
Evaluación de las extracciones de agua subterránea por métodos indirectos en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua, México: aplicando la teledetección y SIG.

A.K. García Peña¹, L. Á. Ojeda Ramírez¹, G. Pérez Galdeán¹, Y. Servin Corpus¹ y L. C. Alatorre Cejudo^{2*}

¹ Estudiantes de la Licenciatura de Geoinformática. División Multidisciplinaria de la UACJ en Cuauhtémoc, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), Calle Morelos y privada del Roble núm. 101, Fracc. El Roble, C.P. 31579, Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

² Coordinador de la Licenciatura de Geoinformática, Profesor Investigador de Tiempo Completo, Geoinformática. División Multidisciplinaria de la UACJ en Cuauhtémoc, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), Calle Morelos y privada del Roble núm. 101, Fracc. El Roble, C.P. 31579, Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

Evaluation of groundwater extraction by indirect methods in the region of Cuauhtémoc, Chihuahua, México: applying remote sensing and GIS.

Abstract

In recent years, in the state of Chihuahua has implemented a capitalist economic model to continue to benefit the development of cities, based largely on agricultural activities. Recently, this seemed like a good strategy, until they appeared several difficulties, a very clear example is the severe drought that has occurred in the north of Mexico, declaring it as the "worst in decades", and this situation decreases possibility of good crops and force farmers to use groundwater intensively for irrigation of agricultural land. Over time it has become a problem because the groundwater has been significantly harmed. This study evaluates the use of groundwater extraction from the aquifer of Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico. For this purpose, we established the following methodology: i) a supervised classification on Landsat images to locate irrigated areas that were planted in 2011, ii) calculated the volume of water required for each type of crop (corn, beans, apple, sorghum), and iii) these results were compared with the volume of water concession in wells that supply these crops. The results reveal and prove the problem of overexploitation of wells for agricultural use in addition to the implications of environmental management.

Key words: supervised classification, groundwater extraction, overexploitation of groundwater, crop types, Landsat TM.

Resumen

En los últimos años, en el estado de Chihuahua se ha implementado un modelo económico capitalista para seguir beneficiando el desarrollo de las ciudades, basado en gran medida en actividades agropecuarias. Hace poco esto parecía ser una buena estrategia, hasta que fueron apareciendo varias dificultades, un ejemplo muy claro es la gran sequía que se ha presentado en la zona norte de México, declarándola como la "peor de las últimas décadas", esta situación disminuye la posibilidad de buenas cosechas y obligan a los agricultores a utilizar intensivamente el agua de los acuíferos para el regadío de tierras agrícolas. Con el paso del tiempo esto se ha convertido en un verdadero problema, pues los mantos freáticos han sido considerablemente perjudicados. En este estudio se hace una evaluación del aprovechamiento de la extracción de agua subterránea en el acuífero del municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, México. Para este propósito se estableció la siguiente metodología: i) se hizo una clasificación supervisada sobre imágenes Landsat TM para localizar las áreas de regadío que fueron cultivadas en el año 2011; ii) se calculó el volumen de agua requerida para cada tipo de cultivo (Maíz, Avena, Frijol, Manzana, Sorgo); y iii) se compararon estos

*Autores de correspondencia
Email: luis.alatorre@uacj.mx

resultados con el volumen de agua concesionada en los pozos que abastecen a estos sembradíos. Los resultados revelan y comprueban la problemática de la sobreexplotación de pozos para uso agrícola además de las implicaciones del manejo ambiental.

Palabras clave: clasificación supervisada, extracción de agua, sobreexplotación de acuífero, tipos de cultivos, Landsat TM.

Introducción

Chihuahua es el estado más extenso del país, representa la octava parte de la superficie total del territorio nacional (Plan Estatal de Desarrollo 2004-2011, 2004). Gran parte de este territorio está constituido por áreas agrícolas, mismas que marcan la principal actividad económica del estado. La región de Cuauhtémoc es una de las más importantes del estado, ya que anualmente se logran obtener diversos cultivos como el maíz, el frijol y la avena, principalmente. Asimismo, el estado de Chihuahua es el principal productor de manzana en el país, con una aportación de más del 58% de la producción nacional, además, en el estado se selecciona y empaca más del 75% del producto a nivel nacional (UACH, 2007).

