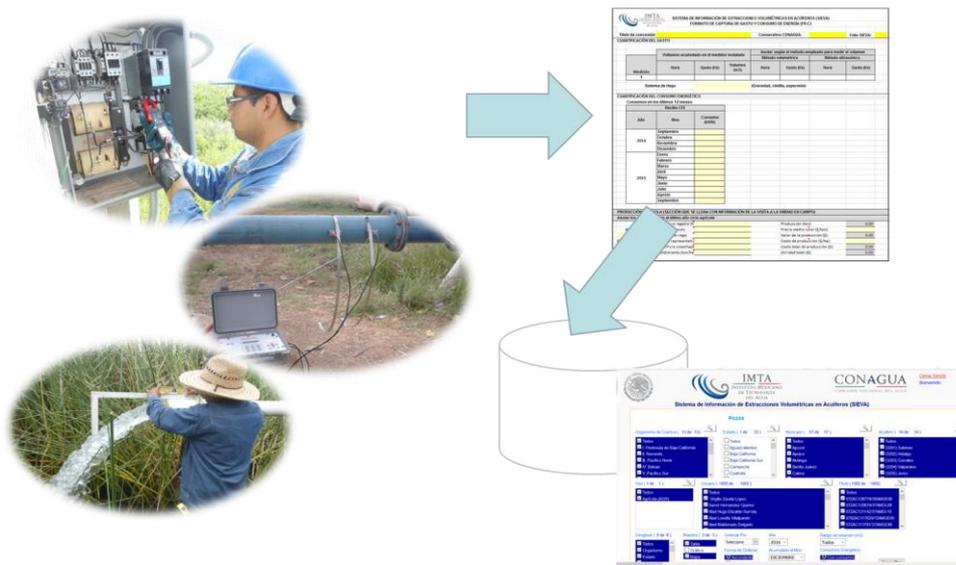
- Obtención de parámetros para el cálculo del índice energético (parámetros para el cálculo de la potencia activa y la medición del caudal).
 - Generalmente se obtienen a través de una prueba de eficiencia electromecánica.
- Obtención de datos de consumos energéticos (kWh). Este dato se obtiene por consulta directa del usuario de la unidad de riego por medio de su recibo de pago del servicio de energía eléctrica.
- Introducción de datos en el sistema SIEVA (identificación de unidad, índice energético y consumos).

- En la elaboración de las pruebas se empleó sonda eléctrica para la medición de niveles (Figura 2a), manómetro de tipo Bourdon para la medición de la presión a la descarga y medidor de flujo ultrasónico para la medición del caudal (Figura 2b)



Figura 2. Obtención de datos en campo para el cálculo del índice energético. Medición del nivel estático y dinámico (izquierda); medición de flujo con medidor ultrasónico (derecha).

- Se captura la información de las pruebas y los consumos de energía en la base de datos del SIEVA



La captura de información durante el año 2015 se realizó de los meses de Julio a Septiembre. En el año 2016 se llevaron a cabo trabajos similares, completando las lecturas de consumos eléctricos para el año 2015

- Comparando las eficiencias electromecánicas por grupos, se observan movimientos a la baja.

Rangos de eficiencia electromecánica	Equipos en la EEP1 2015	Equipos en la EEP2 2016
< 40 %	12	14
40-50 %	36	32
50-60 %	24	28
> 60 %	8	6
Total	80	80

- Se compararon las eficiencias por año de modernización del PMTEUR

Año de modernización PMTEUR	Cantidad de equipos considerados	Eficiencia electromecánica (%)		
		EEP1 (2015)	EEP2 (2016)	Diferencia (%)
2013	16	49.17	46.17	-3.00
2014	20	48.69	46.07	-2.62
2015	18	47.24	46.73	-0.52
Total	54	48.35	46.32	-2.04