Según el Plan Estatal de Desarrollo del gobierno del Estado de Chihuahua (2006), la agricultura se abastece con más del 85% del agua que se utiliza en la entidad, mediante más de 13500 pozos registrados en el estado, con los cuales se riegan, aproximadamente, 338 mil hectáreas. Del total de estos pozos, 3650 se ubican en la región de Cuauhtémoc, enmarcada por la Cuenca de la laguna de Bustillos. Pero debido al exceso en la extracción y la baja eficiencia en la conducción del agua, además de factores climáticos, la gran mayoría de los acuíferos del estado están pasando por una etapa de sobreexplotación, como es el caso del Acuífero de Cuauhtémoc.

Según Castaño-Fernández (2009) en su proyecto acerca del control de las extracciones de agua subterránea, menciona que:

“La evaluación de estas extracciones es compleja y dificultosa, puesto que la regla general es la inexistencia de contadores en los pozos o incluso la proliferación de pozos no inventariados. En los casos en los que la sobreexplotación del acuífero provoca conflictos entre la administración y los usuarios el problema se agrava. No obstante, su cuantificación es sumamente importante, por no decir imprescindible, para los planificadores, los

técnicos e incluso los usuarios de las aguas subterráneas; interesa no sólo conocer la cuantía, sino también la distribución espacial de las captaciones y de los retornos de riego”.

Aunado a esto, en meses anteriores a este estudio fue noticia de algunos periódicos que en toda la zona norte del país, incluyendo el estado de Chihuahua, se registra la peor sequía de los últimos 10 años debido a que las tierras de la región no recibieron precipitaciones pluviales en más de siete meses. Por ello en el año 2011 no hubo cosechas de temporal.

Por otra parte es de suma importancia que se implementen acciones para mantener el nivel de producción necesario para abastecer un mercado tan importante, ya que en la comercialización se reduce considerablemente el ingreso de los productores y por lo tanto los precios al consumidor aumentan.

Según el Plan Estatal de Desarrollo 2010-2016 (2010), debido a la importancia del problema, el gobierno tiene varias alternativas para erradicarlo, impulsando la sustentabilidad de la agricultura con el incremento en la recuperación de los acuíferos y presas; impulsando el ahorro y uso eficiente del agua, e incrementando el uso de tecnologías y prácticas de conservación de los recursos naturales, permitiendo la participación de varias dependencias para lograrlo.

A pesar de esto los resultados no han sido los esperados pues cada vez la obtención de agua se hace más difícil, y en unos años será imposible abastecer a toda la población.

Materiales y método

Área de estudio

La cuenca de la Laguna de Bustillos, se localiza en el municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, contenida en las coordenadas 28°13'19" y 28°59'35" latitud norte y 106°34'39" y 107°10'33" longitud oeste, teniendo como área total 2,035 km² (Figura 1). Se encuentra rodeado por las Sierras de San Juan, Sierra Azul, Chuchupate, Salitrera, Rebote y

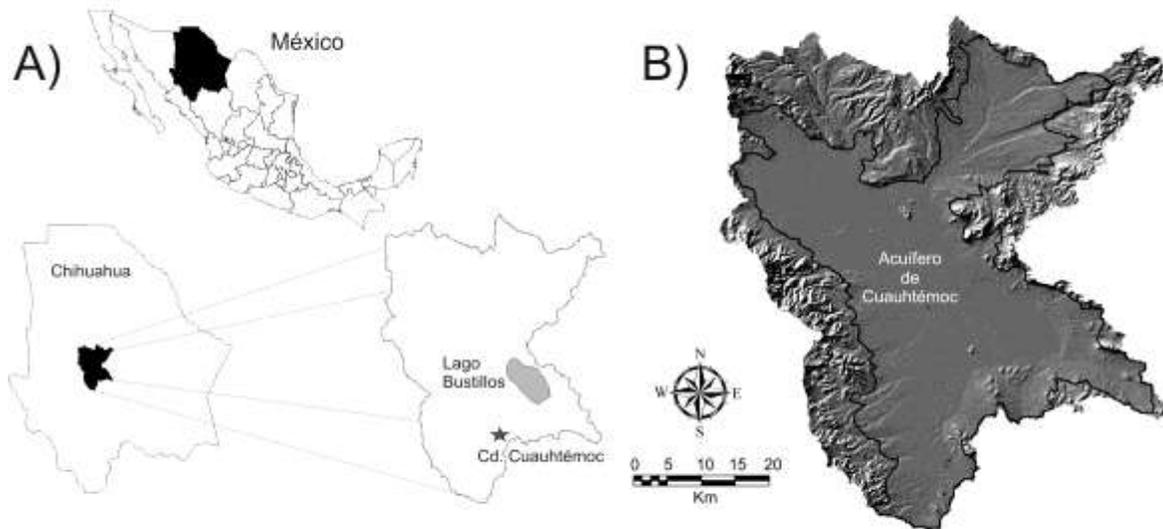


Figura 1. Localización y delimitación del área del acuífero de Cuauhtémoc.

Pedernales, dando origen a un relieve muy irregular. La planicie de la cuenca presenta una elevación promedio de 2000 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), se encuentra compuesta por capas sedimentarias continentales: conglomerados, depósitos lacustres, depósitos de pie de monte y aluviales. Las sierras que lo rodean presentan un promedio de 2400 m.s.n.m. y en cuanto a litología se refiere están formadas principalmente por rocas ígneas extrusivas-ignimbritas, riolitas, dacitas, andesitas y basaltos. (CONAGUA, 1991).

En el área de estudio se tiene una precipitación media anual de 415.7 mm, así como clima semi-seco templado con una temperatura media anual de 14.6°C (CONAGUA, 2010). Para el año de este estudio (2011) se registró una precipitación de 74.2 mm. Esta disminución en la precipitación se muestra en la figura 2.

Una característica primordial de la zona es que el acuífero se recarga únicamente por el agua de lluvia, con una recarga media anual de tan sólo 115 hm³ (CONAGUA y COLPOS, 2007). Si esto se asocia a la gran sequía que se ha venido presentando en las últimas décadas, se puede prever la posible afectación que puede tener una sobreexplotación del acuífero, sobre todo si consideramos que anualmente se extraen 569.4 hm³ (CONAGUA,

2009), de los cuales el 92.7% son destinados para uso agrícola, el 4% para el sustento de la zona urbana y un 3.3% se destinan para actividades pecuarias (Figura 3).

Metodología

Es siempre un elemento conflictivo el intentar controlar los volúmenes de agua extraída, sobre todo cuando un elevado porcentaje de los pozos para extracción se encuentran sin legalizar; por ello es necesario aplicar métodos de control indirecto, como el conocimiento y cuantificación de los cultivos en regadío, para derivar los volúmenes hídricos necesarios para su desarrollo. (Castaño Fernández, 2009).

Uno de estos métodos indirectos es la utilización de herramientas como la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica. Basado en estas herramientas, el estudio se desarrolló de la siguiente manera:

- A) Obtención de las imágenes del sensor Landsat TM 4-5, de la zona de estudio.
 - L5032040_04020111101 (PATH 32, ROW 40), del 01 de Noviembre de 2011.
 - L5033040_0402011-1101 (PATH 33, ROW 40), del 23 de Octubre de 2011.

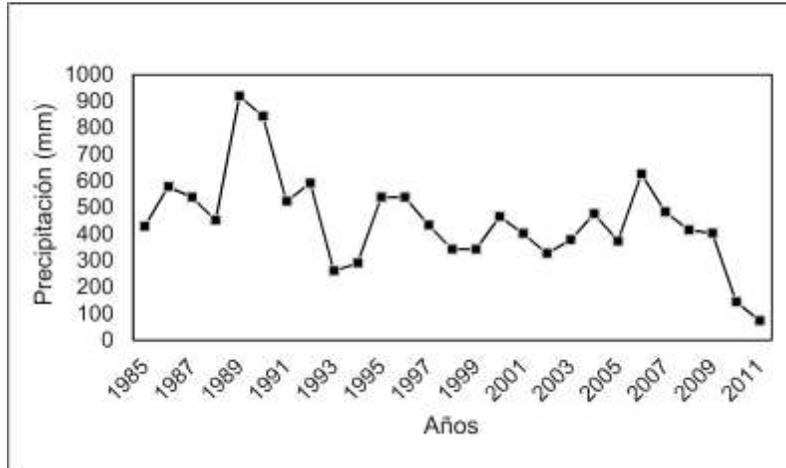


Figura 2. Precipitación media anual en el área de estudio, para el periodo 1985-2011.