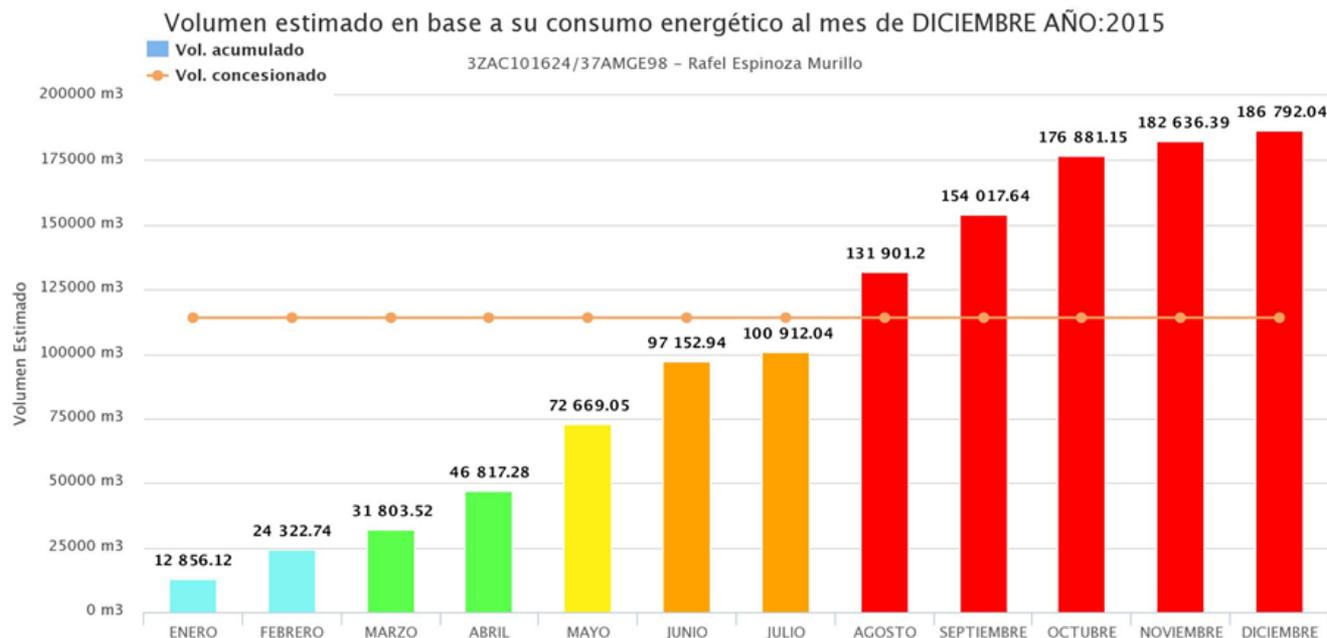
Se eliminaron de la comparación equipos con cambios en su sistema de bombeo o columnas

Para el caso del índice energético, el incremento promedio es del 0.05 kWh/m³ (2.76%), siendo del 3.85% para los equipos modernizados en el año 2013.

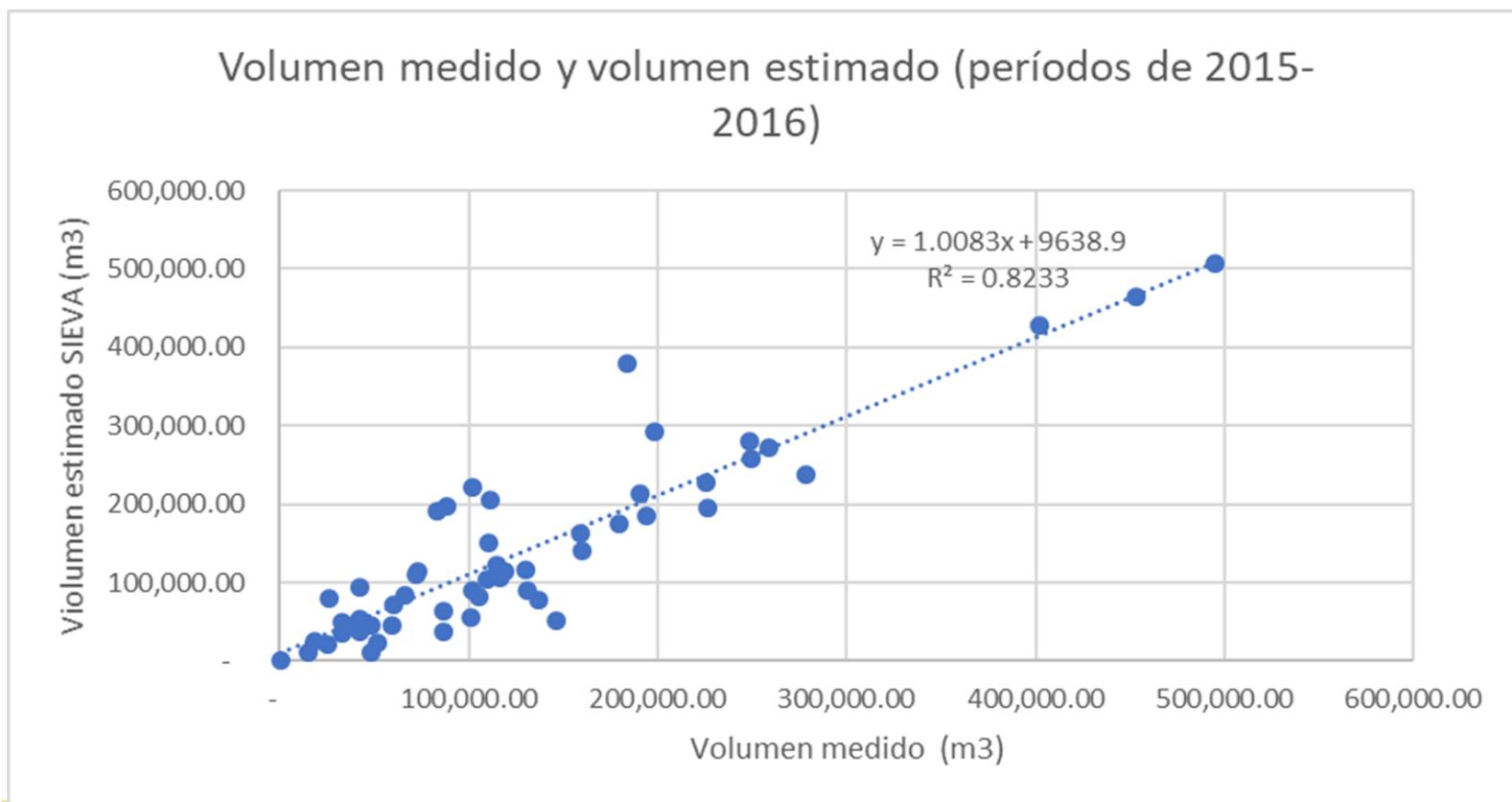
El gasto en promedio ha disminuido -1.17 lps (6.66%) desde la prueba realizada en el año 2015.