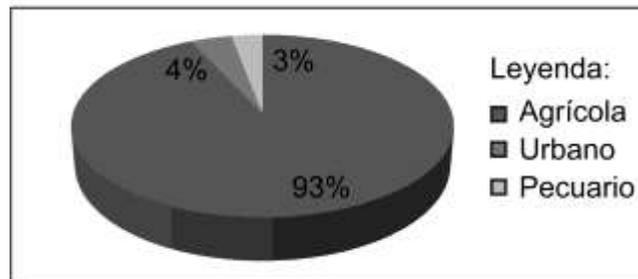


Figura 3. Porcentajes de la extracción de agua por uso (CONAGUA, 2009).

B) Corrección atmosférica con el módulo ATMOSC de IDRISI, el cual tiene como función corregir la distorsión causada por la bruma o neblina. Dicha herramienta requiere de parámetros específicos, los cuales se encuentran en los metadatos de cada imagen, mostrada en las tablas 1 y 2.

C) Clasificación de usos de suelo.

Con el fin de localizar y observar mejor las diferentes cubiertas del suelo en el área de estudio, se hizo una composición de falso color (verde-rojo-infrarrojo). Con esta composición, más el previo conocimiento del área de estudios, y con la utilización de ortofotos aéreas, se procedió a establecer las cubiertas y usos del suelo más convenientes para el estudio, dando como resultado las siguientes:

- 1.- Agrícola cultivado
- 2.- Agrícola no cultivado
- 3.- Cuerpos de agua
- 4.- Urbano
- 5.- Vegetación
- 6.- Suelo desnudo

Enseguida se decidió hacer una clasificación supervisada, tomando como áreas de entrenamiento, sitios característicos de cada una de las cubiertas y usos del suelo especificados anteriormente. Para hacer esta clasificación se probaron diferentes métodos: 1) Maxlike; 2) Fisher; 3) Mindist; y 4) Piped.

El método de clasificación supervisada Fisher mostró los mejores resultados, pues la clasificación fue bastante buena y reconocía todos los usos y coberturas de suelo, todas las categorías mostraron un porcentaje de acierto superior 78%, particularmente la categoría de agrícola cultivada mostró un 85% de acierto. Aún así para mejorar la respuesta se optó por aplicar el módulo SEGMENTATION, el cual reagrupa los píxeles homogéneos. Tomando como referencia la clasificación obtenida con Fisher en el módulo SEGCLASS.

Tabla 1. Información obtenida de los metadatos necesaria para aplicar la corrección atmosférica, para la imagen L5033040_04020111101 (PATH 33, ROW 40), del 23 de Octubre de 2011.

Imagen 33-40			Fecha: 23 de Octubre de 2011				
Bandas	GTM (h)	Micrómetros (μm)	Lmin ^a	Lmax ^b	Dnmax ^c	Sat ($^{\circ}$) ^d	Sun ($^{\circ}$) ^e
B_10	17.47	0.49	-0.0152	19.3	255	0	44.65
B_20	17.47	0.569	-0.284	36.5	255	0	44.65
B_30	17.47	0.64	-0.117	26.4	255	0	44.65
B_40	17.47	0.84	-0.151	22.1	255	0	44.65
B_50	17.47	1.676	-0.037	3.02	255	0	44.65
B_70	17.47	2.223	-0.015	1.65	255	0	44.65

^aValor mínimo de radianza; ^b valor máximo de radianza; ^c valor digital máximo de radianza; ^d inclinación del satélite respecto a zenit; ^e elevación del sol en grados.

Tabla 2. Información obtenida de los metadatos necesaria para aplicar la corrección atmosférica, para la imagen L5032040_04020111101 (PATH 32, ROW 40), del 01 de Noviembre de 2011.

Imagen 32-40			Fecha: 1 de Noviembre de 2011				
Banda	GTM (h)	Micrómetros (μm)	Lmin ^a	Lmax ^b	Dnmax ^c	Sat ($^{\circ}$) ^d	Sun ($^{\circ}$) ^e
B_10	17.36	0.485	-0.0152	19.3	255	0	41.99
B_20	17.36	0.569	-0.284	36.5	255	0	41.99
B_30	17.36	0.64	-0.117	26.4	255	0	41.99
B_40	17.36	0.84	-0.151	22.1	255	0	41.99
B_50	17.36	1.676	-0.037	3.02	255	0	41.99
B_70	17.36	2.223	-0.015	1.65	255	0	41.99

^aValor mínimo de radianza; ^b valor máximo de radianza; ^c valor digital máximo de radianza; ^d inclinación del satélite respecto a zenit; ^e elevación del sol en grados.

D) Cuantificación de volúmenes de agua requeridos para cada cultivo

En ArcMap versión 9.3, se realizó un recorte de la imagen para delimitar el área de estudio, se calculó el área total de las zonas agrícolas cultivadas, y posteriormente se extrajeron los pozos que se localizaron dentro de dicha área. Para cuantificar el volumen de agua que se requiere para cada uno de los cultivos, se ha utilizado la información contenida en la tabla 3 (Ruíz *et al.*, 1999).

Tomando en cuenta el área cultivada en 2011, se procedió a cuantificar la cantidad de agua por ciclo para el área cultivada en 2011 en $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. Para esto se asumió que cada tipo de cultivo ocupó el 100% de la superficie cultivada en el 2011, para así conocer el peor y mejor escenario. Para el cálculo de agua requerida por cada cultivo se hicieron las siguientes operaciones aritméticas:

1. Conversión ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)= (promedio de cantidad de agua por ciclo en mm) / 1000 * 10000.
2. Volumen de agua requerida para cada cultivo= conversión * área cultivada.

Posteriormente se hizo la comparación del agua que

requiere cada uno de los cultivos con el agua concesionada para la extracción en los pozos que abastecen a las áreas agrícolas cultivadas, y se verificó para cada caso si exceden o no lo permitido legalmente.

Resultados

Los principales resultados se describen en este apartado. Comenzando por la cartografía de usos y coberturas de suelos derivado del proceso de clasificación supervisada (Figura 4), muestra que la categoría dominante es el uso agrícola, que a su vez se divide en cultivado y no cultivado, donde esta última ocupa el mayor número de hectáreas (Figura 5). En cambio las categorías de agua, uso urbano y suelo desnudo, ocupan aproximadamente el 9% del área de estudio.

Como la categoría que interesa en este estudio es el uso agrícola cultivado, se hizo el cálculo de las hectáreas dando como resultado: 51579.34 ha. Con esta información se calculó el volumen requerido para cada una de los cultivos (m^3/ha) de acuerdo a

Tabla 3. Periodo vegetativo y la cantidad de agua requerida para cada tipo de cultivo

Cultivo	Periodo (días)	Volumen requerido (mm)
Avena	100 – 275	500
Maíz	105	500 a 800
Frijol	90	300 a 500
Manzana	180 a 210 ^a	250 a 400

^aDías después del florecimiento

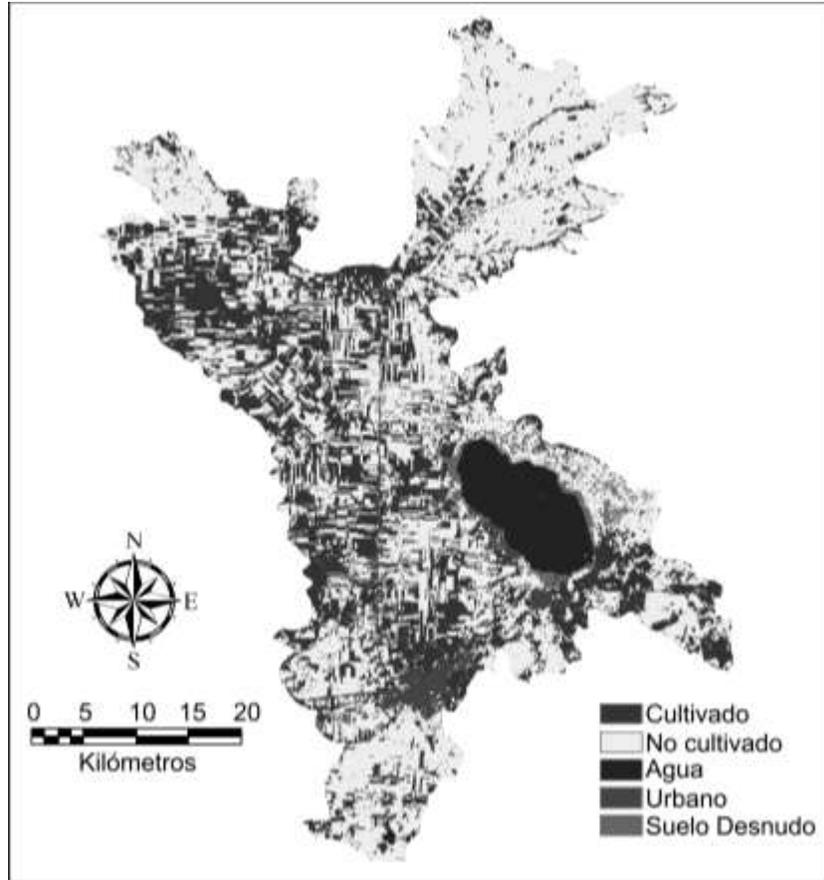


Figura 4: Cartografía de usos y coberturas de suelo derivadas de la clasificación supervisada.