Año de modernización	Índice energético (kWh/m ³)				Gasto (lps)			
	EEP1 (IMTA 2015)	EEP2 (IMTA 2016)	Diferencias		EEP1 (IMTA 2015)	EEP 2 (IMTA 2016)	Diferencias	
			kWh/m ³	(%)			lps	(%)
2013	0.64	0.67	0.02	3.85	18.32	16.7	-1.62	-9.54
2014	0.71	0.75	0.04	2.69	16.2	15.06	-1.13	-8.1
2015	0.66	0.75	0.09	1.87	15.28	14.53	-0.76	-2.48
Total	0.67	0.73	0.05	2.76	16.52	15.37	-1.17	-6.66

- Los consumos eléctricos permitieron estimar las extracciones para cada usuario, comparando contra el volumen concesionado.



- Se comparó el volumen estimado por el IE contra el volumen registrado en los medidores volumétricos.
 $R^2=0.82$



- El 24% de los pozos presentan sobreexplotación del volumen concesionado, por un valor acumulado total de 1.413 millones de metros cúbicos

Equipo	Acuífero	Volumen concesionado (m ³)	Volumen estimado SIEVA 2015 (m ³)	Volumen extraído adicional al concesionado	
				m ³	%
2013-165	Calera	120,000.00	470,498.04	350,498.04	292.08
2013-503	Loreto	216,000.00	271,081.30	55,081.30	25.50
2013-52	Loreto	120,000.00	180,176.07	60,176.07	50.15
2013-84	Calera	48,000.00	164,056.25	116,056.25	241.78
2013-178	Calera	66,000.00	123,861.33	57,861.33	87.67
2014-252	Chupaderos	100,000.00	204,773.35	104,773.35	104.77
2014-278	Calera	240,000.00	421,676.20	181,676.20	75.70
2014-310	Calera	168,000.00	324,518.26	156,518.26	93.17
2014-311	Calera	60,000.00	132,176.66	72,176.66	120.29
2014-394	Chupaderos	120,000.00	199,914.79	79,914.79	66.60
2014-485	Calera	30,000.00	80,025.20	50,025.20	166.75
2015-103	Chupaderos	27,000.00	122,911.27	95,911.27	355.23
2015-20	La Blanca	90,000.00	122,939.58	32,939.58	36.60
		1,405,000.00	2,818,608.30	1,413,608.30	100.61

- El IE ofrece una alternativa viable para la estimación indirecta de las extracciones
 - Existen muchos retos para su aplicación masiva para la estimación indirecta de los niveles de sobreexplotación.
 - Los equipos de bombeo cambian en sus características físicas de un año para otro en un gran porcentaje. También existe un desgaste asociado al paso del tiempo.
- Estos factores producen diferencias en los índices energéticos y dificultan la aplicación del mismo índice dos años consecutivos.
- El porcentaje de pozos sobreexplotados en la muestra seleccionada es bastante alto (24%).
- Existe la necesidad de continuar la búsqueda de esquemas de medición y control masivo de las extracciones, pues se trata de un problema que va en aumento, y que pone en riesgo el uso sustentable de los recursos naturales.