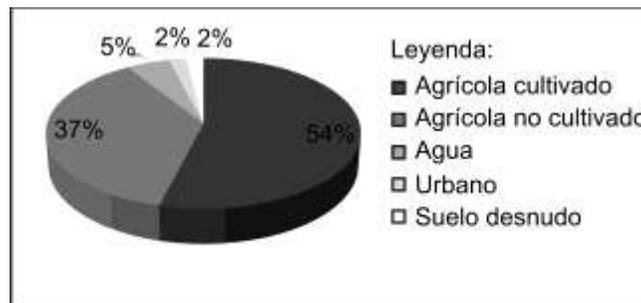


Figura 5. Porcentajes de los usos y coberturas de suelo en el área de estudio, derivada de la clasificación supervisada.

Ruíz *et al.* 2009; (Tabla 4) en todo su ciclo vegetativo, partiendo de varias hipótesis (H1-H5; Tabla 4) donde el área cultivada era el 100% de la superficie para cada uno de los cultivos. En la tabla 4 se muestra que cultivos como el maíz, ocupó un volumen considerable de agua para su cosecha, mientras que cultivos como la manzana y el frijol necesitaron un poco menos. Ahora bien, para comprobar que estos volúmenes que hipotéticamente serían necesarios para lograr el

ciclo vegetativo de cada uno de los cultivos no excedan el volumen concesionado legalmente por CONAGUA y registrado en REPDA, se procedió a localizar todos los pozos que se encuentran dentro de la categoría agrícola cultivado (Figura 6). En el área de estudio se localizaron un total de 1467 Pozos dentro de la categoría agrícola cultivado, y al hacer la suma de los volúmenes concesionados registrados en REPDA se tiene un volumen de extracción de 135.45 hm³ (CONAGUA, 2010). Esta

Tabla 4. Extracción total de agua por cultivo

Hipótesis	Cultivo	Cantidad de Agua por ciclo (m ³ ha ⁻¹)	Cantidad de Agua por ciclo ^a (hm ³)
H1= 100% Avena	Avena	5000	257.961
H2= 100% Maíz	Maíz	6500	335.349
H3= 100% Frijol	Frijol	4000	206.369
H4= 100% Manzana	Manzana	3250	167.674

^aPor área cultivada de 51,579.34 ha en el 2011.

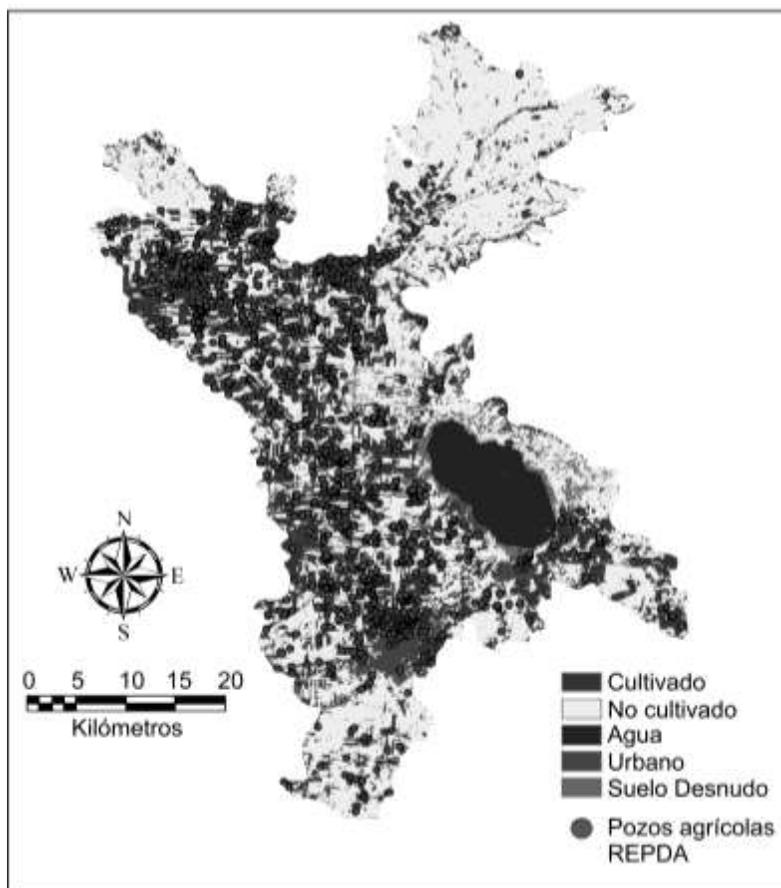


Figura 6. Localización de los pozos de uso agrícola de acuerdo a REPDA dentro de la categoría agrícola cultivada.

información demuestra que todos los cultivos no cumplen con este volumen concesionado, lo que podría estar ocasionando una sobreexplotación del acuífero.

Con base en la tabla 5, se puede decir que todos los cultivos están rebasando el volumen concesionado, en mayor medida el maíz. Lo que a largo plazo podría producir que el Acuífero de Cuauhtémoc presente una disminución grave en su nivel estático, ocasionando no sólo problemas para continuar con la actividad agrícola, sino que también lograría causar escasez en el líquido para la población de la región.

Discusión

El panorama encontrado con nuestros resultados, sin duda se complica bajo los escenarios de cambio climático. Específicamente para el estado de Chihuahua los modelos climáticos sugieren una reducción de entre el 5 y 10 % de precipitación anual en los próximos años, y un incremento en las tasas de evaporación, asociado a la elevación de las temperaturas promedio (INE-SEMARNAT, 2007). Se estima que para el año 2025, el estado se encontrará con una presión muy fuerte sobre el agua subterránea, originada por el crecimiento de áreas urbanas, y por la consolidación de usos de suelo no sustentables en zonas rurales y conurbadas (INE-SEMARNAT, 2006). Sin lugar a duda de cumplirse estas predicciones, la presión será más intensa en regiones que se destacan por el dinamismo de su crecimiento, y por sus elevados volúmenes de producción agropecuaria, como lo es el caso de la región de Cuauhtémoc, Chih. Aunado a esto hay que tener en cuenta de que es una cuenca cerrada y que no cuenta con ríos, y el agua que se está explotando irracionalmente es el fruto de la acumulación del agua por miles de años. De continuar con los patrones actuales de uso del agua subterránea, y con las transformaciones en la

cubierta vegetal del área que recarga al acuífero, habrá un impacto mayor sobre los recursos hídricos subterráneos, y repercusiones mayores sobre los usuarios rurales y urbanos. En el acuífero Cuauhtémoc, la zona agrícola tiene una extensión estimada en 54,568 ha. A lo largo de esta superficie, la dinámica existente ha provocado que se afecte considerablemente la explotación de los recursos hídricos, más específicamente, se extraen anualmente 569.4 hm³ repartidos en un 92.7% en uso agrícola, un 4% para uso público urbano, mientras que un 3.3% se utiliza en actividades pecuarias, estas acciones han llevado considerablemente a la sobreexplotación del acuífero, sobre todo si tomamos en cuenta que la recarga natural anual del acuífero es de 115 hm³ (CONAGUA, 2009).

Por otra parte si comparamos los resultados obtenidos con los estudios que ha hecho Comisión Nacional del Agua y el Colegio de Postgraduados (CONAGUA y COLPOS, 2007), la situación resulta agravante y confirma las predicciones hechas para el acuífero de Cuauhtémoc, Chih., donde el enorme déficit de recarga nos conduce a estimar que en un plazo no mayor a los 12-15 años el acuífero no podrá mantener esa extracción (CONAGUA y COLPOS, 2007), con el consecuente colapso de las actividades agrícolas de la región, pero por otro lado, la inercia productiva, la enorme inversión en infraestructura agroindustrial realizada y los beneficios sociales derivados, forman un dique muy sólido que impide que tanto autoridades de los tres niveles de gobierno como las propias organizaciones existentes, empiecen a tomar las decisiones correctivas y preventivas indispensables, esto a pesar de que todos los entes involucrados, como públicos, privados y asociaciones civiles, están plenamente consientes de que la viabilidad futura de la región está muy seriamente amenazada.