- SIEVA proporciona una metodología alternativa para la supervisión y control de las extracciones, la cual puede aplicarse de manera masiva.
 - Ofrece múltiples opciones para obtener el dato del volumen extraído, siendo el IE la opción que se puede utilizar de forma masiva sin necesidad de adquirir o instalar equipamiento extra.
- Sus cualidades favorecen al sistema como herramienta para la toma de decisiones y el establecimiento de políticas control en las extracciones, que permitan conformar a largo plazo un régimen de aprovechamiento rígido y sustentable de los recursos hídricos subterráneos.

- Campos, J. C. R. (2002). Evaluación de Extracciones a Partir del Consumo Energético. En *III Congreso Ibérico Sobre Gestión y Planeamiento del Agua, 13 - 17 Noviembre 2002* (pp. 141–160). Sevilla, España.
- CONAGUA. (2015, abril 20). ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado a partir de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5389380&fecha=20/04/2015
- CONAGUA. (2016). *Estadísticas del Agua en México*. Ciudad de México: SEMARNAT. Recuperado a partir de http://201.116.60.25/publicaciones/EAM_2016.pdf
- CONUEE. (2009). Medición y registro de la energía en las pequeñas y medianas empresas.
- Flores-López, F., & Scott, C. (2000). Superficie agrícola estimada mediante análisis de imágenes de satélite en Guanajuato, México. *International Water Management Institute IWMI, Serie Latinoamericana.*, 15(15), 2–60. Recuperado a partir de <http://publications.iwmi.org/pdf/H026497.pdf>
- Franzely, R. (2016, julio 10). Modernización de unidades de riego beneficia a 10 mil familias. *NTR Zacatecas*. Recuperado a partir de <http://ntrzacatecas.com/2016/07/10/modernizacion-de-unidades-de-riego-beneficia-a-10-mil-familias/>
- González-Casillas, A., García-Villanueva, N. H., & De León-Mojarro, B. (2014). Regulated Monitoring Operating System of Groundwater Extra Withdrawals in Mexico. En *22nd International Congress on Irrigation and Drainage*. Gwangju Metropolitan City, Republic of Korea.
- González Sánchez, A., González Casillas, A., & Rodríguez Rosales, J. M. (2015). Sistema de Información de Extracciones Volumétricas en Acuíferos (SIEVA). En *I Congreso Nacional COMEII 2015*. Jiutepec, Morelos: COMEII.
- López Geta, J. A. (1998). Guía para la evaluación de extracciones de aguas subterráneas mediante contadores eléctricos: rendimientos y coste del agua. *Serie de Guías Operativas*. Madrid, España: Instituto Tecnológico Geomínero de España (ITGE).
- Oswald, U. (2011). Retos de la investigación del agua en México. México, D. F.: CRIM-UNAM.
- SEMARNAT. (2001, diciembre 5). Acuerdo por el que se establece y da a conocer al público en general la denominación única de los Acuíferos reconocidos en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos, por la Comisión Nacional del Agua, y La Homologación de los nombres de los Acuíferos. *Diario Oficial de la Federación*.
- SEMARNAT. (2002, abril 17). NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000. Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. *Diario Oficial de la Federación*.
- SEMARNAT. (2012). Programa de Acciones y Proyectos para la Sustentabilidad Hídrica Visión 2030. Zacatecas, Zacatecas: Dirección Local Zacatecas.
- SEMARNAT. (2015, marzo 27). NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado a partir de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015
- SENER. (2011). Estudio de Sistemas de Bombeo Agropecuarios en México. México, D. F.: Comisión Nacional Para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).



Gracias



www.comeii.com/comeii2017

  @CongresoCOMEII

 info@comeii.com

Dr. Alberto González Sánchez
Subcoordinación de Operación y Mantenimiento de
Infraestructura Hidroagícola
Coordinación de Riego y Drenaje
IMTA

alberto_gonzalez@tlaloc.imta.mx