Tabla 5. Diferencia entre en volumen permitido y el volumen extraído

Cultivo	Volumen Concesionado (hm ³)	Volumen requerido por ciclo ^a (hm ³)	Diferencia entre volumen requerido y concesionado (hm ³)
Avena	135.449	257.961	122.512
Maíz	135.449	335.349	199.900
Frijol	135.449	206.369	70.92
Manzana	135.449	167.674	30.225

^aPara el área cultivada de 51,579.34 ha en el 2011.

Conclusiones

En virtud a los resultados y la situación presente en el acuífero de Cuauhtémoc, se considera condición indispensable el respaldo de todos los representantes de las agrupaciones involucradas en el manejo del agua subterránea, con la finalidad de recoger sus propuestas para plantear conjuntamente, a partir de los datos duros, y las observaciones de los usuarios del agua, una ruta a seguir que garantice patrones más sustentables de uso del agua subterránea, y los consensos necesarios para la adecuada regulación del recurso. Esta ruta debe contemplar la identificación de las medidas aplicables para: a) Hacer más eficiente el uso del agua, b) Mejorar los procesos de recarga y la funcionalidad hídrica de la cuenca, y c) Garantizar el respeto de normas y acuerdos suscritos localmente para el manejo sustentable del agua subterránea.

Agradecimientos

Al Dr. Luis Carlos Alatorre Cejudo, profesor investigador de tiempo completo del programa de Geoinformática de la UACJ y Coordinador de la Licenciatura en Geoinformática, por su acompañamiento y asesoría prestada durante la realización de este proyecto.

Bibliografía

- Castaño-Fernández, S. (2009). Aplicaciones de la teledetección y SIG al control y cuantificación de las extracciones de agua subterránea. En: medida y evaluación de las extracciones de agua subterránea. ITGE, Secretariado de Publicaciones. Univ. de Valladolid. Serie CIENCIAS, Valladolid, España, 125-141 pp.
- CONAGUA (1991). Actualización del estudio geohidrológico, políticas de operación y proyecto de manejo del acuífero del Valle de Cuauhtémoc Chihuahua, Comisión Nacional del Agua. Contrato CNA-GRN-90-009, 186 pp.
- CONAGUA (2009). Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea Acuífero (0805) Cuauhtémoc, Estado De Chihuahua, Comisión Nacional del Agua. Recuperado a partir de <http://www.conagua.gob.mx>
- CONAGUA (2010). Registro Público de Derechos de Agua, Comisión Nacional del Agua. Recuperado el 15 de Octubre de 2010, de www.conagua.gob.mx
- CONAGUA y COLPOS (2007). Plan director: unión de asociaciones de usuarios de aguas subterráneas del acuífero de Cuauhtémoc, Chihuahua, S de RL de IP de CV, Comisión Nacional del Agua.
- INE-SEMARNAT (2006). México: Tercera Comunicación Nacional Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, México D.F., Instituto Nacional de Ecología, 208 pp.
- INE-SEMARNAT (2007), El Cambio Climático en México. Información por Estado. Ver: http://www.ine.gob.mx/climatico/edo_sector/
- Plan Estatal de Desarrollo 2004-2010. Gobierno del Estado de Chihuahua. pp. 99-101. Recuperado el 17 de septiembre de 2012, de http://transparencia.uach.mx/planeacion/plan_estatal_de_desarrollo.pdf
- Plan estatal de desarrollo 2010 -2016 (2010). Gobierno del estado de Chihuahua., pp. 160-167. Recuperado el 5 de mayo del 2012, de http://transparencia.uach.mx/planeacion/plan_estatal_desarrollo_2010-2016.pdf
- Ruíz C.J.A., Medina, G.G., González, A.I.J., Ortiz, T.C., Flores L.H.E., Martínez, P.R., Byerly M.K. F. (1999). Requerimientos agroecológicos de cultivos. INIFAP. CIRPAC. Libro Técnico Núm.3. Guadalajara, México. 324 p.
- UACH, 2007. Evaluación de Alianza para el Campo de los Sistemas Producto Frutícolas en el Estado de Chihuahua. Universidad Autónoma de Chihuahua, 26-37pp. Recuperado el 10 Junio de 2012 de <http://www.fz.uach.mx/data/files/Alianza/informe%20completo%20fruticola%20final.pdf>